

MoBiFuels – Analyse und Beseitigung von Markthemmnissen von technisch modifizierten Bioenergieträgern

Endbericht zu den Teilprojekten FKZ 03KB136A und 03KB136B, Berichtszeitraum 01.11.2018– 30.04.2023

Lisa Röver, Roman Adam, Thomas Zeng, Benjamin Herklotz, (DBFZ), Philipp Schneider (A. P. Bioenergietechnik GmbH)

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Geschäftsbereich Umwelt
Zimmerstraße 26-27
10969 Berlin

Ansprechpartner:innen: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-112
E-Mail: info@dbfz.de
Internet: www.dbfz.de

Lisa Röver
Tel.: +49 (0)341 2434-429
E-Mail: lisa.roever@dbfz.de

A. P. Bioenergietechnik GmbH
Träglhof 6
92242 Hirschau
Tel.: +49 (0)9608 9230128
E-Mail: info@oeko-therm.net
Internet: www.oeko-therm.net

Philipp Schneider
Tel.: +49 (0)9608 913320
E-Mail: p.schneider@oeko-therm.net

Erstelldatum: 30.10.2023

Projektnummer DBFZ: 3330052

Projektnummer Zuwendungsgeber: 03KB136A und 03KB136B

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den
Autor:innen.

Inhaltsverzeichnis

I.	Kurzdarstellung	2
I.1.	Hintergrund	2
I.2.	Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens	3
I.3.	Planung und Ablauf des Vorhabens	4
I.4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	5
I.5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	6
II.	Eingehende Darstellung	7
II.1.	Ergebnisse	7
a.	Arbeitspaket 1 – Projektmanagement (11/2018–04/2023)	7
i.	Projekttreffen	7
ii.	Veröffentlichungen	8
iii.	Weitere Teilnahmen ohne Vortrag	8
b.	Arbeitspaket 2 – Monitoring (11/2018–10/2022)	9
c.	Arbeitspaket 3 – Standortauswahl (11/2018–10/2019)	10
i.	Zulassung eines modifizierten Festbrennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV	10
ii.	Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV	10
d.	Arbeitspaket 4 – Vorbereitung und Begleitung der Genehmigungsverfahren (08/2019–03/2023)	11
i.	Zulassung eines modifizierten Festbrennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV	11
ii.	Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV	15
e.	Arbeitspaket 5 – Hemmnisanalyse und Leitfadenerstellung mit Bewertungsmatrix (08/2019–04/2023)	18
i.	Marktpotential von kleinen und mittleren Feuerungsanlagen nach 1. BImSchV	18
ii.	SWOT-Analyse	22
i.	Hemmnisanalyse und Hemmnisabbau	23
II.2.	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	27
II.3.	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	27
II.4.	Verwertbarkeit der Ergebnisse	28
a.	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Marktrelevanz	28
b.	Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten	29
c.	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit	29
d.	Zeithorizont der Erfolgsaussichten und Anschlussfähigkeit	31

II.5.	Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	31
II.6.	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen	32
II.1.	Literaturverzeichnis	V
II.2.	Abbildungsverzeichnis.....	VI
II.3.	Tabellenverzeichnis	VII
II.4.	Anlagen	VIII
a.	Anlage 1 – Protokoll Projekttreffen 19.09.2019 mit Projektbeirat	VIII
b.	Anlage 2 – Folien Statuskonferenz 2019	VIII
c.	Anlage 3 – Folien Statuskonferenz 2021.....	VIII
d.	Anlage 4 – Folien Workshop BioRestBrennstoff	VIII
e.	Anlage 5 – Folien Statuskonferenz 2023	VIII
f.	Anlage 6 – Brennstoffherstellungsbericht	VIII
g.	Anlage 7 – Prüfberichte des akkreditierten Analyselabors zum Laubholzbrennstoff	VIII
h.	Anlage 8 - Leitfaden für Brennstoffhersteller:innen	VIII
i.	Anlage 9 - Leitfaden für Genehmigungsbehörden	VIII
j.	Anlage 10 - Formular zur Beantragung des einjährigen Messprogramms.....	VIII

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
B(a)P	Benzo[a]pyren
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, ehemals Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
DBFZ	DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
EEV	Endenergieverbrauchs
EEWärmeG	Eneruerbare-Energien-Wärmegesetz
EnEV	Energiesparverordnung
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
FNR	Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe
FTIR	Fourier Transformation Infrarot Spektroskopie
FWL	Feuerungswärmeleistung
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HTC	Hydrothermale Carbonisierung
ITES	Isokinetik Teilstrom Entnahme Steuerung
i. tr. Abg.	im trockenen Abgas
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KÜO	Verordnung über die Kehrung und Überprüfung von Anlagen
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LRV	Luftreinhalteverordnung
Ma. %	Massenprozent
MoBiFuels	Technisch modifizierte Bioenergieträger
MwSt.	Mehrwertsteuer
Nm ³	Normkubikmeter
NO _x	Stickoxide
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
dl-PCB	dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine/-Furane
RGU	Referat für Gesundheit und Umwelt
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
THG	Treibhausgasemissionen
WHO	Weltgesundheitsorganisation
WHO-TEQ	von der Weltgesundheitsorganisation festgelegte Toxizitätsäquivalentfaktoren
ZIV	Zentralinnungsverband

I. Kurzdarstellung

I.1. Hintergrund

Ziel des Projektes war es, die kommerzielle Einsatzfähigkeit innovativer Biobrennstoffe in Feuerungsanlagen nach 1., 4. und 13. BImSchV¹ / TA Luft² in Deutschland voranzubringen und Lösungskonzepte zum Abbau rechtlicher Hemmnisse unter Berücksichtigung der Genehmigungsfähigkeit herauszuarbeiten. Hintergrund dessen ist, dass mit dem Einsatz neuer Brennstoffe auch neue Optionen zur Effizienzsteigerung der Gesamtanlage, die Minderung der Treibhausgasemissionen (THG) sowie die Verlängerung der Wertschöpfungskette zur Strom- und Wärmebereitstellung erwartet werden kann. Deshalb sollte in diesem Vorhaben die genehmigungsrechtliche Zulassung des Einsatzes technisch modifizierter Biomasse aus land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen (MoBiFuels), die mit Hilfe von drei innovativen Verfahren

- i) Waschprozess,
- ii) Torrefizierung bzw.
- iii) hydrothermalen Carbonisierung

vorbehandelt wurden, an Bestands- und Neuanlagen unterschiedlicher Leistungsklassen geprüft und im Einzelfall getestet werden. Parallel dazu erfolgte, wie für die Zulassung einer kleinen Biomasseanlage (< 100 kW) zum Einsatz eines MoBiFuels erforderlich, die Beantragung eines einjährigen Messprogrammes. Aus den Erfahrungen mit den Genehmigungsbehörden sowie der systematischen Analyse des aktuellen Rechts- und Wissensstandes erfolgte die Abschätzung des Markt- und Normierungspotenzials von modifizierten biogenen Festbrennstoffen ohne chemische Verunreinigung mit wässriger oder thermischer Vorbehandlung. Das Vorhaben untergliederte sich in folgende Teilziele:

1. Wissenschaftliche Begleitung des Genehmigungsprozesses sowie ggf. Durchführung von Verbrennungsversuchen an einer Bestandsanlage mit Zulassungsfähigkeit nach 4. BImSchV / TA Luft, deren Betrieb mit einem ausgewählten MoBiFuel, der aus Sicht des Anlagenbetreibers relevant, aus technischer Sicht geeignet und aus rechtl. Sicht genehmigungsfähig erscheint. Absehbare Hemmnisse / Auflagen der Genehmigungsbehörde wurden identifiziert, mit entsprechendem Fachpersonal diskutiert und systematisch mit Lösungsansätzen aufbereitet. Damit sollte erstmals die Genehmigungsfähigkeit einer Biomasseanlage zum regulären Betrieb mit einem entsprechenden MoBiFuel gezeigt werden.
2. Dazu diente auch die parallele wissenschaftliche Aufbereitung von Bestandswissen aus nationalen und internationalen Pilot- und Demoversuchen zum Einsatz von unterschiedlichen MoBiFuels in Feuerungsanlagen von 4 kW_{th} bis etwa 500 MW_{el} in Form einer leicht verständlichen Matrix. Diese sollte die rechtliche Analyse der aktuellen gesetzlichen Anforderungen an die Genehmigungsfähigkeit der Anlagen sowie die Notwendigkeit zur Standardisierung (z. B. in Anlehnung an ISO 17225-6/-7, ISO TS 17225-8) von MoBiFuels kompakt aufbereitet darstellen. Die Entwicklung von Clustergruppen sollte zur Vereinfachung der Lesbarkeit der Matrix beitragen, die einerseits den Rohmaterialeinsatz (definiert nach Herkunft und Quelle entsprechend ISO 17225-1) zusammenfasst und andererseits das

¹ Bundesimmissionsschutzverordnung

² Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) bzw. ist zukünftig wahrscheinlich die 34. BImSchV zuständig

Modifizierungsverfahren beschreibt. Entsprechend der Methodik sollte es möglich sein, auch zukünftige Brennstoffentwicklungen systematisch einzuordnen. Offene oder rechtlich unklare Genehmigungs- und Standardisierungsanforderungen sollte die Matrix aufzeigen und damit zum Hemmnisabbau sowie zur praxisorientierten Weiterentwicklung von MoBiFuels beitragen – z. B. Entwicklung von brennstoff- und anwendungsspezifischen Normen / techn. Spezifikationen.

3. Weiterhin wurde auf Basis der aktuellen Anforderungen des LAI³ als Voraussetzung zur Zulassung einer 1. BImSchV-Anlage mit einem Brennstoff, eingeordnet nach Nr. 13 § 3 Abs. 1, die Genehmigung zum Start und der Durchführung eines einjährigen Messprogrammes angestrebt. Dabei sollte der Verfahrensweg, die Möglichkeiten der Teilnahme von Praxis- und Versuchsanlagen zur Genehmigungsfähigkeit sowie der Prüfablauf detailliert abgeklärt und für zukünftige MoBiFuels geklärt werden. Die Erbringung genehmigungsbehördlicher Auflagen, beispielweise hinsichtlich zusätzlicher Brennstoffcharakterisierungen oder gutachterlicher Stellungnahmen zu sicherheitsrelevanten Aspekten bzw. abfallrechtliche Fragestellungen, sowie die Durchführung von Vorversuchen waren im Projektumfang vorgesehen.
4. Anschließend erfolgte aus den Erkenntnissen aus den Genehmigungsverfahren zur 1. und 4. BImSchV-Anlage die Ableitung zur Einsatzfähigkeit von MoBiFuels in Großanlagen nach 13. BImSchV.
5. Weiteres Ziel war die Erstellung eines Praxisleitfadens mit der Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Genehmigungsfähigkeit und dem Standardisierungsbedarf von MoBiFuels in kleinen, mittleren und großen BImSchV-Anlagen für potenzielle Marktakteure und Behörden (ggf. mit Hinweis auf unterschiedliche Verfahrenswege je Bundesland). Darin wurden auch Zeit- und Kostenbetrachtungen der genehmigungsrechtlichen Zulassung sowie die damit verbundenen Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs benannt und Best Practice-Beispiele angeführt. Zusätzlich fand hier die Bewertung des Marktpotenzials von MoBiFuels (aus Sicht der Ressourcenverfügbarkeit, aus ökonomischer Sicht sowie unter Berücksichtigung unterschiedlicher Akteursgruppen) und ihres Klimaschutzbeitrages statt, um die damit verbundenen Nachhaltigkeitseffekte zu beschreiben.

Ein Projektbeirat mit Vertretern von Anlagen- und Brennstoffherstellern, Verbänden sowie Mitgliedern des LAI und des Normungsausschusses ISO/TC 238⁴ begleitete das Vorhaben und übernahm Lenkungsfunktion.

I.2. Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens

Das **DBFZ** koordinierte bis 2016 das EU-Projekt SECTOR, in dem ein Konsortium aus 21 Partnern aus neun EU-Ländern über 4 Jahre die komplette Wertschöpfungskette torrefizierter Brennstoffe weiterentwickelte. Verbrennungsversuche zeigten Wege auf, um Effizienz und Emissionswerte zu verbessern. Als wesentliche Voraussetzung zur Markteinführung wurde die Standardisierung über ISO und die Prüfung der REACH-Einordnung sowie die Erstellung einer Vorlage für Material Safety Data Sheets initiiert. Das im Rahmen des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“ geförderte Projekt ibeKET zeigte, dass die nachteiligen Eigenschaften nichtholzartiger Brennstoffe durch das Waschen verbessert werden können. Erste Versuche lieferten sehr positive Ergebnisse bei der Verbrennung und Vergasung. Im Rahmen

³ Bund / Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)

⁴ ISO Normungsausschuss zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe

des FNR-Projektes „Untersuchungen zur Ausgestaltung und möglichen Vereinfachungen des Zulassungsprozesses für Kessel und Brennstoffe nach §3 Gruppe 8 der I. BImSchV“ wurden durch das DBFZ Vorschläge für den Länderausschuss anlagenbezogener Immissionsschutz und Störfallvorsorge erarbeitet, wie der Zulassungsprozess (d.h. Typprüfung) für Kessel zum Einsatz von derartigen Brennstoffen nach §3 (1) Nr. 8 der I. BImSchV ausgestaltet und umgesetzt werden kann. Das BMWi-Projekt „Integrierte Verwertungsanlage und Strategie für kommunale Biomasse – HTC Hallesche Wasser und Stadtwirtschaft“ zeigte, dass durch HTC alternative Festbrennstoffe bereitgestellt werden können. Es wurde eine HTC-Demonstrationsanlage errichtet. Ein Ziel des BMBF-Projektes „HTChem – Spitzencluster BioEconomy: TG4, Bioraffinerie zur integrierten hydrothermalen Produktion von Brennstoff sowie der Grundchemikalien Phenol und Furan aus Biomasse“ war die Optimierung einer Feuerungsanlage bis 500 kW für die Monoverbrennung von HTC-Kohle. Die Anlage wurde jedoch nicht errichtet, es wurden jedoch zwei Emissionsmessungen durchgeführt, deren Ergebnisse zur Verfügung stehen und mit in die Datenbank eingeflossen sind. Durch die Vielzahl weiterer vorangegangener nationaler und internationaler Forschungsvorhaben (z.B. BIONORM 2, MixBioPells, Solid Standards, Biobrennstoffdesign) und Mitarbeit in verschiedenen Gremien (z.B. CEN/TS 335, ISO/TC 238, Ad-hoc Arbeitskreis des UBA) wurde eine Datenbasis geschaffen, die als Grundlage in das Projekt einfließt. Das **DBFZ** besitzt durch die dargelegten Referenzen und Erfahrungen das notwendige Wissen, um die erforderlichen Arbeiten durchzuführen und die Ergebnisse in wissenschaftlicher sowie praxisbezogener Form darzustellen.

Die Multifuel-Biomasseheizanlagen der Firma **A.P. Bioenergietechnik GmbH** in Verbindung mit der jahrelangen Erfahrung bei der Nutzung von Sonderbrennstoffen bieten die technischen Voraussetzungen zur thermischen Nutzung von MoBiFuels. Da die Anlagentechnik von Beginn an auf halmgutartige und ähnliche Brennstoffe ausgelegt ist, bieten Sie die Voraussetzungen zur erfolgreichen Durchführung der Typprüfung und des einjährigen Messprogramms.

I.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Projektstruktur & Verantwortlichkeiten in den Arbeitspaketen sind in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Projektstrukturplan mit Arbeitspaketen (AP) einschließlich AP-Leitung und Informationsflussdarstellung

I.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die zunehmende Notwendigkeit der Effizienzsteigerung bei der energetischen Biomassenutzung und die parallel gestiegenen Anforderungen an die Flexibilisierung des Brennstoffeinsatzes erfordern fortschrittliche Aufbereitungstechnologien, welche die Qualitätsanforderungen der Endnutzer erfüllen. Die Technikentwicklung schreitet seit mindestens 5 Jahren voran und hat teilweise schon zu marktfähigen Verfahren geführt.

Die **Torrefizierung** ist eine thermische Aufbereitungsvariante für Biomasse zur Verbesserung kritischer Brennstoffeigenschaften wie z. B. die im Vergleich zu fossilen Brennstoffen geringe Energiedichte oder den hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen. Der optimale Torrefizierungsgrad und die Homogenität für verschiedene Biomassen unterscheidet sich, wodurch angepasste Prozesse entwickelt wurden und werden. Der derzeitige forcierte Weg der energetischen Nutzung ist die Mitverbrennung in großen Kraftwerken. Einem Einsatz als Monobrennstoff in kleineren Anlagen stehen jedoch die fehlenden Kenntnisse über das Verhalten des Brennstoffes, der fehlende Brennstoffmarkt und die (genehmigungs-)rechtliche Unsicherheit entgegen. Brennstoffe aus **mechanisch-gewaschener Biomasse** weisen einen wesentlich geringeren Gehalt an Mineralstoffen im Vergleich zu naturbelassener Biomasse auf. Chlor wird zu 80–95 % und Kalium zu 75–90 % entfernt und entspricht im Brennstoff dadurch in etwa dem von hochwertigen Holzbrennstoffen. Auch der Ascheerweichungspunkt wird angehoben, wodurch Probleme mit der Verschlackung der Feuerungsanlagen vermieden werden. Erste Demonstrationsanlagen der Firma florafuel AG und GETproject sind seit einigen Jahren im Betrieb. Verbrennungsversuche in Kleinfeuerungsanlagen zeigten vielversprechende Ergebnisse, so dass ein Einsatz als Monobrennstoff in Anlagen im mittleren Leistungsbereich als sinnvoll erachtet wird. Allerdings gibt es bisher keine installierten Feuerungsanlagen, in denen diese Brennstoffe eingesetzt werden. Die **Hydrothermale Carbonisierung (HTC)** ist ein thermochemischer Prozess zur Konversion von Biomasse, der in heißem Hochdruckwasser als

Reaktionsmedium stattfindet und in dessen Folge es zu einer Kohlenstoffanreicherung in der festen Phase kommt. Weiterhin wird der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen reduziert. Die HTC-Kohle besitzt somit insgesamt einen höheren Heizwert und eine höhere Energiedichte als die Ausgangsbiomasse. Da der Konversionsprozess in Wasser stattfindet, werden ebenfalls wasserlösliche Bestandteile wie Kalium und Chlor aus der Biomasse in die flüssige Phase überführt und damit die Verbrennungseigenschaften der HTC-Kohle positiv beeinflusst. Es gibt erste HTC-Anlagen im industriellen Maßstab. Die energetische Nutzung von HTC-Kohlen als Brennstoff in Feuerungsanlagen wurde bisher nur ansatzweise getestet.

I.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Projekt wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Projektpartner A.P. Bioenergietechnik und dem Brennstoffhersteller florafuel AG durchgeführt. Mit der Messstelle ILK Dresden wurde sich bezüglich der Messungen im einjährigen Messprogramm abgestimmt. Die Firma Hellmich GmbH & Co. KG hat den Filter für die Typprüfung und das einjährige Messprogramm leihweise zur Verfügung gestellt. Des Weiteren wurde die untere Immissionsschutzbehörde (RGU München) in der Planungsphase mit einbezogen und offene Fragen beantwortet.

Gemeinsam mit dem Partnerprojekt [IdDiaPro](#)⁵ (03EI5425) wurde der Versuchsaufbau zum Auslesen der Kesseldaten beim einjährigen Messprogramm umgesetzt und die Kesseldaten sowie die erzeugte Wärmemenge für ein gesamtes Betriebsjahr aufgezeichnet. Die Messdaten unterstützten die umfangreiche Auswertung des einjährigen Messprogramms. Das Partnerprojekt nutzte zudem die Daten zur Erstellung einer Früherkennung bei Bauteilversagen. Hierzu wurde inzwischen der [Schlussbericht](#)⁶ angefertigt.

Außerdem erfolgte eine Zusammenarbeit mit dem Projektbeirat, der in Kapitel I.1.a eingehender dargestellt wird.

⁵ <https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/IdDiaPro-672>

⁶ https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/Steckbriefe/dokumente/IdDiaPro_Endbericht_final.pdf

II. Eingehende Darstellung

II.1. Ergebnisse

a. Arbeitspaket 1 – Projektmanagement (11/2018–04/2023)

Der Projektbeirat bestand aus folgenden Mitgliedern:

Tabelle 1: Mitglieder des Projektbeirates MoBiFuels

Name	Institution
Birnbaum, Thomas	ILK Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH Dresden
Discher, Dr. Hans Jörgen	Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt
Hartmann, Hans	TFZ Technologie- und Förderzentrum Straubing
Hering, Thomas	Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum
Krämer, Georg	IBT Krämer Institut für Brennholztechnik
Moozgovoy, Alexey	PlanET Biogastechnik GmbH
Müller, Dr. Dominik	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Nowack, Anja	Umweltbundesamt Dessau-Roßlau
Schultheiß, Andreas	Eins Energie in Sachsen GmbH & Co. KG
Serfass, Klaus	Bundesverband Hydrothermale Carbonisierung e. V.
Werner, Hans	florafuel AG
Wild, Michael	International Biomass Torrefaction Council (IBTC)
Zerreich, Alexander	Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz

Der Projektbeirat wurde in regelmäßigen Abständen im Zuge der Erstellung der Zwischenberichte über den aktuellen Stand des Projektes informiert. Aufgrund der Corona-Pandemie kam es lediglich zu einem gemeinsamen Präsenztreffen am DBFZ.

i. Projekttreffen

Insgesamt fanden 49 projektinterne Telefonkonferenzen (DBFZ + A.P. Bioenergie + Herr Berger und später Hans Werner (florafuel AG, Projektsbeiratsmitglied und Laubbrennstoffhersteller)) statt, bei denen jeweils der Arbeitsstand pro Arbeitspaket besprochen wurde.

Das Projekttreffen mit dem Projektbeirat wurde am 19.09.2019 erfolgreich durchgeführt. Bei diesem Treffen wurde das Projekt dem Projektbeirat vorgestellt. Die Präsentation der Arbeitspakete sowie eine Diskussionsrunde in Form eines World Cafés resultierte in neuen Impulsen. Das World Café umfasste Diskussionen zum Thema Abfalleigenschaft eines Brennstoffs nach Kreislaufwirtschaftsgesetz, das Genehmigungsverfahren und die rechtliche Einordnung sowie das mittel- und langfristige Marktpotential von MoBiFuels. Diese Aspekte flossen mit in das Arbeitspaket 5 ein (siehe Anlage I.1.a).

Drei weitere Treffen in Präsenz erfolgten an der Verbrennungsanlage in München, bei denen offene Fragestellungen der unteren Immissionsschutzbehörde geklärt und direkte Lösungen zur Umsetzung des einjährigen Messprogramms diskutiert wurden.

ii. Veröffentlichungen

Im Rahmen des Projektes MoBiFuels wurde eine Veröffentlichung angefertigt, die im Journal „Biomass and Bioenergy“ im Mai 2023 veröffentlicht wurde. Der Titel der Veröffentlichung lautet **„Systematic homogenization of heterogenous biomass batches – Industrial-scale production of solid biomass fuels in two case studies“**. Die Veröffentlichung stellt neben einer anderen Fallstudie auch die Produktion und Analyse der im einjährigen Messprogramm untersuchten Laubpellets vor⁷.

Außerdem ist im November 2023 eine Veröffentlichung in der Zeitschrift Müll & Abfall mit dem Titel „Erfolgreiche Demonstration des Einsatzes von Laubholzpellets als „sonstiger nachwachsender Rohstoff“ gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV“ geplant⁸.

Das Projekt wurde zudem in unterschiedlichen Veranstaltungsformaten vorgestellt.

Auf der 08. Statuskonferenz Bioenergie 2019 und der 10. Statuskonferenz Bioenergie 2021 wurde ein Kurzvortrag gehalten, bei dem die Ziele und Hintergründe des Projektes dargestellt wurden (siehe Anlage b, c).

Der Bioenergietalk im Mai 2023 behandelte v. a. die Vorstellung des Leitfadens für Brennstoffhersteller:innen und Genehmigungsbehörden.

Beim Workshop zu BioRestBrennstoff im September 2023 (siehe Anlage d) und bei der 11. Statuskonferenz Bioenergie 2023 (siehe Anlage e) wurden die finalen Ergebnisse des Messprogramms und der Leitfaden für Brennstoffhersteller:innen und Genehmigungsbehörden vorgestellt.

iii. Weitere Teilnahmen ohne Vortrag

Im Projektzusammenhang erfolgte die Teilnahme am 15. Expertentreffen der ENERGIEMETROPOLE Leipzig. Dieses fand im November 2022 statt und bot die Möglichkeit mit Vertretern der Stadtverwaltung, der Stadtreinigung und den Stadtwerken Leipzigs zum Thema Aufbereitung von gewaschenem Parklaub zur Herstellung eines normkonformen Festbrennstoffes ins Gespräch zu kommen. Grundsätzlich besteht bei allen genannten Beteiligten das Interesse der Nutzbarmachung des Rohstoffes für die energetische Nutzung. Gegenwärtig wird nach einer geeigneten Finanzierung zum Bau der benötigten Aufbereitungstechnik (ggf. in Form eines Reallabors oder der Startfinanzierung eines Investors in Verbindung mit zusätzlicher Begleitforschung) gesucht.

⁷ Adam, R. et al. Systematic homogenization of heterogenous biomass batches – Industrial-scale production of solid biofuels in two case studies. *Biomass and Bioenergy* **173**, 106808; <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808> (2023).

⁸ <https://www.muellundabfall.de/>

b. Arbeitspaket 2 – Monitoring (11/2018–10/2022)

Für die Sammlung der Rohdaten zur Erzeugung einer Datenbank wurden Literaturdatensätze mit ca. 1.000 Einträgen innerhalb der Laufzeit des Arbeitspaketes gesammelt sowie die Schnittstellen während der Projektlaufzeit definiert und ausgestaltet. Für die Kategorisierung der Literaturdatensätze ist eine Eingliederung in folgende Systematik durchgeführt wurden:

- Eingruppierung nach ISO 17225-1:2021 (Ausgangsstoff, Kategorisierung der Biomasse, Behandlungsverfahren)
- Wahl des Vorbehandlungsverfahrens (mechanisch/thermisch/chemisch)
- Details zu den Brennstoffparametern (Bezeichnung der Biomasseart & Herkunft, Brennstoffform)
- Details zur Umwandlungsform (Art der Umwandlungsform und Anlagenmaßstab mit Durchsatzraten)
- Karbonisierungsparameter (sofern durchgeführt: Reaktortyp, und -abmessung, Temperaturführung)
- Brennstoffeigenschaften (Wasser- und Aschgehalt, Anteil an flüchtigen Stoffen, Heiz- und Brennwert, Anteil an Cellulose, Hemizellulose und Lignin sowie die Ascheerweichungskennwerte)
- Verbrennungsrelevante, chemische Zusammensetzung (C, H, N, O, Cl, S, Al, Pb, Cd, Ca, Cr, Fe, K, Cu, Mg, Mn, Na, Ni, Si, Ti, Zn, P, As, Hg)
- Verbrennungsparameter (Art der Verbrennung mit Lastzustand, Nennwärmeleistung und Kesselwirkungsgrad sowie Emissionsparameter O₂, CO, NO_x, SO₂, HCl, Gesamtstaub, gesamter organischer Kohlenstoff, PCDD/F, PAK, etc.)
- Vergasungsparameter (Reaktortyp, und -abmessung, Temperaturführung und Brennstoffmengen-zufuhr)
- Tiefergehende Informationen zur Veröffentlichung (Zeitschrift, Ausgabe, Jahr der Veröffentlichung, Seite und Verlinkung)

Abschluss der Datensammlung bildete ein Datenrepositorium in Form einer Excel-Datei.

Weiterführend wurde die open-space Datenplattform basiert auf der in AP 2 erarbeiteten Literaturdatensätzen und deren Kategorisierung entwickelt. Die Datenplattform wurde als Brennstoff-Wärme-Matrix von der AG Datenlabor am DBFZ als internes Projekt bearbeitet und soll zukünftig SQL-basiert umgesetzt und in die [DBFZ-WebApp](#)⁹ integriert sowie an die darin bereits enthaltenen Datenbanken (insbesondere der Ressourcendatenbank) angebunden werden. Entgegen der ursprünglichen Planung im Vorhaben können somit eine hohe Akzeptanz, Verstetigung sowie Nutzbarkeit der Daten sichergestellt werden. Die Verwertung der in AP 2 generierten Datenbank wird aufgrund der Komplexität erst über das Projektvorhaben hinaus Ende 2024 durch das DBFZ beendet und im Anschluss veröffentlicht werden. Die Verwendung der MoBiFuels-Daten wird auch nach der Weiterentwicklung mit einem Verweis auf den Fördermittelgeber versehen.

⁹ <https://datalab.dbfz.de/home/?lang=de>

c. Arbeitspaket 3 – Standortauswahl (11/2018–10/2019)

Zur Auswahl standen mehrere Standorte sowohl für die Zulassung eines Brennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV als auch der Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV.

i. Zulassung eines modifizierten Festbrennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV

Zu Projektbeginn war auf Basis der Untersuchungen im Vorprojekt **IbeKet**¹⁰ bereits ersichtlich, dass Laub als Monobrennstoff nicht den Vorgaben von < 10 % Aschegehalt des Brennstoffstandards ISO 17225-6:2021 entspricht. Dem Laub musste Holz beigemischt werden zur Reduzierung des Aschegehalts. Die produzierten Laubholzpellets kamen als modifizierter Festbrennstoff für die Projektuntersuchungen in Frage. Insbesondere die bereits durchgeführte Aufbereitung in Verbindung mit der Beendigung der Abfalleigenschaft bei Parklaub durch das florafuel-Verfahren sowie die exemplarisch im Technikumsmaßstab untersuchte Einhaltung der Grenzwerte der ISO 17225-6:2021 waren maßgeblich für diese Entscheidung. Aus diesem Grund wurde die Auswahl der Verbrennungsanlage für die Zulassung des Brennstoffes gemäß der 1. BImSchV aus logistischen Erwägungen (Brennstofftransport) auf den Raum München beschränkt.

Aufgrund des bestehenden Netzwerkes aus dem Vorprojekt wurde der Anlagenstandort im Raum München (PLZ: 81739) gewählt. Die Werner Garten- und Landschaftsbau GmbH (Werner GaLaBau) erklärte sich bereit für die Zulassung eines Brennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV.

Im Anschluss an die Auswahl der Verbrennungsanlage erfolgte die Kontaktaufnahme mit der regionalen Genehmigungsbehörde. Nach Besichtigung des Standortes durch die Genehmigungsbehörde und Erstellung eines Messkonzeptes (Zustellung an die Genehmigungsbehörde im Feb. 2020) erfolgte die Ausnahmezulassung gem. § 22 der 1. BImSchV im August 2020.

Das bei der Genehmigungsbehörde eingereichte Messkonzept diente als Vorlage für das auf der Vorhabenwebseite **MoBiFuels**¹¹ bereitgestellte Messkonzept-Template (siehe Anlage j)).

ii. Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV

Für die Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV standen anders als im Rahmen der Zulassung der 1. BImSchV unterschiedliche Brennstoffe (torrefiziertes Straßenbegleitgrün, HTC-Kohle, etc.) zur Auswahl.

Im Zuge des Entscheidungsprozesses fiel die Auswahl auf HTC-Kohle. Bei der Beschaffung handelte es sich um HTC-Kohle aus Biomassereststoffen aus der Papierherstellung im Umfang von 300 kg. Der Reststoff hat eine Abfallschlüsselnummer (0303) und ist damit als Abfall klassifiziert. Durch die Aufbereitung mit einem HTC-Prozess kann vermutlich die Abfalleigenschaft nach den Vorgaben des § 5 KrWG beendet

¹⁰ <https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/IbeKET-444>

¹¹ <https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/MoBiFuels-587>

werden. Die Beendigung der Abfalleigenschaft ist Grundlage für die anschließende thermische Verwertung in einer Anlage genehmigt nach der 4. BImSchV.

In der näheren Auswahl für die Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV standen zwei Anlagenbauprojekte der A.P. Bioenergietechnik GmbH:

- Option 1: 950 kW Anlage im Stadtkreis Stuttgart
- Option 2: 950 kW Anlage im Landkreis Memmingen

Aufgrund der Verzögerungen bei der Prüfstandsmessung und dem ausbleibenden juristischen Gutachten wurde von der Genehmigung der Verbrennungsanlage mit einem zusätzlich modifizierten Festbrennstoff nach 4. BImSchV abgesehen. Die Anlagenbauprojekte mussten ohne den zusätzlichen Brennstoff genehmigt werden.

d. Arbeitspaket 4 – Vorbereitung und Begleitung der Genehmigungsverfahren (08/2019–03/2023)

i. Zulassung eines modifizierten Festbrennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV

Das Vorhaben unterstützte die Antragsstellung der Werner Garten- und Landschaftsbau GmbH für die Zulassung eines Brennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV. Weiterhin beteiligt an der Erstellung des Antrages waren die Unternehmen florafuel GmbH (Brennstoffhersteller, Stahlgruberring 7a in 81829 München) und die A.P. Bioenergietechnik GmbH (Feuerungsanlagenhersteller, Trägldhof 6 in 92242 Hirschau).

Anforderungen an den Brennstoff:

Die Brennstoffproduktion erfolgte mit Hilfe des florafuel-Verfahrens (siehe Abbildung 2) und kann im Brennstoffherstellungsbericht in Anlage f sowie im dazu veröffentlichten [Artikel](#)⁷ detailliert nachvollzogen werden.

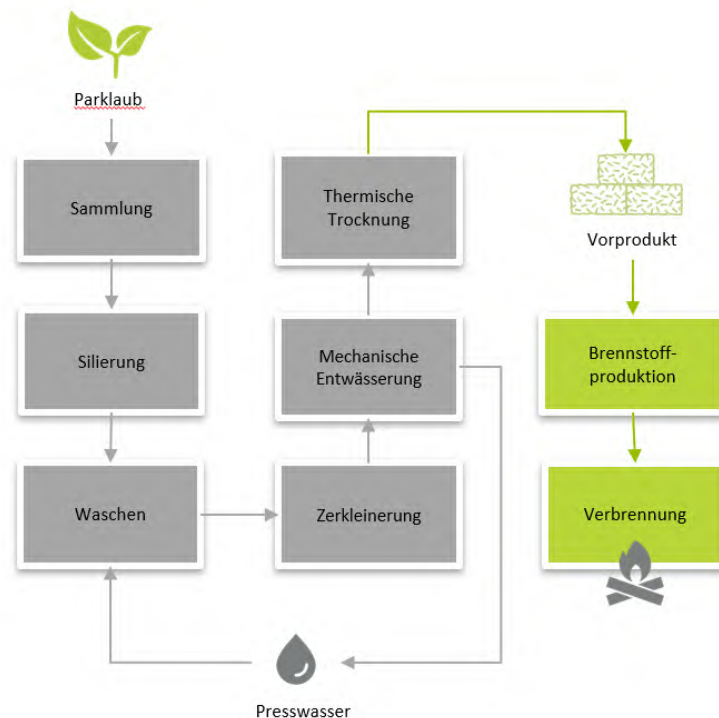


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Brennstoffherstellungsprozesses mit dem florafuel-Verfahren

Das Mischungsverhältnis beträgt 55 Ma.-% gewaschenes Parklaub und 45 Ma.-% Sägemehl. Bei dem Parklaub handelt es sich um eine Mischung von Laub unterschiedlicher Laubholzarten. Das Sägemehl ist eine naturbelassene Kiefer-Fichten-Holzmischung. Das gewaschene Parklaub ist nach ISO 17225-1 in die Kategorie 2.1.7 und das Holz in die Kategorie 1.1.3.4 klassifiziert. Im Zuge des Waschprozesses wird die Abfalleigenschaft des Rohmaterials Parklaub beendet. Das gemischte Brennstoffprodukt ist in die Kategorie 5.2 einzugliedern. Es wurden circa 51 t Brennstoff während des Versuchsbetriebes hergestellt und eingesetzt.

Der Brennstoff hält die Qualitätskriterien der Güteklasse B der DIN EN ISO 17225-6:2021 ein. Der Nachweis der Erreichung der Grenzwerte der DIN EN ISO 17225-6:2021 erfolgt mit Hilfe der Tabelle 2 im Brennstoffherstellungsbericht in Anlage f. Die ausführliche Darstellung der Brennstoffherstellung und Probenahme kann in Anlage f ebenfalls eingesehen werden. Weiterhin ist in Anlage g die Analytik des akkreditierten Prüflabors für den Versuchs Brennstoff einsehbar.

Durchführung der Typprüfung:

Für die Typprüfung wurde die nach DIN EN 303-5:2021 akkreditierte Messstelle Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gemeinnützige GmbH (ILK Dresden) hinzugezogen. Die Typprüfung wurde mit der Feuerungsanlage Ökotherm-Biomasse-Compactanlage C1L-80 von A.P. Bioenergietechnik GmbH am firmeneigenen Prüfstand durchgeführt. Abgasseitig im Anschluss an den Kessel ist ein bauaufsichtlich zugelassener Gewebe-Feinstaubabscheider der Firma Hellmich GmbH, Typ HET-B 500-10 mit automatischer, pneumatischer Abreinigung nachgeschaltet. Während des Anlagenbetriebes erfolgte vor dem Abscheider die Dosierung von Weißkalkhydrat (Fa. Rygol) in den Abgaskanal als Precoatmaterial. Die Nennwärmeleistung der Anlage betrug 80 kW beim Einsatz des Versuchs Brennstoffes Laubholzpellets.

Die Anlage in Kombination mit dem Brennstoff wurde ausschließlich als volllastfähig ausgelegt. Tabelle 2 fasst alle Messergebnisse der Typprüfung basierend auf drei Volllastversuchen¹² zusammen.

Tabelle 2: Mittelwerte der CO-, NO_x- und Gesamtstaubemissionen unter Berücksichtigung der Messunsicherheit mit p = 0,95 sowie die maximale PCDD/F + dl-PCB-Konzentration ohne Einbeziehung von Kongeneren unterhalb der Bestimmungsgrenze und ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit (Up) mit p = 0,95; Grüne Kennzeichnung symbolisiert Einhaltung der Emissionsgrenzwerte

	Grenzwert	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
Emissionsparameter	[g/m _N ³]	[g/m _N ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]		
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,25	0,02	0,02	0,02
Stickoxide (NO _x)	0,5	0,2	0,2	0,2
Gesamtstaub	0,02	0,002	0,001	0,001
		[ng WHO-TEQ/m _N ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]		
PCDD/F + dl-PCB	0,1	0,002	0,002	0,001

Im Zuge der Typprüfung konnten alle Emissionsgrenzwerte sowie die Vorgaben der Leistungsdaten eingehalten werden. Die Typprüfung sowie das einjährige Messprogramm wurden an einer einzelnen Leistungsklasse und nicht an einer Baureihe durchgeführt.

Durchführung des einjährigen Messprogramms:

Der Versuchszeitraum erstreckte sich vom 01.02.2022 bis 03.02.2023. Die Messungen erfolgten an den unten aufgelisteten Messterminen. Das Datum der jeweiligen Einzelmessung ist den Messberichten zu entnehmen.

1. Messung: 01.02.-02.02.2022
2. Messung: 05.04.-06.04.2022
3. Messung: 08.11.-09.11.2022
4. Messung: 31.01.-01.02.2023

Im Zeitraum vom 09.04.2022–04.11.2022 befand sich die Anlage in der Sommerpause. Während des Messbetriebes wurden zum Zeitpunkt der Beendigung des einjährigen Messprogrammes 3791 Volllastbetriebsstunden in der Kesselsteuerung verzeichnet.

Während des einjährigen Messprogramms wurde die vom Heizkessel abgegebene Wärmeleistung kontinuierlich über einen Wärmemengenzähler erfasst und separat aufgezeichnet. Durch die Unterschreitung der zulässigen Nennwärmeleistung konnte auch die Unterschreitung der Feuerungswärmeleistung (FWL) von 100 kW über den gesamten Anlagenbetriebszeitraum sichergestellt werden. Die Störungen, Reparaturen und besonderen Vorkommnisse während des Versuchszeitraumes wurden mit Hilfe einer datums-genauen Dokumentation in einem Anlagenhandbuch aufgezeichnet und der Genehmigungsbehörde zur Begutachtung übermittelt.

¹² Messberichte können auf Anfrage digital bereitgestellt werden.

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Die Dioxinmessung im Betrieb des einjährigen Messprogramms erfolgte durch eine nach § 29b BImSchG bekannt gegebene, unabhängige Messstelle. Die Ergebnisse dieser Messstelle können in Tabelle 3 für PCDD/DF und dl-PCB-Emissionen sowie B(a)P-Emissionen nachvollzogen werden.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Messergebnisse der PCDD/F-, und B(a)P-Konzentrationen (6-Stunden-Mittelwerte) aller Messkampagnen (Volllast) des einjährigen Messprogramms an der Praxisanlage ohne Einbeziehung von Kongeneren unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) ; jeweils maximaler Messwert ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit mit $p = 0,95$; Grüne Kennzeichnung symbolisiert die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte

	Grenzwert	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
1. Messkampagne				
Emissionsparameter	[ng WHO-TEQ/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
PCDD/F + dl-PCB	0,1	0,02	0,01	0,005
	[mg/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Benzo[a]pyren	0,01	0,000004	0,000003	<0,000003(BG)
2. Messkampagne				
Emissionsparameter	[ng WHO-TEQ/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
PCDD/F + dl-PCB*	0,1	0,01	0,01	0,01
	[mg/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Benzo[a]pyren	0,01	0,00002	0,000005	<0,000003(BG)
3. Messkampagne				
Emissionsparameter	[ng WHO-TEQ/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
PCDD/F + dl-PCB*	0,1	0,01	0,01	0,01
	[mg/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Benzo[a]pyren	0,01	0,00001	0,00001	<0,00001(BG)
4. Messkampagne				
	[ng WHO-TEQ/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
PCDD/F + dl-PCB*	0,1	0,01	0,004	0,004
	[mg/m ^N i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Benzo[a]pyren	0,01	<0,000005(BG)	<0,00001(BG)	<0,000004(BG)

Die Emissionswerte für Gesamtstaub und Kohlenstoffmonoxid (CO) können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Zusammenstellung der gemittelten Messergebnisse der CO- und Gesamtstaub-Konzentrationen (15-Minuten-Mittelwerte) aller Messkampagnen (Volllast) des einjährigen Messprogramms an der Praxisanlage; jeweils maximaler Messwert abzüglich erweiterter Messunsicherheit mit $p=0,95$; Grüne Kennzeichnung symbolisiert die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte

	Grenzwert	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
1. Messkampagne				
Emissionsparameter	[g/m ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Gesamtstaub	0,02	0,004	0,02	0,01
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,02	0,2	0,03
2. Messkampagne				
Emissionsparameter	[g/m ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Gesamtstaub	0,02	0,01	0,01	0,02
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0	0,1	0,04
3. Messkampagne				
Emissionsparameter	[g/m ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Gesamtstaub	0,02	0,01	0,01	0,02
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,01	0,03	0,02
4. Messkampagne				
	[g/m ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Gesamtstaub	0,02	0,01	0,02	0,01
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,1	0,03	0,1

Die Emissionsgrenzwerte können für Laubholzpellets mit der eingesetzten Feuerungs- und Filtertechnik in allen Messungen eingehalten werden. Nähere Erläuterungen zur Ergebnisinterpretation können in den noch folgenden Veröffentlichungen eingesehen werden. Die Zulassung nach Prüfung der Ergebnisse durch die Genehmigungsbehörde steht zum Zeitpunkt der Berichterstellung (30. Oktober 2023) noch aus.

ii. Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV

Ziel der Untersuchungen war die Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit modifizierten Festbrennstoffen nach 4. BImSchV. Unterstützend sollte dafür eine Prüfstandsmessung zur Ermittlung des Emissionsverhaltens des modifizierten Festbrennstoffes mit anschließender juristischer Begutachtung zur Einschätzung der Abfalleigenschaft und Genehmigungsfähigkeit durchgeführt werden.

Die Prüfstandsmessung zur Verbrennung von HTC-Kohle aus Biomassereststoffen aus der Papierherstellung wurde im November 2020 (Erstmessung, V1) sowie im Oktober 2022 (Zweitmessung, V2) am DBFZ mit Unterstützung von A.P. Bioenergie-technik durchgeführt. Die Messung erfolgte an der Feuerungsanlage Ökotherm-Biomasse-Compactanlage C1L-80 von A.P. Bioenergie-technik GmbH in Verbindung mit einem Gewebefilter vom Typ HET-B-500-10 von Hellmich. Die Emissionsmessungen erfolgten nach Filtrierung des Rauchgases.

Im Vergleich zur Erstmessung wurden Umbaumaßnahmen am Dosierer sowie an der Abgasmessstrecke bei der Zweitmessung durchgeführt. Dies erfolgte mit der Zielstellung die Additividosierung (Ca(OH)₂) zu erhöhen. Durch die Zuführung von Ca(OH)₂ im Rauchgas soll der SO₂-Anteil während der Flugphase gebunden und am Gewebefilter abgeschieden werden. Neben den Umbauten an der Dosierung wurden

ebenfalls am Gewebefilter neue Filterschläuche eingesetzt und vor Versuchsbeginn mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ beladen, um den Abscheidegrad zu maximieren. In der Erstmessung V1 konnten $100 \text{ g/h Ca}(\text{OH})_2$ dem Rauchgas zudosiert werden. Im Vergleich dazu konnten im Zweitversuch V2 durch den beschriebenen Umbau $400 \text{ g/h Ca}(\text{OH})_2$ mit Luftspülung zerstäubt und dem Abgasstrom zugesetzt werden.

Die Analyse der Verbrennungsabgase erfolgte mittels FTIR und ITES (Gesamtstaubanalyse) nach dem Gewebefilter. Abbildung 3 zeigt die CO-Emissionen der Zweitmessung V2 im Vergleich zur Erstmessung V1 im Rauchgas nach dem Gewebefilter. Die Abgasemissionen sind mit Hilfe von 15-minütigen Mittelwerten auf einen Sauerstoffgehalt von 13 % bezogen.

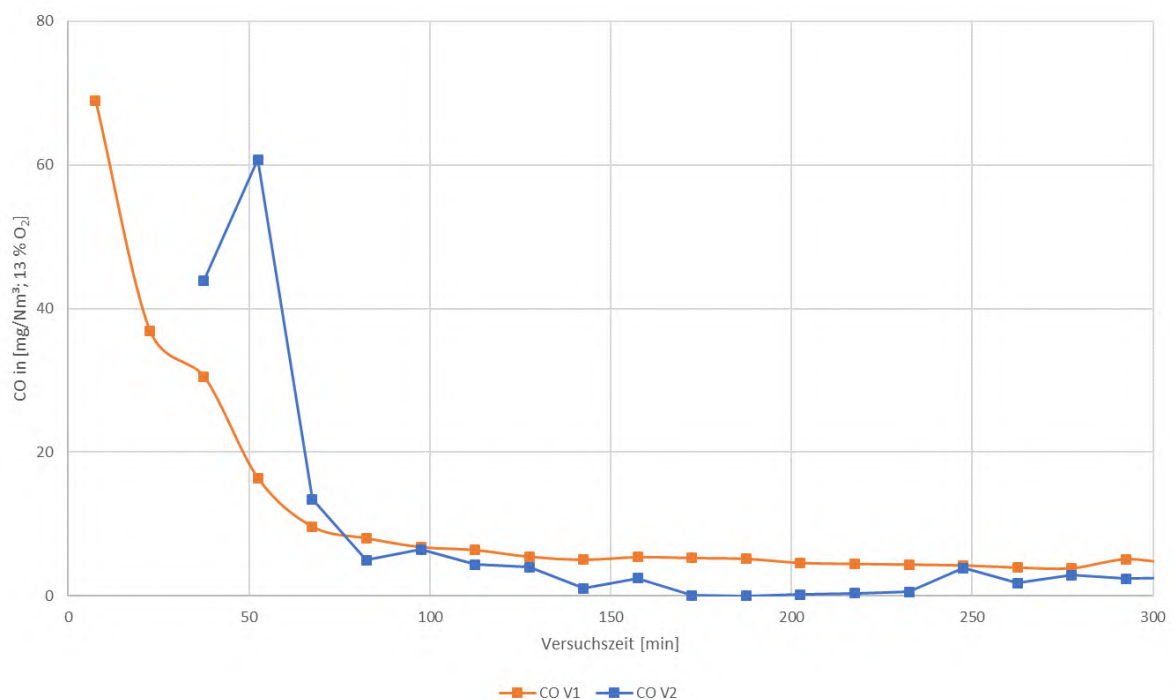


Abbildung 3: Vergleich der CO-Emissionen zwischen Erstversuch V1 und Zweitversuch V2

Nach dem Start und Aufheizen der Heizanlage in der ersten Stunde des Verbrennungsversuches sinkt der CO-Gehalt im Rauchgas aufgrund des Erreichens eines stationären Betriebszustandes deutlich ab. Ein geringer CO-Gehalt im Rauchgas lässt den Rückschluss auf eine stabile Verbrennung zu. Im Vergleich zum Erstversuch V1 konnten beim Zweitversuch V2 die CO-Emissionen nach Erreichung des stabilen Betriebs nach 100 min verringert werden. Es wurde ersichtlich, dass aus den Erfahrungen aus dem Erstversuch V1 die Kesseleinstellungen hinsichtlich Verbrennungsstabilität verbessert werden konnten. Über längere Zeiträume des Zweitversuches V2 beispielsweise zwischen Minute 175 und 230 lagen die CO-Emissionen nahe Null. Weiterhin waren die NO_x - und Gesamtstaubemissionen im Erst- und Zweitversuch kontinuierlich unterhalb der Grenzwerte.

Abbildung 4 zeigt die SO_2 -Emissionen des Zweitversuches V2 im Vergleich zum Erstversuch V1.

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

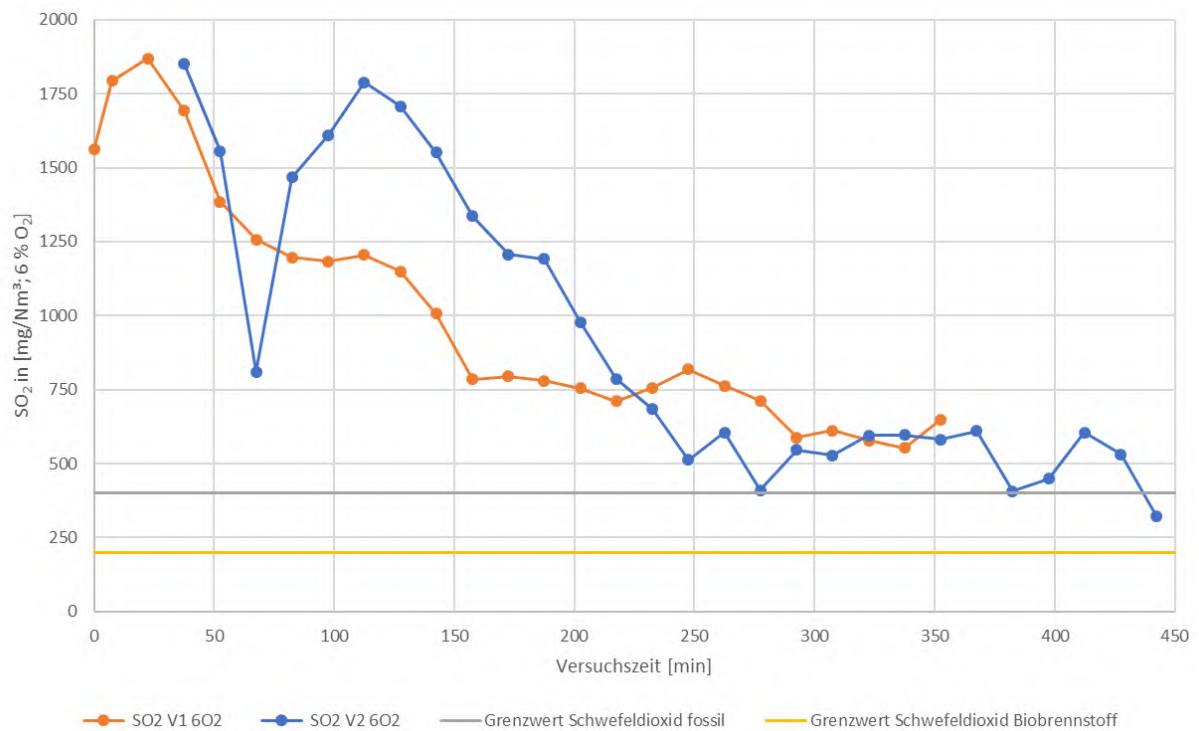


Abbildung 4: Vergleich der SO₂-Emissionen aus dem aktuellen Versuch im Vergleich zum Erstversuch mit Grenzwerten für SO₂ aus der 44. BImSchV

Die Untersuchungen fanden in einer Anlage genehmigt nach 4. BImSchV statt, weshalb die Grenzwerte der 44. BImSchV für Biobrennstoff (200 mg/Nm³) bzw. zu Vergleichszwecken mit fossiler Kohle (400 mg/Nm³) für SO₂ im Rauchgas bezogen auf einen Sauerstoffgehalt von 6 % herangezogen wurden.

Die punktuell stärkere Reduktion der SO₂-Emissionen im Zweitversuch V2 ist auf die gewechselten Filterschläuche mit hoher Erstbeladung des Gewebes durch Ca(OH)₂ zurückzuführen. Nachdem das Ca(OH)₂ auf der Gewebefilteroberfläche gesättigt war, sank die Abscheidewirkung erheblich und der SO₂-Gehalt im Rauchgas nach dem Gewebefilter stieg sprunghaft an. Ähnlich wie beim Erstversuch V1 konnte ab einer Versuchsdauer von 4 h durch Aufheizung des Gewebefilters und der damit verbundenen erhöhten Abscheidewirkung der SO₂-Gehalt im Rauchgas drastisch verringert werden. Letztlich regelt dieser sich aber bei beiden Versuchen ab einer Versuchsdauer von 6 h bei 500 ± 100 mg/Nm³ ein.

Im Fazit ist mit HTC-Kohle aus Biomassereststoffen aus der Papierherstellung eine im hohen Maße stabile Verbrennung möglich. Beide Versuche (V1 und V2) sind durch die hohen SO₂-Anteile im Rauchgas geprägt. Die Unterschreitung der Grenzwerte war mit HTC-Kohle aus Biomassereststoffen aus der Papierherstellung in der untersuchten Feuerungsanlage auch nach Erhöhung der Additivdosierung nicht möglich. Weiterführende geplante Schritte (juristisches Gutachten, Start der Genehmigung einer Verbrennungsanlage mit dem modifizierten Festbrennstoff) waren auf Basis dieser Untersuchungen nicht möglich. Das ist lediglich auf die chemischen Parameter des eingesetzten Brennstoffes zurückzuführen. Die Konversionstechnologie der hydrothermalen Carbonisierung führt zu einem erhöhten Brennwert und ermöglicht den Einsatz von nicht trockener Biomasse in Verbrennungsversuchen.

e. Arbeitspaket 5 – Hemmnisanalyse und Leitfadenerstellung mit Bewertungsmatrix (08/2019–04/2023)

Beim Projekttreffen am 19.09.2019 wurde das Marktpotential von MoBiFuels erörtert. Dabei ist vor allem Ausgangsmaterial mit einem gewissen Entledigungsdruck von Interesse. Um die Abfalleigenschaft zu bewerten, wird § 5 des KrWG herangezogen. Exemplarisch zum Abfallbegriff kann gezeigt werden, dass bei gewaschenem Parklaub nach Behandlung in der florafuel-Aufbereitungsanlage die Abfalleigenschaft nach § 5 KrWG endet.

i. Marktpotential von kleinen und mittleren Feuerungsanlagen nach 1. BImSchV

Für die Bestimmung des Marktpotentials für MoBiFuels in Deutschland wurde der deutsche Markt für kleine und mittlere Feuerungsanlagen nach 1. BImSchV näher untersucht.

Der absolute Markt für kleine und mittlere Feuerungsanlagen nach 1. BImSchV umfasst unter anderem Heizkessel für Holz- und Kohle, sowie Kaminöfen, Kachelöfen, Herde und offene Kamine, welche insbesondere in Privathaushalten und im Kleingewerbe eingesetzt werden.¹³ Laut Erhebungen des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) – existieren in Deutschland gegenwärtig knapp 33 Mio. Kleinfeuerungsanlagen, welche durch das Schornsteinfegerhandwerk nach 1. BImSchV, 44. BImSchV und/oder Kehr- und Überprüfungsordnung (KÜO) wiederkehrend überprüft werden, wobei ca. 24 Mio. messpflichtige Anlagen nach 1. BImSchV sind¹⁴. Die knapp 24 Mio. Anlagen teilen sich in ca. 4,8 Mio. zentrale Ölfeuerungen (Heizwertkessel), rund 7 Mio. zentrale Gasfeuerungen (Heizwertkessel), ca. 1 Mio. zentrale Festbrennstofffeuerungen und rund 11 Mio. Einzelraumfeuerungen auf¹⁵.

Allerdings ist aufgrund folgender Sachverhalte davon auszugehen, dass sich dieser Bestand mittelfristig mengenmäßig und in seiner Zusammensetzung verändern könnte:

- Das Klimaschutzgesetz sieht eine deutliche Reduktion der fossilen Treibhausgase bis 2030 sowie eine Reduktion auf Nettonull bis 2045 vor.¹⁶ Dementsprechend ist zu erwarten, dass fossil betriebene Heizungstechnologien und Feuerungsanlagen mittelfristig einen Nachfragerückgang erfahren werden, während erneuerbare Optionen zunehmen werden.
- Ein Großteil der Öl- und Gasfeuerungsanlagen hat die übliche Nutzungsdauer von 20 Jahren für Heizgeräte überschritten und ist aufgrund der zwischenzeitlich erheblichen technischen Fortschritte in der Heizungstechnik austauschbedürftig.¹⁵
- Der Anteil zentraler ölbasierter Heizungsanlagen ging in den letzten 10 Jahren zugunsten von Gas oder Fernwärmeheizungsanlagen zurück: Insgesamt wurde der Energieträger zur Beheizung bei

¹³ <https://www.bmu.de/faqs/kleinfeuerungsanlagen>

¹⁴ Die Zahlen beruhen auf den Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks aus 2019, welche noch keine Unterscheidung zwischen Anlagen nach 1. BImSchV und 44. BImSchV traf, weshalb der Anlagenbestand von Anlagen nach 44. BImSchV in den hier aufgeführten Zahlen enthalten ist.

¹⁵ <https://www.schornsteinfeger.de/sonderdruck-2019.pdf?forced=true&forced=true>

¹⁶ https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Gesetze/191118_ksg_lesefassung_bf.pdf

ca. 0,53 Mio. Wohnungen seit 2009 von Öl auf Gas und bei ca. 0,11 Mio. Wohnungen von Öl auf Fernwärme umgestellt.¹⁷

- Eine Betrachtung der Absatzmengen zentraler Heizungsanlagen zeigt, dass der jährliche Absatz von zentralen Heizungsanlagen seit 2009 um ca. 100.000 Stück pro Jahr zugenommen hat. Von den in 2019 748.000 verkauften Anlagen waren knapp 80 % erdgasbasiert, während ölbasierte Anlagen nur noch 7 % betragen. Weiterhin erhöhte sich der Absatzanteil von Wärmepumpen von 8,6 % auf 11,5 %, welche somit inzwischen das zweitgrößte Absatzsegment bei zentralen Heizungsanlagen ausmachen. Biomassebasierte Anlagen verzeichnen seit 2014 einen leicht rückläufigen Absatz. Dies ist allerdings auf einen Rückläufigen Absatz von Scheitholzkesseln zurückzuführen, während pelletbasierte Heizungsanlagen zunehmende Absätze verzeichnen konnten.¹⁸
- Die Sektorkopplung bringt einher, dass mehr und mehr strombasierte Lösungen für das Heizen genutzt werden. Insbesondere Wärmepumpen spielen hier eine tragende Rolle und stehen in direkter Konkurrenz zu kleinen Feuerungsanlagen. Mittelfristig wird sich hier die Nachfrage verändern. Allerdings können Feuerungsanlagen entsprechend weiterentwickelt werden, um den geänderten Marktanforderungen gerecht zu werden. Vor allem die Kopplung mit erneuerbaren Energien für die Stromerzeugung können hier einbezogen werden¹⁹.
- Dabei stellen Hybridsysteme / erneuerbare Substitute einen intelligenten Lastausgleich dar, indem sie die jeweils am effizientesten verfügbare Energiequelle nutzen,
- Die Gebäudesanierung und zunehmende Energieeffizienzstandards, für welche kleinere Leistungsklassen zur Wärmeerzeugung ausreichen führt zu dem Einsatz von mehr Wärmepumpen. Jedoch ist hier wie zuvor beschrieben der Lastausgleich und die Kopplung mit einer kleinen Feuerungsanlage, die mit MoBiFuels betrieben wird von Nutzen.

Da für den Einsatz von MoBiFuels im Wesentlichen der Einsatz in Pelletfeuerungen relevant ist, wird dieses Teilsegment im Folgenden nochmals detaillierter betrachtet: Hinsichtlich der Nutzung von Pellets ist ein zunehmender Anlagenbestand in Deutschland zu beobachten. Laut Deutschem Pellet Institut (DEPI) stieg der Bestand von Pelletfeuerungen von ca. 390.500 Anlagen in 2015 auf 680.000 Anlagen in 2022 an. Dieser Anlagenpark setzt sich insbesondere aus Pelletkaminöfen und zentralen Pelletkesseln mit bis zu 50 kW zusammen, während zentrale Pelletkessel mit einer Leistung größer 50 kW geringe Stückzahlen aufweisen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)²⁰.

¹⁷ https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20191031_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf

¹⁸ <https://www.bdh-industrie.de/presse/pressemeldungen/artikel/heizungsindustrie-neue-foerderung-bringt-waermewendevoran>

¹⁹ <https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/fachwissen/erneuerbare-energien/sektorkopplung-5357042>

²⁰ <https://www.depv.de/pelletfeuerungen>

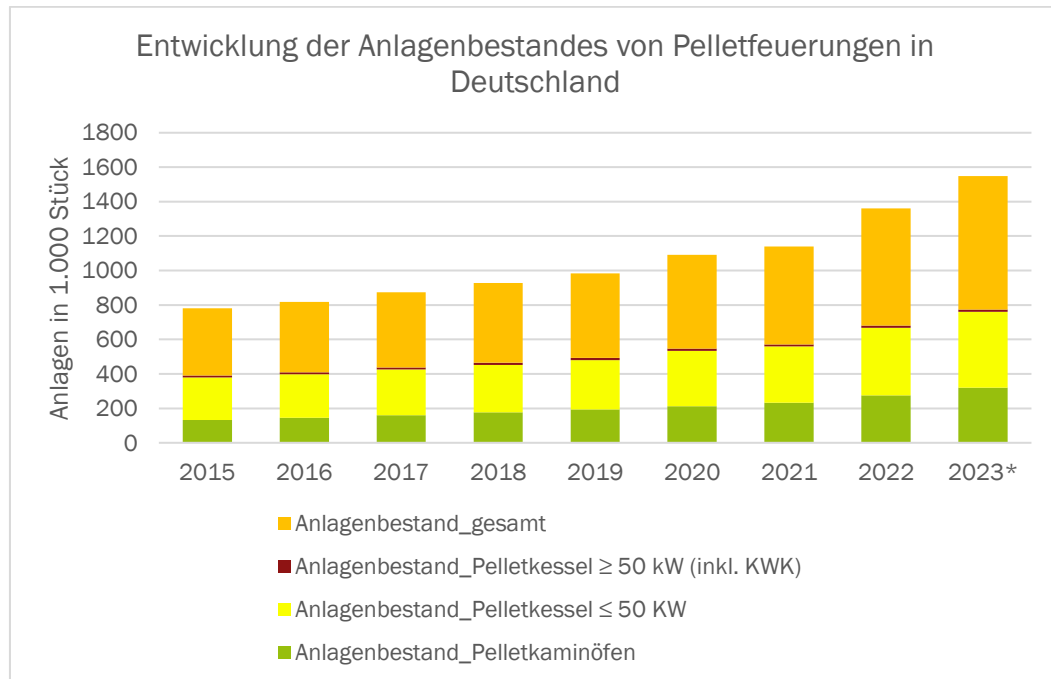


Abbildung 5: Entwicklung des Anlagenbestandes von Pelletfeuerungen in Deutschland²⁰

Insgesamt wurden mit diesem Anlagenpark rund 56 PJ an Wärmeendenergie in 2022 bereitgestellt²⁰. Dies entspricht ca. 0,7 % des Endenergieverbrauchs (EEV) für Wärme in Deutschland von ca. 8240 PJ in 2022 und ca. 1,3 % des EEV für Raumwärme und Warmwasser von 4158 PJ in 2019²¹. Der Endenergiebedarf für Wärme insgesamt als auch für Raumwärme und Warmwasser auf diesen Niveaus schwanken, obwohl gesellschaftlich ein Rückgang des EEVs angestrebt wird.

Für die Bereitstellung der genannten Wärmemenge aus Pellets wurden zuletzt ca. 3,2 Mio. t Pellets in Deutschland verbraucht (2022), während in 2017 noch knapp 2,1 Mio. t verbraucht wurden (Abbildung 6). Auch für die nächsten 10 Jahre wird ein zunehmender Verbrauch an Pellets erwartet, sodass in 2030 bereits 5,2 bis 6,9 Mio. t verbraucht werden könnten. Der zunehmende Verbrauch konnte bisher durch eine zunehmende Inlandsproduktion meist ausreichend gedeckt werden. In diesem Sinne, wurden bis auf das Jahr 2016 stets mehr Pellets exportiert als importiert. Das Außenhandelsverhältnis verschob sich ab 2019, in welchem 743 745 kt exportiert wurden und ca. 291 290 kt importiert wurden, sogar nochmals deutlicher in Richtung Ausfuhr.

²¹ <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-strom-waerme-verkehr>
03KB136A_Endbericht_DBFZ_ohne_Anhang, 30.10.2023

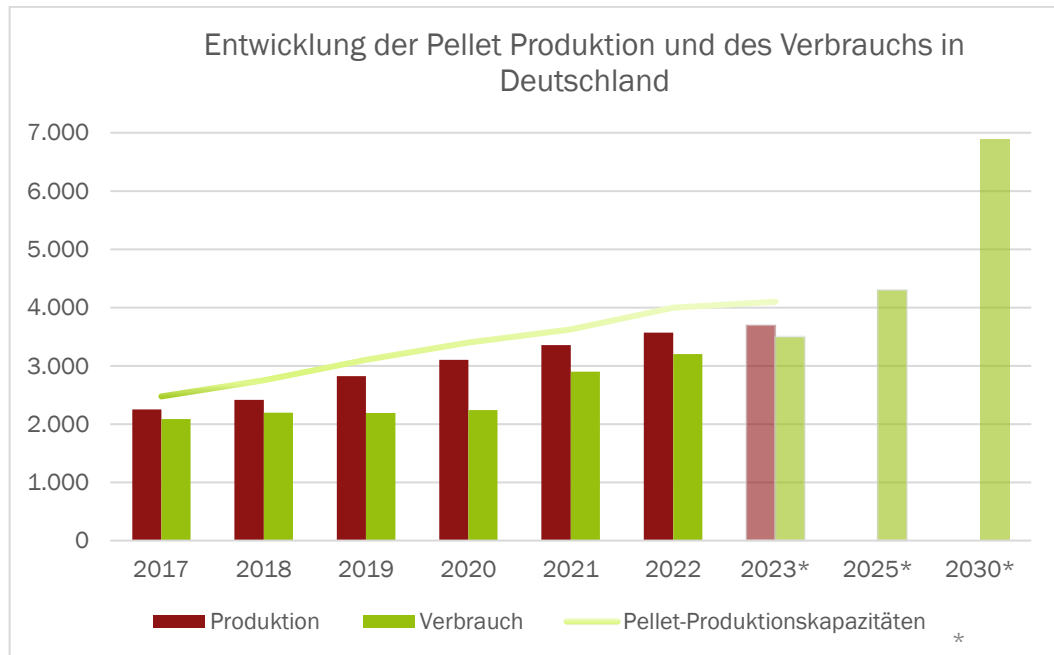


Abbildung 6: Entwicklung der Pelletproduktion und des -verbrauchs in Deutschland

Für die Pelletproduktion sind in Deutschland ca. 40 Unternehmen verantwortlich, welche ca. 50 Produktionsstätten, die sich meist in den Mittelgebirgsregionen Deutschlands verorten lassen, betreiben. Dabei befinden sich die Produktionsstandorte meist in großer räumlicher Nähe zu Sägewerken, um möglichst kurze Lieferwege für die Pelletrohstoffe Sägespäne, Hackschnitzel oder ähnliche Sägenebenprodukte sicherzustellen²². Die deutschen Produktionswerkstätten nutzen gegenwärtig ca. 40 % der in deutschen Sägewerken anfallenden Menge an Sägenebenprodukten von ca. 7 Mio. t für die Pelletproduktion.

²² <https://www.depi.de/pelletproduktion>
 03KB136A_Endbericht_DBFZ_ohne_Anhang, 30.10.2023

ii. SWOT-Analyse

Für die Analyse der Stärken und Schwächen wurden die Ergebnisse des einjährigen Messprogramms als Best-Praxis-Beispiel sowie allegemeine Betrachtungen herangezogen

Tabelle 5: SWOT Analyse für MoBiFuels

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Heizwert: MoBiFuels weisen in der Regel einen höheren Heizwert als die Ausgangsstoffe auf, was ihre Effizienz als Brennstoffe erhöht. - Besseres Brennverhalten: Die technische Modifizierung von Ausgangsstoffen kann ihr Brennverhalten verbessern, indem beispielsweise Feuchtigkeitsgehalt und Aschegehalt reduziert werden. - Reduziertes THG-Einsparpotenzial: Durch die Umstellung auf MoBiFuels kann das Treibhausgasemissionspotenzial im Vergleich zu nicht modifizierten Biomassen reduziert werden. - Potenzial zur Abfallverwertung: Einige dieser Verfahren ermöglichen die Verwertung von Biomasseabfällen, was zur Reduzierung von Abfall und zur Schaffung von Wertstoffen beitragen kann. Voraussetzung ist hierbei das Ende der Abfalleigenschaft nach § 5 des KrWG 	<ul style="list-style-type: none"> - Technische Komplexität: Die Herstellung und Verarbeitung von MoBiFuels erfordert oft komplexe Anlagen und Verfahren, was mit höheren Investitionskosten und Betriebsaufwendungen verbunden ist. - Begrenzte Marktakzeptanz: Die Akzeptanz und das Wissen über diese Technologien und Produkte auf dem Markt können begrenzt sein, was die Einführung erschwert. - Abhängigkeit von Rohstoffen: Die Verfügbarkeit von Rohstoffen für die Herstellung von MoBiFuels kann begrenzt sein und von saisonalen und regionalen Schwankungen abhängen. - Kosten für die Genehmigung: Die Genehmigung eines MoBiFuels ist mit hohen Kosten für die Untersuchungen während des Messprogramms verbunden
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> - Erneuerbare Energiepolitik: Die wachsende Nachfrage nach erneuerbaren Energien und die Politik zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen bieten Chancen für den Einsatz von MoBiFuels. - Marktpotenzial: Die steigende Nachfrage nach effizienten und umweltfreundlichen Brennstoffen, insbesondere in der Industrie und im Heizungsbereich, bietet Chancen für diese Technologien. - Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten: Die fortlaufende Forschung und Entwicklung in diesem Bereich kann die Verbesserung der Technologien und die Senkung der Produktionskosten fördern. 	<ul style="list-style-type: none"> - Marktkonkurrenz: Konkurrenz durch andere erneuerbare Energien, wie Solarenergie und Windkraft, kann den Markteintritt erschweren. - Regulatorische Unsicherheiten: Änderungen in den Umwelt- und Energievorschriften können das Geschäftsumfeld beeinflussen. - Wirtschaftliche Schwankungen: Wirtschaftliche Unsicherheiten und Schwankungen können die Investitionsbereitschaft in neue Technologien beeinträchtigen.

i. Hemmnisanalyse und Hemmnisabbau

Am 05.12.2019 wurde ein Statementpapier veröffentlicht, dass sich mit Maßnahmen für den verbesserten Markteinstieg von vielversprechenden F&E-Vorhaben im Bereich Verbrennung von biogenen Reststoffen in automatisch beschickten Kleinf Feuerungsanlagen beschäftigt. Die Stellungnahme wurde von der AG Normierung & Standardisierung (Feinstaub) des BMWi-Forschungsnetzwerks BIO-ENERGIE | BMWi-Förderbereich 3.7 "Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe" im 7. Energieforschungsprogramm erarbeitet und beschreibt in Grundzügen die Markthemmnisse bei der Genehmigung von biogenen Reststoffen als Brennstoffe²³.

Hier wurden folgende Hemmnisse für einen verbesserten Markteinstieg analysiert:

Tabelle 6: Hemmnisanalyse für einen verbesserten Markteinstieg für kleine Feuerungsanlagen²³

Nr.	Hemmnis	Lösungsvorschläge
1.1	In der öffentlichen Diskussion wird der konkrete Nutzen einer Emissionsreduzierung durch den einzelnen nicht deutlich	<ul style="list-style-type: none"> - Emissionsminderungstechnologien im großen Maßstab bewerben (Behörden, Verbände, Industrie, Kampagnen etc.) und die positiven Effekte hervorheben - Lokale Verpflichtungen zum Klimaschutz mit lokalen Vorgaben zur Luftreinhaltung verknüpfen - Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit um den Einsatz von emissionsarmen Feuerungen für biogene Reststoffe fördern, u. a. über Landwirtschafts-/Energieberater und Bauämter der Kommunen - Externe Effekte mit Hilfe finanzieller Reize (Abgabe auf CO, Staub, NOx oder Förderung) internalisieren - Ordnungspolitische Maßnahmen: Grenzwerte für Emissionen und Immissionen weiter verschärfen, beispielsweise immissionsabhängige Betriebsverbote für nicht schadstoffarme Feuerungen
1.2	Die Grenzwertsetzung ist nicht in der Lage, angemessen auf neue Erkenntnisse in der Forschung bzw. auf neue technische Entwicklungen zu reagieren	<ul style="list-style-type: none"> - Forschungsvorhaben fördern, welche sich mit der Festlegung geeigneter Parameter für Grenzwerte beschäftigen unter Beachtung der Staubzusammensetzung und der Größen- bzw. der Oberflächenklassierung der Partikel - Ausdifferenzierung von Messgrößen und Grenzwerten untersuchen und vielversprechende Ansätze umsetzen - Messvorschriften so anpassen, dass Partikelfilter einfacher einsetzbar sind - Grenzwerte praxisingerecht festlegen, inkl. der zugehörigen Messvorschriften - Mit der Erarbeitung neuer Grenzwerte gleichzeitig entsprechende Messgeräte oder die da-für notwendige Technik entwickeln - Technologieoffenheit auch aus wirtschaftlichen Aspekten heraus unbedingt notwendig

²³ https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/media/4_AGs_Methoden/Statementpapier_img_Favorit.pdf
 03KB136A_Endbericht_DBFZ_ohne_Anhang_30.10.2023

Nr.	Hemmnis	Lösungsvorschläge
		<ul style="list-style-type: none"> - Normungsarbeiten zugunsten einer breiten und europaweiten Akzeptanz unterstützen ohne den nationalen Vorbildcharakter aus den Augen zu verlieren - Funktionierende Marktüberwachung in allen Bereichen etablieren (Messgeräte, Feuerungen, Abscheider etc.)
1.3	Ohne klare politische Aussagen zur mittelfristigen Entwicklung der Rahmenbedingungen ist das Risiko für die Unternehmen zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> - Grundsätzliches Überdenken der Herangehensweise in Bezug auf Emissionsgrenzwerte. Es gilt ausgehend vom Vorsorge-Prinzip (z. B. WHO-Empfehlungen) eine Mindestluftqualität anzustreben - Immissionsgrenzen und entsprechend nach räumlicher Vorbelastung Emissionsgrenzwerte festlegen - Bei erheblichen Diskrepanzen zwischen notwendigen Grenzwerten und dem Stand der Technik, mittel- bis langfristige Minderungsfahrpläne definieren (errichtete Anlagen stets Bestandsschutz für 15 Jahre) - GebäudeEnergieGesetz (Vereinigung von EnEV und EEWärmeG, GEG) voranbringen, dass der Einsatz von biogenen Reststoffen befördert oder zumindest nicht behindert wird - Dioxin- und Furanmessungen bei Brennstoffen der Klasse 8 und 13 der 1. BImSchV für Betreiber und Hersteller erleichtern, um die Kosten zu senken - Zeitnah Untersuchungen durchführen, um auf dieser Basis auf die in der 1. BImSchV geforderten Dioxin- und Furanmessungen im Rahmen der Zulassungsprüfung und der Betriebsgenehmigung verzichten zu können (derzeitiger Kenntnisstand erster Voruntersuchungen: beim Einsatz bestimmter Abscheider, im Speziellen Gewebefilter mit Pre-coating und der damit verbundenen Reduktion der Staubemissionen unter ein gewisses Niveau <5 mg/m³ kann von der Einhaltung der Dioxin- und Furangrenzwerte ausgegangen werden) - Derzeit starker Fokus auf NO_x-Minderung im Vergleich zur Feinstaubdiskussion in der Öffentlichkeit und auch in Ämtern bzw. Ministerien: Bei F&E-Vorhaben zu Biomassefeuerungen und sämtlichen Branchenveranstaltungen wird die NO_x-Minderung bisher kaum behandelt, obwohl ein wirtschaftlich nicht übertragbarer Stand der Technik von Großkraftwerken in den Verordnungen zu Grunde gelegt wird (44. BImSchV). Vorbereitende Untersuchungen und Entwicklungen sind angeraten.
1.4	Ohne einen monetären zusätzlichen Betreibernutzen gegenüber herkömmlichen Technologien haben Neuentwicklungen große Probleme	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserte Förderung von Maßnahmen zur Emissionsminderung vorbereiten und einführen - Einsatz von Abgasnachbehandlungstechniken sollte zu vereinfachten Vorgaben für Anlagenbetreiber führen (weniger Messungen durch Schornsteinfeger z. B. alle 4 Jahre; bei einem zertifizierten Abscheidegrad von >50 %,Staubmessung nur alle 6 Jahre, dazwischen alle 2 Jahre CO-Messungen)

Nr.	Hemmnis	Lösungsvorschläge
	sich am Markt durchzusetzen	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂-Bepreisung auch im Wärmemarkt einführen (Bewertungsverfahren, Berechnung und Abwicklung z. B. vergleichbar zur MwSt. – wobei nachhaltig gewonnene biogenen Brennstoffe eine CO₂-Gutschrift in Höhe des eingebundenen atmosphärischen CO₂ enthalten) - Einpreisen der Umweltkosten der einzelnen Emissionen (CO, NO_x, Staub usw.) und Reduzierung der Steuer durch sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen und verbesserte Anlagentechnik - Alle direkten und indirekten Subventionen für fossil betriebene Feuerungsanlagen, sowie für fossile Ressourcen sofort einstellen (z. B. BAFA-Förderung für Öl-Brennwertfeuerungen) - Fossile Heizungsanlagen sanktionieren/verbieten (Beispiel Dänemark)
1.5	Die Wirtschaftlichkeit von Neuentwicklungen kann nur unzureichend bewertet werden bzw. belastbare unabhängige Aussagen dazu sind dem Betreiber bei der Kaufentscheidung nicht zugänglich	<ul style="list-style-type: none"> - Durchführung von (zugänglichen) Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen mit Online-Tool*, inklusive der Option besonderen Umweltnutzen durch eine freiwillige Wertsetzung zu berücksichtigen („Was sind mir persönlich niedrige Emissionen wert?“) <p>*siehe auch Heizkostenvergleich: http://www.ier.uni-stuttgart.de/online_tools/heizkostenvergleich/index.html</p>
1.6	Die Investitionskosten für Anlagen und Apparate sind zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> - Emissionsminderungstechnologien finanziell unterstützen - Kostenreduktionspotenziale ermitteln und eventuell ausschöpfen - Modelle erarbeiten, mit denen eine Teilnahme der Gebäudebeheizung am CO₂-Zertifikatemarkt ermöglicht wird (z. B. Kohlenstoff-Steuer auf nicht-erneuerbare Brennstoffe)
1.7	Unwissenheit und Desinteresse des Handels / der Installateure	<ul style="list-style-type: none"> - Installateure und Händler schulen und Anreize schaffen, um emissionsarme und umweltfreundliche Technologien zu bewerben (erneuerbare Wärme in Ausbildung in Berufsschulen integrieren, Handwerkskammern und Meisterschulen: Schülerinnen und Schüler auf erneuerbare Energien im Wärmemarkt vorbereiten) - Nachteile bei den Einnahmoptionen sowie dem ggf. höheren Nacharbeitsaufwand kompensieren - Netzwerke und Best-Practice-Austauschformate fördern - Mit zentraler Webseite Erreichbarkeit von qualifizierten Installateuren und Händlern schaffen - Handwerkerberuf muss wieder attraktiver werden (z. B. auch bei Rechtsschutzfragen und Zahlungsausfällen verursacht durch die Kunden)

Nr.	Hemmnis	Lösungsvorschläge
1.8	Fehlende Luftreinhaltekultur	<ul style="list-style-type: none"> - Aufklärung aller Akteure - Anpassung des politischen Handelns an die Vorgaben der WHO (Aufwertung des Gesundheitsschutzes der Bevölkerung) und zweifelsfreies Bekenntnis zur Luftreinhaltung - Überwachung der Funktion der Abscheider (z. B. durch Einführung eines fälschungssicheren Betriebsstundenzählers, der bei der Überprüfungsmessung mit dem Betriebsstundenzähler des Kessels abgeglichen wird; dabei muss der Abscheider während eines hohen prozentualen Anteils der Feuerungsbetriebszeit tatsächlich in Betrieb gewesen sein.)(Vergleiche Schweizer Luftreinhalteverordnung LRV: Anteil von „in der Regel von 90 %“)

Des Weiteren wurden in dem Statementpaper zusätzliche Hemmnisse zu der Vergleichbarkeit der F & E-Ergebnisse und marktübliche Angaben sowie zur Technologieentwicklung, Langzeiterfahrungen und Vertrauen erörtert.

Grundlegend wird hier als Lösungsvorschlag eine bessere Veröffentlichung von Messdaten und die Zugänglichkeit über eine Sammelstelle (z. B. beim Umweltbundesamt) vorgeschlagen. Auch die Forschungsprojekte dieses Themenfeldes sind angehalten, neue Messverfahren eindeutig zu beschreiben.

Die Arbeit dieses Projektes ist durch die Durchführung des Genehmigungsprozesses und des Messprogramms Vorreiter für Anlagen nach 1. BImSchV.

Der praxisnahe Leitfaden wurde für zwei Interessensgruppen ausgearbeitet. Dies sind zum einen die Brennstoffhersteller:innen, die einen Genehmigungsprozess durchführen möchten als auch die Genehmigungsbehörden, an die ein solches Vorhaben bisher selten herangetragen wurde und somit die Vorgehensweise in diesem Projekt als Beispiel dienen soll. Generell wurde der Prozess der Genehmigung anhand der im Projekt gewonnenen Erfahrungen beschrieben.

Die einzelnen Schritte für die Genehmigung eines Brennstoffes aus Sicht der Brennstoffhersteller:innen wurden wie folgt gegliedert:

- die Idee,
- vorbereitende Schritte,
- die ausführliche Beschreibung eines Messkonzeptes, für das im Rahmen des Projektes eine Vorlage in Form eines ausfüllbaren Formulars erstellt wurde,
- die anschließende Beantragung der Ausnahmegenehmigung und
- die Durchführung des einjährigen Messprogramms.

Das finale Dokument ist in Anlage 8 - Leitfaden für Brennstoffhersteller:innen angehängt.

Für Genehmigungsbehörden wurde die Unterteilung wie folgt getroffen

- Anliegen - Ein Brennstoffhersteller oder Anlagenbetreiber möchte einen Brennstoff nach § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV zulassen

- Zu übermittelnde Daten für die Ausnahmegenehmigung
- Ausnahmegenehmigung erteilen
- Nach Erteilung der Ausnahmegenehmigung
- Prüfung Abschlussbericht

Das finale Dokument ist in Anlage 9 - Leitfaden für Genehmigungsbehörden angehängt.

Bei beiden Leitfäden wurden zusätzlich nützliche Verlinkungen zu den Normen und Gesetzen, mitgelieferten Dokumenten und Begrifflichkeiten hinterlegt.

Die Vorlage für das Messkonzept, das in Form eines ausfüllbaren PDF-Formulars erstellt wurde, basierte auf der im Projekt erstellten Messkonzept und wurde auf die letzten Änderungen im März 2022 der LAI Vollzugsempfehlung²⁴ angepasst. Die gesamten Anforderungen aus dem LAI Dokument wurden größtenteils tabellarisch gelistet und für folgende Schritte zusammengefasst:

- Brennstoffherstellung,
- die Typprüfung,
- die Feldanlage und das dazugehörige einjährige Messprogramm,
- im Fazit der Zeitplan und
- optional Informationen zur Filteranlage einzutragen.

Das finale Dokument ist in Anlage 10 - Formular zur Beantragung des einjährigen Messprogramms angehängt.

Aufgrund der erfolgreichen Durchführung des einjährigen Messprogramms und wegen der zwischenzeitlich veröffentlichten Hemmnisanalyse der AG Normierung und Standardisierung²³ haben sich die Arbeiten im Projekt auf den direkten in Form von praxisnahen Produkten, die Leitfäden und das Formular, fokussiert. Umsetzung durch die adressierten Interessensgruppen.

II.2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die für das Vorhaben geplanten und bereitgestellten Mittel wurden vom DBFZ und der A.P. Bioenergietechnik weitestgehend planmäßig verwendet. Es wurden allerdings, aufgrund der Ergebnisse der exemplarischen Prüfstandsmessung für die 4. BImSchV, die Mittel für geplante Gutachten (10.773,16 €) hinsichtlich 4. BImSchV nicht verbraucht.

II.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewendeten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der im Projektantrag dargelegten Planung entsprachen und alle im Arbeitsplan formulierten Aufgaben adressiert wurden.

²⁴ https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/220317-auslegungsfragen-vollzugs-1-bimschv_1647526344.pdf
03KB136A_Endbericht_DBFZ_ohne_Anhang, 30.10.2023

Im Projektantrag waren die Ziele und geplanten Arbeiten innerhalb des Arbeitspakets 5 (Hemmnisanalyse und Leitfadenerstellung mit Bewertungsmatrix) noch so formuliert, dass vor allem eine theoretische Hemmnisanalyse mit Leitfaden erstellt werden sollte. Aufgrund des erfolgreichen einjährigen Messprogramms und auch wegen der zwischenzeitlich Veröffentlichung der Hemmnisanalyse für den verbesserten Markteinstieg von biogenen Reststoffen in automatisch beschickten Kleinf Feuerungsanlagen²³, wurde sich für eine Fokussierung auf die Leitfadenerstellung in Form von Postern für die Brennstoffhersteller:innen und Genehmigungsbehörden sowie für eine Formularerstellung zur Beantragung des einjährigen Messprogramms entschieden. Somit tragen die Produkte aus diesem Projekt zur direkten Umsetzung durch die adressierten Interessensgruppen bei.

Durch Kombination der wissenschaftlich sowie technischen Expertise beider Partner (DBFZ und A.P. Bioenergietechnik) war es möglich das Projekt zielgerichtet durchzuführen. Es wurden sowohl die Kommunikation mit den Genehmigungsbehörden, die Analysen als auch die Durchführung der Versuche gemeinsam geplant und ausgeführt.

Darüber hinaus mussten keine zusätzlichen Ressourcen zur Durchführung des Vorhabens aufgewandt werden. Im geringen Umfang konnten Mittel aufgrund des Ausfalls weiterführender Arbeiten eingespart werden (siehe II.2)

II.4. Verwertbarkeit der Ergebnisse

a. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten mit Marktrelevanz

Das **DBFZ** wird den Leitfaden und das Formular für die Beantragung des einjährigen Messprogramms von MoBiFuels nicht wirtschaftlich verwerten, sondern kostenfrei zur Verfügung stellen. Mittels der Zeit- und Kostenbetrachtungen der Zulassungsverfahren können jedoch Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebs benannt und anhand von Best-Practice-Beispielen bewertet werden. Aus der systematischen Aufarbeitung der Fragestellungen im Projekt werden wissenschaftliche Publikationen eruiert, die die Stellung des DBFZ in der Forschungslandschaft stärken. Mit der erfolgreichen Durchführung des Vorhabens qualifizierte sich das DBFZ für weitere Forschungspartner und -projekte im Themenbereich MoBiFuels und kann dadurch mittel- bis langfristig zur wirtschaftlichen Existenz und Weiterentwicklung der Technologie- und Personalressourcen des Institutes beitragen.

Die **A.P. Bioenergietechnik** als Konversionsanlagenhersteller kann für MoBiFuels genehmigungsfähige Anlagen verkaufen, wodurch sie eine Vorreiterrolle in Deutschland bekommt und ihre Wettbewerbsfähigkeit erhöht wird. Mit den im vorliegenden Projekt erzielten Ergebnissen können im Vorfeld Fragen zur Genehmigung geklärt werden, die den gesamten Prozess beschleunigen und den potentiellen Kunden die Sicherheit einer erfolgreichen Genehmigung bieten. Jede genehmigte bestehende Einzelanlage profitiert von der breiteren einsetzbaren Rohstoffbasis.

Ebenso profitieren Brennstoffhersteller und Technologiebereitsteller, da für diese in Deutschland der Absatzmarkt erstmals geöffnet wird. Dies erweitert den Markt für Rest- und Abfallstoffe als Basis für MoBiFuels. Die Etablierung nachhaltiger Wertschöpfungsketten kann in den Bereichen Abfall- und Reststoffbewirtschaftung, Brennstoffbereitstellung sowie Konversionsanlagenproduktion und -betrieb Arbeitsplätze sichern und schaffen. Durch die Nutzung lokaler Rohstoffe können darüber hinaus Importe von

Energieträgern reduziert, dezentrale Strukturen gestärkt und so die Sicherung der Energiebereitstellung durch Diversifizierung erhöht werden.

Neue Patententwicklungen sind im Rahmen des Vorhabens nicht zu erwarten. Dennoch wird auf bestehende Patentanmeldungen zurückgegriffen, u. a. bei dem geplanten Einsatz von Waschbrennstoffen. Hier gibt es bisher zwei Patentanmeldungen in Deutschland für konkurrierende Waschverfahren²⁵. Darüber hinaus stellt die Vielfalt der am Markt verfügbaren Biomasseverbrennungstechnologien kein Wettbewerbsingriff dar, da die Anbietervielfalt bereits ausgereift ist. Generell werden mit MoBiFuels eher technische Weiterentwicklungen angestoßen, sie stellen aber keinen Projektgegenstand dar.

b. Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten

Das einjährige Messprogramm wurde erfolgreich durchgeführt. Die Genehmigung ist weiterhin ausstehend, aber aufgrund der Ergebnisse des Messprogramms ist von einem positiven Bescheid auszugehen. Mit der Durchführung des Messprogramms konnte das technische Verbrennungsverhalten von MoBiFuels in Form von Laubholzpellets über einen Zeitraum von einem Jahr detailliert gemonitort werden. Die Durchführung des Projekts bildet die Grundlage dafür, andere modifizierte Festbrennstoffe, insbesondere halmgutartige Brennstoffe, mit ähnlichen verbrennungskritischen Eigenschaften emissionsarm zu verbrennen. Die gewählten Kesseleinstellungen können an Ökotherm-Anlagen mit größerer Nennwärmeleistung adaptiert werden. Damit wurde die Grundlage geschaffen, den Verbrennungsprozess in Anlagen im Leistungsbereich der 4.BlmSchV ebenso optimal auszulegen und alle behördlichen Vorgaben zu erfüllen.

Die wissenschaftliche Erfolgsaussicht basiert vor allem auf dem zugewonnenen Wissen im genehmigungsrechtlichen Bereich, das als Basis zur Entwicklung weiterer genehmigungsfähiger innovativer Brennstoffe und zum Abbau von Markthemmnissen dienen kann. Dieser erfolgte auf Basis der Erfahrungen, die innerhalb des Projektes im Zusammenhang mit dem einjährigen Messprogramm gesammelt wurden. Resultierend daraus wurde ein Leitfaden und ein Formular für die erleichterte Beantragung des Genehmigungsverfahrens erstellt. Der zweite Kernpunkt ist die Entwicklung der Methodik zur Analyse und Gestaltung von Genehmigungsverfahren nach der BlmSchV, wodurch zukünftige Projekte in diesem Themengebiet beschleunigt und ausgebaut werden können. Auch hier bilden der Leitfaden und das Formular wichtige Meilensteine für die erleichterte Beantragung. Der dritte wissenschaftliche Gewinn liegt in der Untersuchung der Auswirkung von Genehmigungsverfahren auf die Erschließung von neuen Marktpotentialen und deren Wettbewerbssituation. Ferner dient die Zuarbeit im Projekt zur Entwicklung einer Brennstoffdatenbank, die für weiterführende Projektbeantragung und -bearbeitung Grundlage sein wird.

c. Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit seitens des **DBFZ** ist vor allem im Bereich der Genehmigung, Aufbereitung und Nutzung vorbehandelter Biomassen zur Wärme und gekoppelten Wärme- und Strom-

²⁵ Khalsa, J.H.A., Döhling, F., Berger, F.: Foliage and Grass as Fuel Pellets – Small Scale Combustion of Washed and Mechanically Leached Biomass. *Energies* 2016, 9(5), 361; DOI:10.3390/en9050361

bereitstellung zu sehen. Die Ergebnisse des Projektes ermöglichen ein tieferes Verständnis der betrachteten Genehmigungsverfahren nach 1. und 4. BImSchV (auch für den Genehmigungsprozess nach 13. BImSchV interessant, da mit MoBiFuels neue Reststoffpotenziale erschlossen werden können, aber deren Risiko einer genehmigungsrechtlichen Einordnung als Abfall ausgeschlossen werden muss), wodurch die Wissens- und Datenbasis deutlich verbessert wurde und dadurch Vergleiche zu Fragestellungen in Bezug auf weitere, noch nicht genutzte Brennstoffe möglich sind. Als Folgeprojekte sind die Erarbeitung von Genehmigungsverfahren weiterer innovativer Brennstoffe, die Beratung von Brennstoff- und Anlagenherstellern sowie -betreibern, von Genehmigungsbehörden und Gesetzgebern denkbar. Zusätzlich kann die Durchführung oder Begleitung von weiteren Messprogrammen für Brennstoffe nach 1. BImSchV § 3 Nr. 13 nach Vorgaben des LAI zu Folgeprojekten führen. Hinsichtlich der wissenschaftlichen Anschlussfähigkeit bestehen aussichtsreiche Kooperations- bzw. Vernetzungsmöglichkeiten mit relevanten Vorhaben. Insbesondere wird aber erwartet, dass die Verbesserung der Marktstellung der modifizierten Biobrennstoffe Aktivitäten von Industrieseite auf diesem Gebiet und damit F&E-Projekte für das DBFZ nach sich zieht.

A.P. Bioenergietechnik kann durch Aufzeigen des Genehmigungsverfahrens an einer Biomassebestandsanlage (4. BImSchV) mit MoBiFuels den Verfahrensprozess auf vergleichbare Bestandsanlagen übertragen. Zudem wird der Verfahrensweg zur Genehmigungsfähigkeit einer 1. BImSchV-Anlage mit einem Brennstoff, eingeordnet nach § 3 Nr. 13, detailliert beschrieben und schafft so die notwendige Sachkenntnis bei der Antragstellung für weitere Kesselzulassungen. Damit wird der Weg für eine verbesserte Zusammenarbeit mit den jeweiligen Behörden geebnet und zukünftige Verfahrensprozesse lassen sich beschleunigen.

Branchenweite Bedeutung kann das Projekt für die Hersteller modifizierter Biobrennstoffe und von Anlagen zur Biobrennstoffmodifikation erlangen. Diesen ist durch die bisher unklare Rechts- und Genehmigungslage der Zugang zu dem potenziell wichtigsten Absatzmarkt, der Verbrennung, versperrt. Dadurch sind selbst wirtschaftlich aussichtsreiche Projekte nicht umsetzbar und es besteht ein bedeutendes Hindernis für die Etablierung eines Marktes. Indem durch dieses Projekt der Leitfaden und ein Formular für die Beantragung des einjährigen Messprogramms über die Einzelfallentscheidung hinaus aufgezeigt wurde, welche derartigen Brennstoffe auf welchem Weg formal korrekt für die Nutzung in Feuerungsanlagen nach der 1., 4. und 13. BImSchV etabliert werden können, wird den Unternehmen auf diesem Gebiet überhaupt eine langfristige Existenzmöglichkeit außerhalb kleiner Nischen geschaffen. Dies betrifft in Deutschland in Summe über HTC, Torrefizierung und Waschverfahren 10–15 Unternehmen, in Europa mehr als doppelt bis dreifach so viele. Auch das dargelegte CO₂-Minderungspotenzial ist nur mit legalen, rechtssicheren und verallgemeinerbaren Anwendungswegen hebbbar.

Weiterhin besteht für Feuerungsanlagenhersteller die Möglichkeit sich ein Alleinstellungsmerkmal zu schaffen, indem man sich den Markt der modifizierten Biobrennstoffe erschließt. Dabei sind zukünftige, eventuell patentfähige, technische Weiterentwicklungen zur Verbesserung der Nutzung nicht ausgeschlossen. Dies war aber weder Gegenstand noch Ziel dieses Vorhabens, das ganz auf die Breitenwirkung abzielte.

Betreiber von Feuerungsanlagen erhalten eine Brennstoffalternative, die fossilen Brennstoffen ökologisch überlegen ist und biogenen Brennstoffen ökologisch, ökonomisch und in den Anwendungseigenschaften überlegen sein kann.

Von besonderer Bedeutung ist die Umsetzung der Projektergebnisse nicht zuletzt für die Entsorger oder Wirtschaftsbetriebe, bei denen die Ausgangsstoffe anfallen. Sie erhalten die Möglichkeit einer ökonomisch wie ökologisch sinnvollen Nutzung.

d. Zeithorizont der Erfolgsaussichten und Anschlussfähigkeit

Kurzfristig: In den ersten zwei Jahren nach Projektende ist zunächst der Erfolg der im Projekt durchgeführten Genehmigung zu bewerben, um die damit gewonnenen Optionen im Markt zu kommunizieren. Dies wird durch das **DBFZ** über seine wissenschaftlichen Kanäle als auch über ausgewiesenen Fachveranstaltungen geschehen. **A.P. Bioenergietechnik** wird in diesem Zusammenhang die Erfolge den Kunden und Interessierten auf Fachmessen und über sonstige Kommunikationskanäle bereitstellen. Das **DBFZ** wird darüber hinaus seine Stellung als wissenschaftliches Innovationszentrum durch den entstandenen Leitfaden und das Formular festigen können.

Mittelfristig: In den Jahren 3 bis 5 nach Projektende sollten sich erste Interessenten für weitere Genehmigungsverfahren gefunden haben, die konkrete Projekte zusammen mit der Firma **A.P. Bioenergietechnik** und dem Knowhow des **DBFZ** realisieren wollen. Wirtschaftlich gesehen bedeutet dies für die Firma **A.P. Bioenergietechnik** einen kurzfristigen Marktvorteil, da sie in aktuell Pioniere im Bereich der Technikbereitstellung aber auch dem genehmigungsrechtlichen Umsetzen solcher Anlagen sind.

Ein gewisses Risiko besteht für zukünftige Projekte hinsichtlich der politischen Rahmenbedingungen und der damit einhergehenden Änderungen der gesetzlichen Bestimmungen z. B. zur Luftreinhaltung oder dem Brennstoffqualitätsmanagement. Sollten sich hier gravierende Änderungen der politischen oder gesetzlichen Rahmenbedingungen mit Auswirkungen auf den Untersuchungsgegenstand abzeichnen, könnten diese ggf. zu zusätzlichem Forschungsbedarf führen, um die langfristigen Erfolgsaussichten des Vorhabens zu stärken.

Langfristig: Ab Jahr 5 nach Projektende sollten sowohl das **DBFZ** als Beratungsinstitution, als auch **A.P. Bioenergietechnik** als Technikdienstleister in der Branche als Experten in Sachen Genehmigungsverfahren für 1. und 4. BImSchV-Anlagen mit alternativen Brennstoffen bekannt sein. Des Weiteren wird versucht, weitere Kesselhersteller für erste Genehmigungserfahrungen zusammen mit dem **DBFZ** zu finden. Auch weitere wissenschaftliche Einrichtungen werden in der Lage sein diese Genehmigungsverfahren zu begleiten. **A.P. Bioenergietechnik** wird deutschlandweit neue Anlagen installiert haben und kann somit wieder mit wachsenden Verkaufszahlen im Inland rechnen.

II.5. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Am 05.12.2019 wurde ein Statementpaper veröffentlicht, dass sich mit Maßnahmen für den verbesserten Markteinstieg von vielversprechenden F&E-Vorhaben im Bereich Verbrennung von biogenen Reststoffen in automatisch beschickten Kleinf Feuerungsanlagen beschäftigt. Die Stellungnahme wurde von der AG Normierung & Standardisierung (Feinstaub) des BMWi-Forschungsnetzwerks BIO-ENERGIE | BMWi-Förderbereich 3.7 "Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe" im 7. Energieforschungsprogramm erarbeitet und beschreibt in Grundzügen die Markthemmnisse bei der Genehmigung von biogenen Reststoffen als Brennstoffe²³. Die Arbeit dieses Projektes ist jedoch durch die Durchführung des

Genehmigungsprozesses und des Messprogramms weiterhin Vorreiter für Anlagen nach 1. BImSchV. Der praxisnahe Leitfaden das Formular für die Beantragung des einjährigen Messprogramms dienen dem direkten Hemmnisabbau.

II.6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

- I. Adam, R., et al. "Systematic homogenization of heterogenous biomass batches – Industrial-scale production of solid biofuels in two case studies." Biomass and Bioenergy 173 (2023): 106808, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808>
- II. Müll und Abfall Artikel mit dem Titel „Erfolgreiche Demonstration des Einsatzes von Laubholzpellets als „sonstiger nachwachsender Rohstoff“ gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV“ im November 2023
- III. Weiterhin ist eine Veröffentlichung der Ergebnisse der Verbrennungsversuche im Zusammenhang mit der Zulassung des modifizierten Festbrennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV geplant.

II.1. Literaturverzeichnis

Adam, R. et al. Systematic homogenization of heterogenous biomass batches – Industrial-scale production of solid biofuels in two case studies. *Biomass and Bioenergy* 173, 106808; <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808> (2023).

Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland. Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV); 2010.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz. Auslegungsfragen /Vollzugsempfehlungen / Hinweise zur Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV): LAI Auslegungsfragen; 2017.

Deutsches Institut für Normung e. V. Heizkessel_- Teil_5: Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500_kW_- Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Kennzeichnung, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2021, DOI: 10.31030/3046320

International Organization for Standardization. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 6: Graded non-woody pellets(17225-6); 2021. <https://doi.org/10.31030/3252493>.

International Organization for Standardization. Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien(17025). Germany, Berlin: Beuth Verlag GmbH; 2018. <https://doi.org/10.31030/2731745>.

Khalsa, J.H.A., Döhling, F., Berger, F.: Foliage and Grass as Fuel Pellets – Small Scale Combustion of Washed and Mechanically Leached Biomass. *Energies* 2016, 9(5), 361; DOI:10.3390/en9050361

II.2. **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Projektstrukturplan mit Arbeitspaketen (AP) einschließlich AP-Leitung und Informationsflussdarstellung	5
Abbildung 2: Schematische Darstellung des Brennstoffherstellungsprozesses mit dem florafuel-Verfahren.....	12
Abbildung 3: Vergleich der CO-Emissionen zwischen Erstversuch V1 und Zweitversuch V2	16
Abbildung 4: Vergleich der SO ₂ -Emissionen aus dem aktuellen Versuch im Vergleich zum Erstversuch mit Grenzwerten für SO ₂ aus der 44. BImSchV	17
Abbildung 5: Entwicklung des Anlagenbestandes von Pelletfeuerungen in Deutschland	20
Abbildung 6: Entwicklung der Pelletproduktion und des -verbrauchs in Deutschland	21

II.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mitglieder des Projektbeirates MoBiFuels	7
Tabelle 2: Mittelwerte der CO-, NO _x - und Gesamtstaubemissionen unter Berücksichtigung der Messunsicherheit mit p = 0,95 sowie die maximale PCDD/F + dl-PCB-Konzentration ohne Einbeziehung von Kongeneren unterhalb der Bestimmungsgrenze und ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit (Up) mit p = 0,95; Grüne Kennzeichnung symbolisiert Einhaltung der Emissionsgrenzwerte	13
Tabelle 3: Zusammenstellung der Messergebnisse der PCDD/F-, und B(a)P-Konzentrationen (6-Stunden-Mittelwerte) aller Messkampagnen (Volllast) des einjährigen Messprogramms an der Praxisanlage ohne Einbeziehung von Kongeneren unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) ; jeweils maximaler Messwert ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit mit p = 0,95; Grüne Kennzeichnung symbolisiert die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte	14
Tabelle 4: Zusammenstellung der gemittelten Messergebnisse der CO- und Gesamtstaub-Konzentrationen (15-Minuten-Mittelwerte) aller Messkampagnen (Volllast) des einjährigen Messprogramms an der Praxisanlage; jeweils maximaler Messwert abzüglich erweiterter Messunsicherheit mit p=0,95; Grüne Kennzeichnung symbolisiert die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte	15
Tabelle 5: SWOT Analyse für MoBiFuels	22
Tabelle 6: Hemmnisanalyse für einen verbesserten Markteinstieg für kleine Feuerungsanlagen	23

II.4. Anlagen

- a. Anlage 1 – Protokoll Projekttreffen 19.09.2019 mit Projektbeirat**
- b. Anlage 2 – Folien Statuskonferenz 2019**
- c. Anlage 3 – Folien Statuskonferenz 2021**
- d. Anlage 4 – Folien Workshop BioRestBrennstoff**
- e. Anlage 5 – Folien Statuskonferenz 2023**
- f. Anlage 6 – Brennstoffherstellungsbericht**
- g. Anlage 7 – Prüfberichte des akkreditierten Analyzelabors zum Laubholz-
brennstoff**
- h. Anlage 8 - Leitfaden für Brennstoffhersteller:innen**
- i. Anlage 9 - Leitfaden für Genehmigungsbehörden**
- j. Anlage 10 - Formular zur Beantragung des einjährigen Messprogramms**

Protokoll

Details

Project:	MoBiFuels	Verteiler
Name / Nr. des Treffens	Projekttreffen- externer Teil mit Projektbeirat	Teilnehmer, Marco Klemm, sonstige Mitglieder des Projektbeirats
Typ des Treffens:		
Datum:	19.09.2019	
Zeit:	10:00-13:30	
Ort:	DBFZ, Haus 6, Raum 109	
Protokollführer:	Lisa Röver, Kathrin Bienert, Benjamin Wirth, Roman Adam, Philipp Schneider	

Agenda

10:00 – 10:10	Begrüßung und Kurzvorstellung der Teilnehmer
10:10 – 10:20	Vorstellung des Projektes (K. Bienert)
10:20 – 10:40	Anlagengenehmigungen nach 1. BImSchV (Nr.13) und 4. BImSchV (R. Adam)
10:40 – 11:00	Brennstoff-Datenbank für modifizierte biogene Brennstoffe (T. Lühmann)
11:00 – 11:10	Pause
11:10 – 11:15	Einführung zum World Café (K. Bienert)
11:15 – 12:15	World Café – Diskussion von 3 Fragestellungen (je 20 min)
12:15 – 12:45	Mittagspause
12:45 – 13:05	Reflexion: Zusammenfassung pro Frage (3x3 min), Priorisierung mit Punktabfrage
13:05 – 13:20	Abfrage Projektbeirat – Unterstützung des Projektes
13:20	Verabschiedung der Teilnehmer

Teilnehmer

DBFZ:	Kathrin Bienert, Roman Adam, Lisa Röver, Taina Lühmann, Niels Kirstein, Benjamin Wirth
AP Bioenergie:	Philipp Schneider, Ulrich Dobler
Projektbeirat:	Anja Nowack Michael Wild Dr. Hans-Jürgen Discher Dr.-Ing. Dominik Müller Tanja Schneider Thomas Hering Alexander Zerreich
UBA (entspr. Zuwendungsbescheid):	Malte Reuter

Ergebnisse

No.	Agenda Punkt	To-Do	Wer	Bis wann
0	Vorstellung Projektbeirat			
	<p>Soll die bayrische Landesbehörde, die für die Genehmigung der 1. BlmSchV-Anlage zuständig ist, mit in den Projektbeirat aufgenommen werden? (Fr. Nowak)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontroverse Meinung • BlmSch ist Bundesrecht und sollte sich nicht auf Landesebene unterscheiden 			
1	Anlagengenehmigungen nach 1. BlmSchV (Nr.13) und 4. BlmSchV			
	<p>Gesamtaschegehalt von Laub knapp 10%, deswegen Holzbeimischung, der Aschegehalt ist durch die Biomasse selbst verursacht</p> <p>Energieaufwand des FloraFuel Verfahrens zum hergestellten Brennstoff nochmal aufzeigen</p> <p>Brennstoff muss aus einer Charge sein bei der Typprüfung und dem einjährigen Messprogramm – 50 t Herstellung</p> <p>Prüfung der technischen Spezifikation ISO17225-8 (therm. behandelte Biomassen): sollte mit aufgenommen werden, da in BlmSch im gleichen Range zu sehen? (Hr. Wild)</p> <p>Prüfung der Interpretation eines Satzes aus dem LAI-Dokument: Mischung von Brennstoffen nicht zulässig. (S. 46 Ende 3. Absatz) (Hr. Wild)</p> <p>→ Klärung des Sachverhaltes: Satz nimmt Bezug auf Vermischung (Zumischung) unterschiedlicher Brennstoffe im Vorfeld der Verbrennung nicht auf die Herstellung mittels einer Brennstoffrezeptur im Brennstoffherstellungsverfahren (Hr. Adam)</p> <p>Für die Verwendung von HTC-Brennstoff sollte die HTC Anlage nicht als Abfallbehandlungsanlage (Nr. 8 Anlage 2 der 4. BlmSchV) eingestuft sein</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die meisten Anlagen in Deutschland als Demonstrations-/ Pilotanlagen eingestuft • HTCycle hat Brennstoffe nach der 4. BlmSchV (Nr. 1./2. Herstellung von chem. Erzeugnissen, nach Nr.8 wäre es Abfallbehandlung) (Anmerkung Fr. Nowak) 	<p>Info an Hr. Reuter und Hr. Hering</p>	<p>Hr. Adam</p>	<p>bereits erfolgt</p>

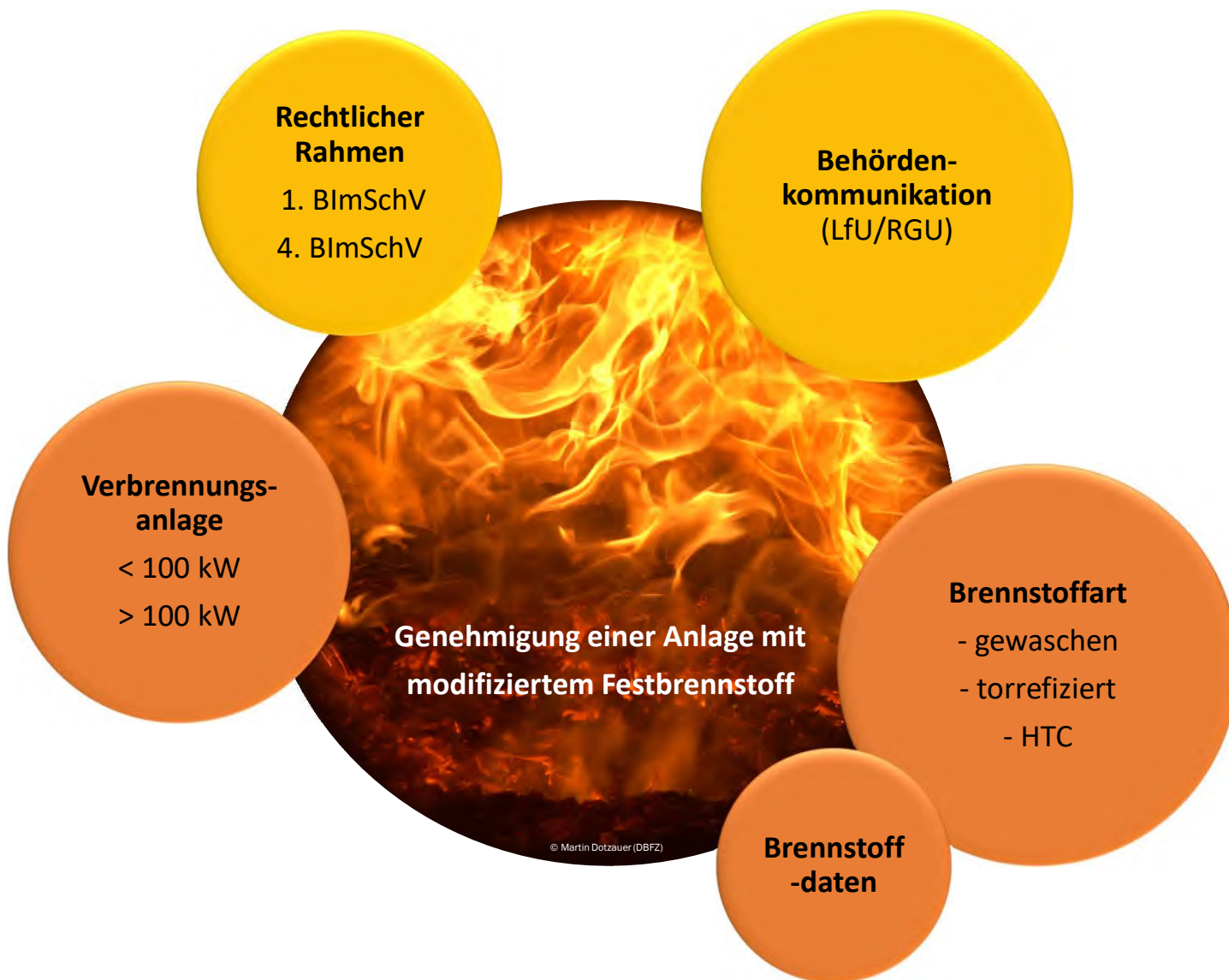
No.	Agenda Punkt	To-Do	Wer	Bis wann
	Um die Abfalleigenschaft (§5 KrWG) zu verlieren müssen 4 Kriterien erfüllt werden und man braucht einen Abnehmer für das Produkt			
2	Brennstoff-Datenbank für modifizierte biogene Brennstoff			
	<ul style="list-style-type: none"> • Sind die chemischen Analysen genormt? Analyseverfahren ggf. mit aufnehmen • Standort/ Ursprung Biomasse mit aufnehmen? • Stichprobenumfang mit aufnehmen/ ggf. darauf hinweisen, dass ein schlechtes/ gutes Ergebnis nicht bedeutet, dass man das für alle Biomassen dieser Kategorie verallgemeinern kann (die Elementaranalyse kann für den gleichen Rohstoff an einem anderen Standort anders ausfallen) • Schmetallwerte können den Rohstoff für zukünftige Genehmigungen gefährden 	Datenbank finalisieren/ kritisch betrachten	Roman Adam, Taina Lühmann	
3	World Café – Diskussion von 3 Fragestellungen (je 20 min)			
	<p>Thema 1: Abfalleigenschaft eines Brennstoffes nach KrWG: Gastgeber: Benjamin Wirth</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ um der Abfalleigenschaft nach der Behandlung zu entgehen, sollte bereits auf Substrate ohne Zuordnung zu einem Abfallschlüssel zurückgegriffen werden ▪ Option: Aufweichen der Abfalleigenschaften nach der Behandlung durch entsprechende Grenzwerte (physiko-chemisch) ▪ Option: Naturbelassenheit als Kriterium für Substrate stärken ▪ Abfalleigenschaften von Koppelprodukten klären, Fokus auf Hauptprodukt? ▪ Grundlegende Unterscheidung bei Abfällen <ul style="list-style-type: none"> ○ Entledigungswille: weiche, subjektive Einordnung ○ Entledigungszwang: klar an Eigenschaften (physiko-chemisch, biologisch) festzumachen ▪ Flickenteppich bei Auslegung der Abfalleigenschaft in ganz Deutschland muss vereinheitlicht werden (wer?!) ▪ Ende der Abfalleigenschaft nach Behandlung nicht kategorisch ausgeschlossen, folgende Kriterien müssen alle erfüllt sein: <ul style="list-style-type: none"> ○ es muss einen Behandlungs- / Umwandlungsschritt geben ○ ein bestehendes (Zwischen-)Produkt muss ersetzt werden (DGAW fordert auch die rechtliche Klärung im Falle von komplett neuen Produkten) 			

No.	Agenda Punkt	To-Do	Wer	Bis wann
	<ul style="list-style-type: none"> ○ es dürfen keine höheren Umweltbelastungen aus der Behandlung oder dem (Zwischen-)Produkt resultieren <p>2. Thema 2: Genehmigungsverfahren/rechtl. Einordnung: Gastgeber: Roman Adam</p> <p>Trotz einer vorangegangenen Befreiung aus dem Abfallregime ist der Abfallbegriff noch relevant für: Bürgerakzeptanz Wichtig: frühzeitiger Behörden-/Bürgerkontakt</p> <p>1. BImSchV Entscheidend für den Leistungsbereich des Kessels im einjährigen Messprogramm ist Typprüfung Hersteller legt folgendes fest:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Teillastfähigkeit 2. Kesselleistung <p>Anlagentypspezifische Nutzung von Brennstoffen als Ungleichbehandlung von Nachwachsenden Rohstoffen gegenüber herkömmlichen Brennstoffen klassifiziert, Gründe:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bindung eines Anlagenbetreibers an Brennstoffhersteller 2. Typprüfung mit selbem Brennstoff wie einjähriges Messprogramm <p>4. BImSchV: Entscheidend sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. lokale Faktoren (Stadt, Land, existiert Luftreinhalteplan?, etc.) 2. Ermessensentscheidungen von Beamten 3. Bundesland (z.B.: NRW klassifiziert Landschaftspflegeholz als Abfall, kein Einsatz in 4. BImSchV Verbrennungsanlage möglich) <p>Schwankungsbreiten des Laubbrennstoffes trotz Voruntersuchungen unklar Zufällige Schwankungsbreiten Störstoffe im Brennstoff</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. kein gesetzlich vorgeschriebener Grenzwert → Ermessensentscheidung <p>3. Thema 3: Marktpotenzial: Gastgeber: Philipp Schneider</p> <p>Die Potentiale ergeben sich zum einen durch den Leidensdruck, den die Entsorgung von gesammeltem Material mit sich bringt, zum anderen durch die allgemeine Marktakzeptanz der Nutzer.</p> <p>Im städtischen Bereich wird Material meist zentral gesammelt und entsprechende große Mengen fallen an, um eine Aufbereitungsanlage zu betreiben. Die Akzeptanz der Bevölkerung für Aufbereitungs- und/oder Verbrennungsanlagen wird voraussichtlich in</p>			

No.	Agenda Punkt	To-Do	Wer	Bis wann
	<p>städtischen und stadtnahen Bereichen eher gering sein.</p> <p>Im ländlichen Bereich wird (wenn überhaupt) dezentral gesammelt oder im Privatsektor direkt „entsorgt“, über Kompostierung oder offene Verbrennung.</p> <p>Die Akzeptanz wird in ländlichen Gebieten für entsprechende Anlagen eher vorhanden sein.</p> <p>Die Anwendung ist eher im Bereich der 4.BImSchV (100-1000kW) zu erwarten, da Aufwand und Kosten für die umfangreiche Genehmigung und das 1-jährige Messprogramm im Rahmen der 1.BImSchV entfallen.</p> <p>Der Einsatz von N-armen Brennstoffen wird eher erwartet, da Abgasnachbehandlung durch SCR/SNCR entfallen kann.</p> <p>Für torrefizierte Stoffe ist eher geringeres Potential im Bereich < 1MW zu erwarten, die etablierten Lieferwege und Genehmigungsschritte sind in größeren Anlagen seit vielen Jahren vorhanden.</p> <p>Grundsätzliches Potential ergibt sich durch eine dynamische Änderung des Begriffs „Abfall“. Was früher Abfall war, kann morgen ein Wertstoff sein.</p> <p>Zusätzlich wird die „Entsorgung“ im Privatsektor gesetzlich weiter eingeschränkt und Alternativen zu Holz müssen und werden kommen.</p> <p>Die Gesetzgebung muss in diesem Prozess mitwirken, so dass die stoffliche und energetische Nutzung weiterer Ausgangsstoffe möglich gemacht wird, auch als Alternative zur Verbrennung.</p> <p>Bisherige Verwertung, alternative Wege der Aufbereitung oder andere Prozesse die dem gleichen Zweck dienen müssen über die gesamte Entsorgungs- bzw. Wertschöpfungskette miteinander vergleichbar gemacht werden.</p> <p>Je aufwändiger und teurer die Entsorgung wird, desto höher sind die Chancen auf alternative Nutzungswege.</p> <p>Die verschiedenen Wege müssen dafür ökonomisch vergleichbar gemacht werden, bspw. als Einheit €/kWh oder €/tonne.</p> <p>Der Treiber für den Einsatz neuer Prozesse ist im kommunalen sowie privaten Sektor der ökonomische Nutzen, der mit steigender Anlagenstückzahl und daraus resultierender Preisreduktion weiter zunehmen wird.</p>			
4	Abfrage Projektbeirat – Unterstützung des Projektes			
	<p>Herr Zerreich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung/Beratung 1. BImSchV/4. BImSchV 			

No.	Agenda Punkt	To-Do	Wer	Bis wann
	<ul style="list-style-type: none"> - Abfalleigenschaft <p>Herr Dr. Discher:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problematik der rechtlichen Einordnung der eingesetzten Stoffe - Hinweise zur Führung der jeweils erforderlichen Verwaltungsverfahren <p>Herr Wild:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontakte für torrefizierte Brennstoffe für Versuche - Kontakte für Brennstoffanalysen (von div. Produzenten) <p>Herr Reuter:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Technikbewertung Aufbereitung <p>Frau Nowack:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bewertung zu erwarteten Emissionen - Infos zum Immissionsschutzrecht <p>Herr Hering:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einschätzung der Brennstoffeigenschaften zu den zu erwartenden Emissionen - Einsatz von MoBiFuels in bereits etablierten 4. BImSchV-Anlagen - Auswahl weiterer besonders relevanter Rohstoffe (NaWaRo) für Modifizierungsansatz 			
	Feedback des Projektbeirates zum Projekttreffen			
	<p>Positive Rückmeldung, gute Zusammensetzung des Projektbeirates, gute Diskussionsrunde, diverse Meinungen</p> <p>World Café ein gutes Konzept, Fragen vom World Café vorher kommunizieren</p> <p>Updates/ Newsletter über das Projekt sind von allen Beiratsmitgliedern erwünscht/ Interesse an Ergebnissen</p> <p>1x Treffen im Jahr ist gewünscht</p>			

• 03KB136 MoBiFuels



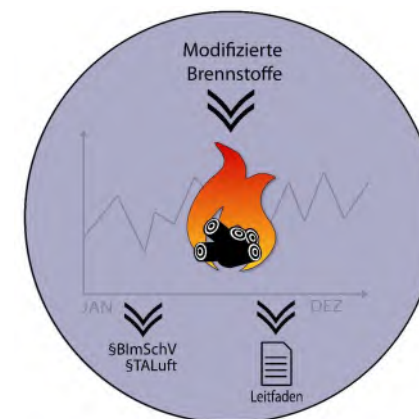
01.11.2018–31.10.2021

Kontakt:

Kathrin Bienert

DBFZ, Leipzig

E-Mail: kathrin.bienert@dbfz.de



Fördergeber

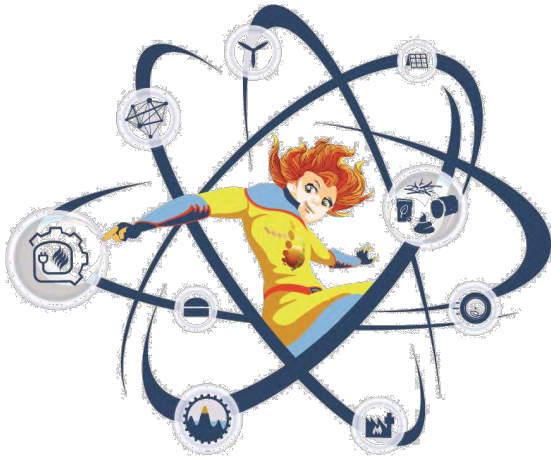


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Begleitforschung



MoBiFuels - Analyse und Beseitigung von Markthemmnissen von techn. modifizierten Bioenergieträgern

Lisa Röver, Roman Adam, Florian Berger, Philipp Schneider, Thomas Zeng, Hans Werner, Volker Lenz

Projektleiterin, DBFZ Deutsches Biomasse Forschungszentrum gGmbH

Das Projekt MoBiFuels

1. BImSchV: Laubpellets mit 55 % Laub und 45 % Holz

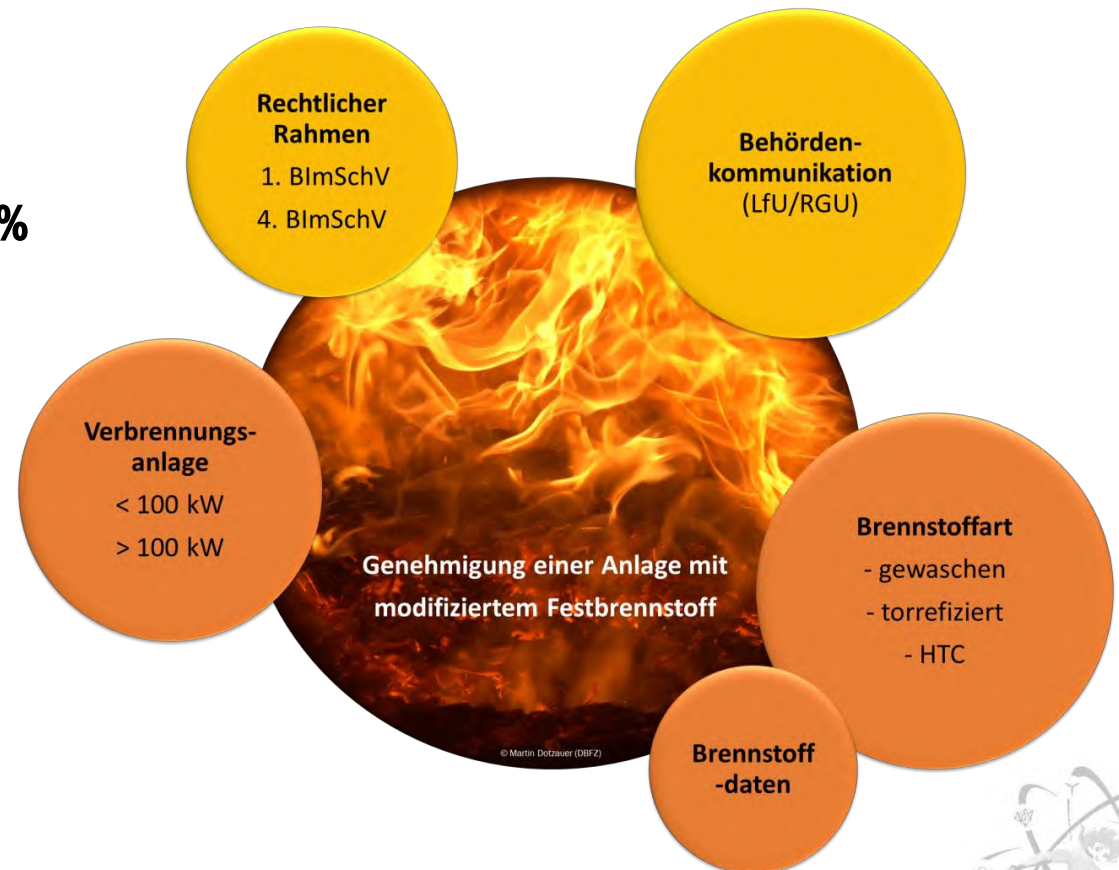
- Normkonformer Brennstoff aus Parklaub
- Start einjähriges Messprogramm 01.02.2022
- Ziel: Genehmigung Brennstoff gem. §3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV

4. BImSchV: HTC-Kohle aus Lignin

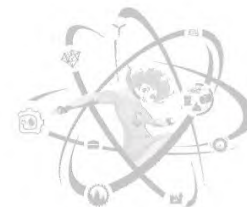
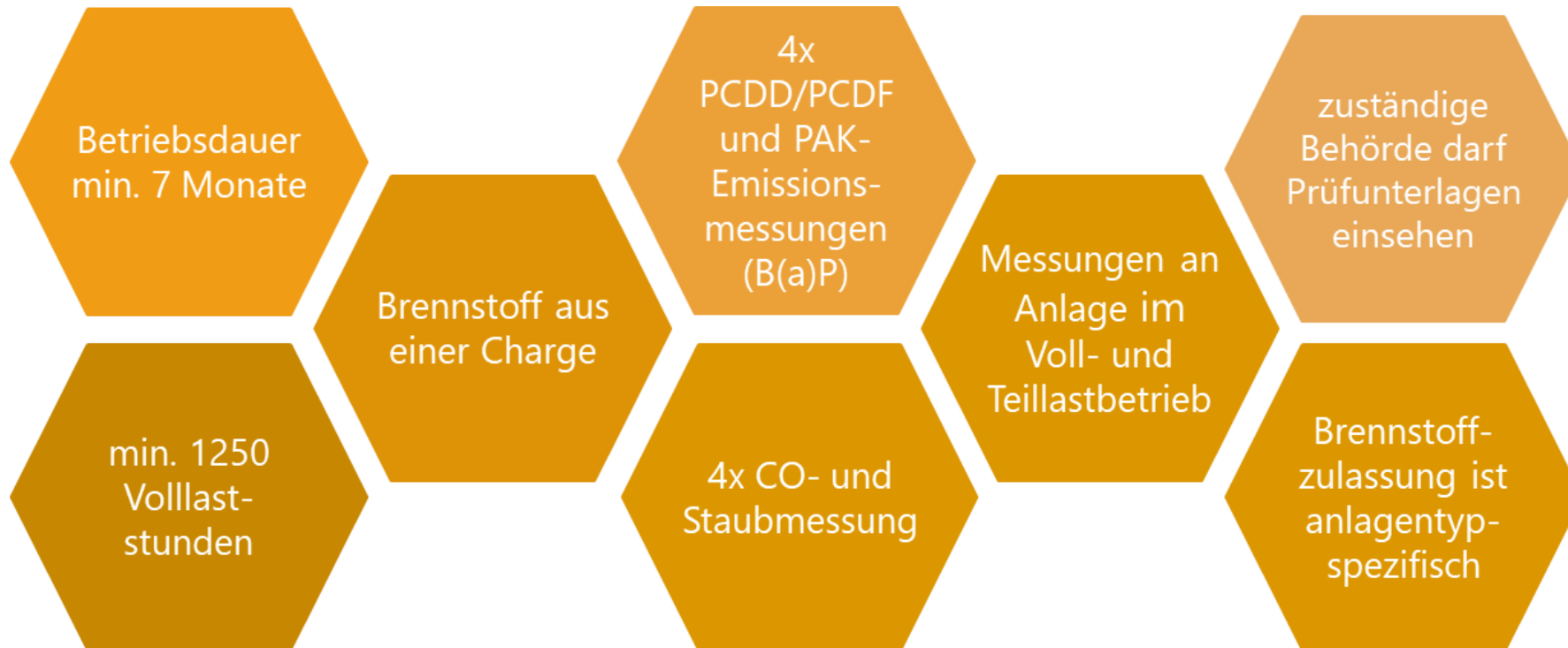
- Prüfstandsmessung im März 2022
- Ziel: Einschätzung zur Genehmigungsfähigkeit

Datenbank mit Brennstoffen

- Veröffentlichung vrsl. Oktober 2022



Ablauf des einjährigen Messprogramms



Einsatz von Parklaub als sonstiger nachwachsender Rohstoff gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV

Thomas Zeng, Roman Adam, Lisa Röver



18.09.2023, Kassel

Akteursworkshop BioRestBrennstoff, Block I: Einsatz biogener Rest- und Abfallstoffe in BMHKWs

Hintergrund

Erstmalige Zulassung Kessel für Nr. 8 Brennstoffe

Erfolgreiche Demonstration des Nr. 8 Prüfbrennstoffkonzeptes

1. Entwicklung nicht-holzartiger Prüfbrennstoffe:

- Brennstoffgruppe A – Strohpellets mit Weizennachmehl und KCl
- Brennstoffgruppe B – Getreidekörner mit KCl

2. Prüfbrennstoffeinsatz:

- Kessel (Typ: ÖkoTherm Compact C1L, Hersteller A.P. Bioenergietechnik)
- Einhaltung der Grenzwerte der 1. BImSchV (CO, NOx und Gesamtstaub) unter Typprüfbedingungen (EN303-5)



Erfolgreiche Demonstration des Prüfbrennstoffkonzeptes zum Einsatz nicht-holzartiger Festbrennstoffe im Geltungsbereich der 1. BImSchV

Successful demonstration of the test fuel concept for the use of non-woody solid biofuels within the scope of the 1st BImSchV

Roman Adam, Thomas Zeng, Tobias Ulbricht, Claudia Kirsten, Philipp Schneider, Uli Dobler und Dr. Volker Lenz

M.Sc., LL.M.

Roman Adam
ist Doktorand an der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

Dipl.-Ing., Dipl.-Ing. (FH) Thomas Zeng
ist Leiter der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

M.Sc. Tobias Ulbricht
ist Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

Dipl.-Ing. Claudia Kirsten
ist leitende Sachbearbeiterin der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

M.Sc. Philipp Schneider
ist Forstungsleiter der Firma A.P. Bioenergietechnik GmbH

Dipl.-Wirtschaftsling Uli Dobler
ist Leiter Vertrieb und Marketing bei der A.P. Bioenergietechnik GmbH

Dr.-Ing. Volker Lenz
ist Leiter des Bereichs Thermo-chemische Konversion und Forstungsleiter für intelligente Biomassekonzepte am DBFZ

Zusammenfassung

Mit der Novellierung der 1. BImSchV im Jahr 2010 und der Vollzugsempfehlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) aus dem Jahr 2017 wurden Regelungen für die Zulassung und den Betrieb von Kesselanlagen festgelegt, die mit Regelbrennstoffen des §3 Abs. 1 Nr. 8 betrieben werden. In diese Gruppe fallen insbesondere Getreidestroh sowie Getreideausputz und Landschaftspflegematerial wie z. B. Heu. Der Mangel an geeigneten Prüfbrennstoffen und Unsicherheiten bezüglich ihres verbrennungstechnischen Verhaltens bei der Typprüfung verhinderten jedoch bisher die Zulassung von Kesselanlagen in Deutschland. Im vorliegenden Beitrag wird daher die Herstellung von nicht-holzartigen, biogenen Prüfbrennstoffen demonstriert und die Prüfung einer Kesselanlage exemplarisch mit zwei Prüfbrennstoffen gemäß der vorgesehenen Brennstoffkategorien durchgeführt. Im Ergebnis konnte unter Typprüfbedingungen gezeigt werden, dass die Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV unter Berücksichtigung der genehmigungsspezifischen Vorgaben des LAI für den Betrieb mit den beiden Prüfbrennstoffen im Vollastbetrieb unterhalb von 100 kW eingehalten werden können.

Abstract

With the amendment of the 1st ordinance of the German emission control act (1. BImSchV) in 2010 and the recommendations of the federal committee for air pollution control from 2017, regulations for the approval and operation of small-scale biomass boilers operated with regular fuels according to §3 para. 1 no. 8 were established. These regular fuels include in particular cereal straw as well as cereal grains and landscape conservation material such as hay. However, the lack of suitable test fuels and uncertainties regarding their performance during type testing have so far prevented the approval of biomass boilers in Germany. Therefore, the production of non-woody biogenic test fuels was demonstrated and the testing of a small-scale biomass boiler was performed with two test fuels. As a result, considering the regulatory criteria, it could be shown under type test conditions that the emission thresholds of the 1. BImSchV can be met for the operation with both test fuels.

1. Hintergrund

Zur Erreichung übergordneter Klimaschutzziele und um das Potenzial nachwachsender Rohstoffe auch im Bereich der energetischen Wärmenutzung zu entwickeln, wurde vom Gesetzgeber bei der Novellierung der 1. BImSchV unter §3 Abs. 1 die Regelbrennstoffgruppe Nr. 8 konkretisiert [1]. In diese Gruppe fallen insbesondere Getreidestroh sowie Getreideausputz und Landschaftspflegematerial wie Heu. Es ist zu erwarten, dass Brennstoffe dieser Gruppe deutlich problematischere Verbrennungseigenschaften aufweisen als Stammholz und bei Verwendung einer nicht ausreichend angepassten Verbrennungstechnologie erhebliche Emissionen entstehen können. Demnach sind Kesselanlagen mit der Novellierung der 1. BImSchV im Jahr 2010 weitergehende Regelungen für die Zulassung und den Betrieb dieser Kesselanlagen mit einer Nennwärmeleistung < 100 kW in der Verordnung integriert [1], die sich im Nachgang als bis jetzt unbewindliche Hürden dargestellt haben:

- Die erste Hürde ist die unzureichende Definition der Kriterien für Prüfbrennstoffe. Die DIN EN 303-5 verlangt lediglich, dass die Brennstoffe für die Typprüfung den Anforderungen der Norm DIN EN ISO 17225-6 für feste Biobrennstoffe entsprechen [2,3]. Diese legt nur Obergrenzen für die Brennstoffeigenschaften fest, was wiederum die Gefahr birgt, dass für die Typprüfung Brennstoffe mit deutlich besseren Brennstoffeigenschaften verwendet werden könnten als nicht-holzartige Biomassen typischerweise aufweisen. Würden solche Brennstoffe mit besseren Verbrennungs- und Emissionseigenschaften eingesetzt, könnte das Ziel einer genehmigungsrechtlich verlässlichen Typprüfung nach DIN EN 303-5 unterlaufen werden, da mit diesen Brennstoffen eben nicht der Nachweis erbracht werden kann, dass beim Regelbetrieb von Feuerungsanlagen mit nicht-holzartigen Brennstoffen der Regelbrennstoffgruppe Nr. 8 die geforderten Emissionsgrenzwerte eingehalten werden.

Hintergrund

Laubpotenziale



- Oktober bis Dezember – Parklaub
- sehr geringen Biogasertrag beider Sortimente (Ligningehalt hoch)
- Sortimente meist in minderwertige Nutzung (Kompostierung)
- Jährlich anfallende Laubmengen:

Größe	Stadt	Menge [kt]
	Berlin	~ 70
	Hamburg	~ 20
	Kassel	~ 1

Quelle: https://www.energetische-biomassennutzung.de/fileadmin/Steckbriefe/dokumente/03KB111_Endbericht_SET-Laub.pdf

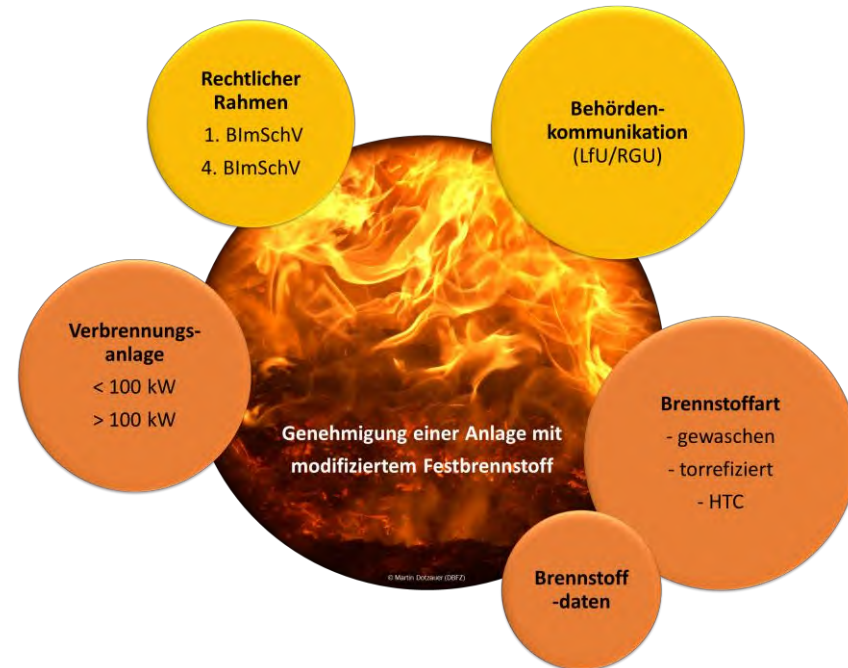
- Durchschnittliche Laubmengen: 7,49 kg pro EW und Jahr bzw. 14,88 t Laub pro km² Siedlungsfläche und Jahr. Standardabw: 5,19 kg pro EW bzw. 16,35 t/km²)
- Richtwert: ca. 620 000 t/a bez. auf EW

Hintergrund

MoBiFuels Projekt



- **Titel:** MoBiFuels - Analyse und Beseitigung von Markthemmnissen von technisch modifizierten Bioenergieträgern
- **Laufzeit:** 01.11.2018 – 30.04.2023
- **Partner:** A.P. Bioenergietechnik, Florafuel, DBFZ
- **Ziele** u.a.:
 - Demonstration und Zulassung einer 1. BImSchV-Anlage, die mit einem Brennstoff gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV betrieben werden kann (einjähriges Messprogramm)
 - Erstellung Praxisleitfadens und Handlungsempfehlungen zur Genehmigungsfähigkeit



Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



1. Für den Brennstoff müssen genormte Qualitätsanforderungen vorliegen.

- Einhaltung der Anforderungen DIN EN ISO 17225-6
- Einsatzstoffe:
 - Pflanzen aus landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben, die keiner weiteren als der zur Ernte und zur Brennstoffbereitstellung notwendigen Aufbereitung oder Veränderung* unterzogen wurden.
 - Hölzer müssen aufgrund ihrer stofflichen Beschaffenheit mit den Hölzern aus der Forstwirtschaft vergleichbar sein, auch naturbelassenes Landschaftspflegeholz
 - Nebenprod. der Nahrungsmittel-, Wein-, Bier-, Ethanolherstellung



https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/230516-auslegungsfragen-vollzug-1-bimschv_1684245485.pdf

* Trocknung, Torrefizierung und Hydrothermale Carbonisierung, Zerkleinerung und Pelletierung sowie das Herauslösen von Schadstoffen mit Wasser

Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



2. Die Emissionsgrenzwerte nach Anlage 4 Nummer 2 müssen unter Prüfbedingungen eingehalten werden.

- Der beschaffte Brennstoff soll aus einer einzigen Charge stammen und darf keine günstigeren Eigenschaften aufweisen als der Brennstoff, für den die Zulassung angestrebt wird.
- Feuerungstechnische Prüfungen sind entsprechend der DIN EN 303-5 durchzuführen.
- Typprüfungen müssen von Stellen durchgeführt werden, die nach DIN EN ISO 17025 für die Prüfungen nach DIN EN 303-5 akkreditiert sind.



https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/230516-auslegungsfragen-vollzug-1-bimschv_1684245485.pdf

Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



3. Beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb dürfen keine höheren Emissionen an Dioxinen, Furanen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen als bei der Verbrennung von Holz auftreten; dies muss durch ein mindestens einjähriges Messprogramm am für den Einsatz vorgesehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden.

- Ausnahmegenehmigung nach § 22 der 1. BImSchV
- Betriebszeitraum mind. 7 Monate, Laufzeit mind. 1250 h (Volllast)
- Betrieb in Sommermonaten ist nicht nötig.
- Der beschaffte Brennstoff soll aus einer einzigen Charge stammen.
- Konstruktive Änderungen der Anlage oder Austausch von Baugruppen unzulässig. Zulässig: kleinere Reparaturen.
- Leitsubstanz für Bewertung der PAK-Emissionen: Benzo(a)pyren.
- PCDD/PCDF: 0,1 ng/m³, B(a)P: 0,01 mg/m³ (13 Vol.-% O₂)



https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/230516-auslegungsfragen-vollzug-1-bimschv_1684245485.pdf

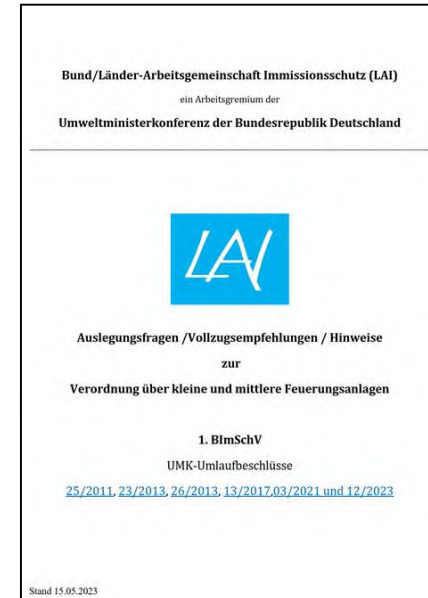
Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



4. Beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb müssen die Anforderungen nach § 5 Absatz 1 eingehalten werden können; dies muss durch ein mindestens einjähriges Messprogramm am für den Einsatz vorge-sehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden.

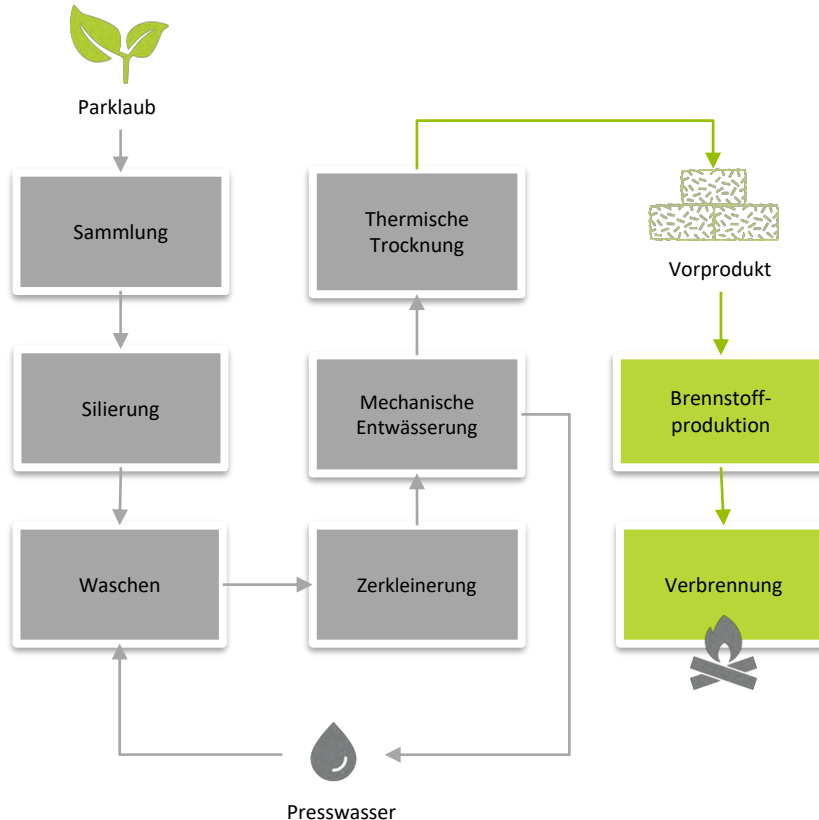
- Mit PCDD/PCDF- sowie der B(a)P-Emissionen erfolgt Bestimmung der Staub- und CO-Emissionen in drei Einzelmessungen.
- Die Anforderungen gelten als eingehalten, wenn die Grenzwerte bei allen Messungen eingehalten werden. Die Messunsicherheit ist zugunsten des Betreibers zu berücksichtigen.
 - CO: 0,4 g/m³
 - Staub 0,02 g/m³



https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/230516-auslegungsfragen-vollzug-1-bimschv_1684245485.pdf

Brennstoffherstellung

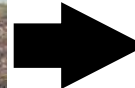
Prozessablauf



- Sammlung Parklaub per Hand, mit Rechen und Schaufel, mit Laubgebläse, Laubsauger sowie Rundballenpresse im Raum München
- Durch den Waschprozess konnte die Beendigung der Abfalleigenschaft erreicht werden

Brennstoffherstellung

Prozessablauf



Parklaub zerkleinern + waschen + homogenisieren + pelletieren = Laubholzpellet

Entwicklung des Verfahrens => 10 Jahre Forschungsarbeit

(“Adam, Roman, et al. "Systematic homogenization of heterogenous biomass batches–Industrial-scale production of solid biofuels in two case studies." Biomass and Bioenergy 173 (2023): 106808, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808>”)

→ Abfall wird zu homogenen, normkonformen Brennstoff aus 55% Parklaub und 45% Holz

→ Brennstoffcharge über 50 t

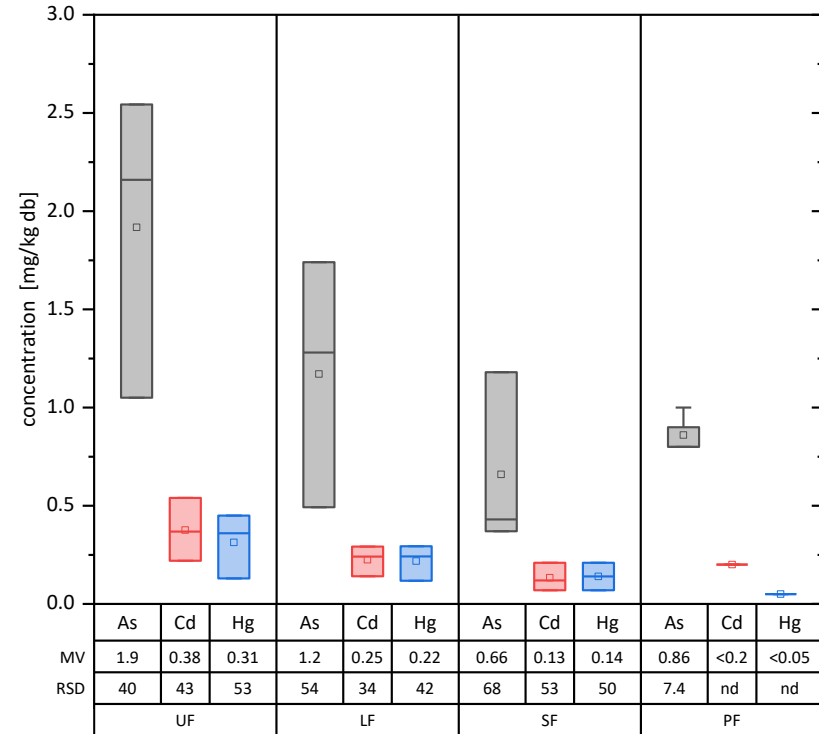
Brennstoffherstellung

Eigenschaften des Prüfbrennstoffes



Fuel parameter		Fuel product (foliage/sawdust pellets)				
Parameter	Unit	ISO 17225-6		PF (MV)	PF (RSD)	Δ_{total} (%)
		Class A	Class B			
Moisture	w-% ar	≤ 12	≤ 15	11	13	-84
Ash	w-% db	≤ 6	≤ 10	8.6	7.5	-73
Mechanical Durability	w-% ar	≥ 97.5	≥ 96.0	97	0.81	-
Fines	w-% ar	≤ 2.0	≤ 3.0	1.0	86	-
Net calorific value	MJ/kg ar	≥ 14.5	≥ 14.5	16	1.0	-
Bulk density	w-% ar	≥ 600	≥ 550	730	3.3	-
C	w-% db	-	-	49	1.1	12
H	w-% db	-	-	5.4	1.7	16
N	w-% db	≤ 1.5	≤ 2.0	0.77	8.2	-60
S	w-% db	≤ 0.20	≤ 0.30	0.10	22	-71
Cl	w-% db	≤ 0.10	≤ 0.30	0.02	63	-73
K	mg/kg db	-	-	1700	16	-66
As	mg/kg db	≤ 1	≤ 1.0	0.86	7.4	-55
Cd	mg/kg db	≤ 0.5	≤ 0.5	<0.2	nd	-47
Cr	mg/kg db	≤ 50	≤ 50	7.4	15	-63
Cu	mg/kg db	≤ 20	≤ 20	20	28	-68
Pb	mg/kg db	≤ 10	≤ 10	3.4	16	-74
Hg	mg/kg db	≤ 0.1	≤ 0.1	<0.05	nd	-84
Ni	mg/kg db	≤ 10	≤ 10	2.8	30	-59
Zn	mg/kg db	≤ 100	≤ 100	77	24	-57

c) Quelle: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808>



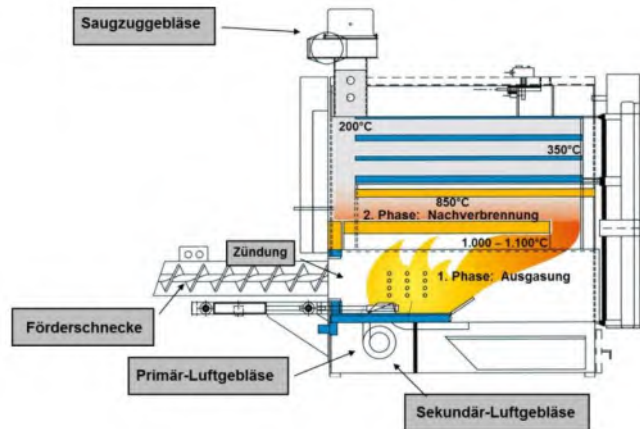
untreated foliage (UF), leached foliage (LF), foliage with sawdust (SF) and the pelleted foliage (PF)

Jährliches Messprogramm

Eingesetzte Anlagentechnik



- Ausnahmezulassung am 12.08.2020 erteilt
- Typprüfung: 23.11. bis 25.11.23 (wurde am Betriebsort durchgeführt!)
- Jährliches Messprogramm im Zeitraum 01.02.22 bis 31.01.23 (Sommerpause: 09.04.2022 – 04.11.2022)
- Ökotherm Compact C1L, max. 100 kW_{FWL} (Unterschreitung Genehmigungspflicht!)
- Gewebefilter Hellmich HET-B 500-10



Jährliches Messprogramm

Ergebnisse Typprüfung nach EN 303-5



	Grenzwert	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
Emissionsparameter	[mg/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]			
Kohlenstoffmonoxid (CO)	250	16	17	15
Stickstoff (NO _x)	500	238	249	246
Gesamtstaub	20	1,7	1,3	1,2
Direkter Kesselwirkungsgrad [%]	-	87,2	85,4	86,8
	[ng WHO-TEQ/m _N ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
PCDD/F*	0,1	0,002	0,002	0,001

*Bei Berechnung des TEQ-Wertes werden gemäß LAI-Vollzugsempfehlung zur 1. BImSchV vom 23.06.2017 nicht quantifizierbare Kongenere unterhalb der Bestimmungsgrenze nicht berücksichtigt.

✓ Einhaltung der Emissionsgrenzwerte bei der Typprüfung

Emissionen CO und Gesamtstaub



Emissionsparameter	Grenzwert	Vollast 1	Vollast 2	Vollast 3
	[g/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]			
1. Messung				
Gesamtstaub	0,02	0,004	0,02	0,01
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,02	0,2	0,03

Emissionen PCDD/F + PCB und B(a)P



	PCDD/F		
	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
	[ng WHO-TEQ/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]		
1. Messung	0,01	0,002	0,002
2. Messung	0,004	0,01	0,004
3. Messung	0,01	0,01	0,01
4. Messung	0,005	0,003	0,002

* Bestimmungsgrenze

Emissionsgrenzwert PCDD/F: 0,1 ng WHO-TEQ/m_N³ i. tr., 13 Vol.-% O₂

Emissionsgrenzwert B(a)P: 0,01 mg/m_N³ i. tr., 13 Vol.-% O₂

✓ Einhaltung Emissionsgrenzwerte PCDD/F + PCB und B(a)P

Praxisleitfaden & Handlungsempfehlungen



Zertifizierung von Brennstoffen



Brennstoffhersteller

Idee

- Ich habe einen Brennstoff, den ich nach § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV genehmigen lassen möchte
- Dieser erfüllt die Anforderungen der [Brennstoffverordnung \(BtV\) 2022-6](#)
- Es handelt sich nicht um [Abfall](#)
- Einsatzstoff ist im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#) gelistet

1

Mehr Informationen zum Projekt MoBiFuels?



Scan to Click

Vorbereitung

- Kontaktaufnahme mit dem Anlagenhersteller für die Begleitung des Genehmigungsverfahrens in Form von Typprüfung, z. B., Feuerungsraumabmessung von 9 999
- Gespräch mit der zuständigen unteren Immissionsschutzbehörde
- Ist meine Brennstoffherstellungsanlage eine immissionsschutzrechtliche Anlage im Sinne von [§ 8 des Anhangs der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen \(1. BImSchV\)](#) und wenn ja, liegt eine solche Genehmigung vor?
- Brennstoffanalyse von akkreditiertem Labor zum Nachweis der normativen Anforderungen der [BtV](#)
- Ergebnisse von ersten Verbrennungstests ausweisen, um die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach [§ 5 \(1\) der 1. BImSchV](#) entsprechend zu bestätigen
- Auswahl einer Kofeuerungsanlage (Prüfanlage), die für ca. 1,5 t/h und für mind. 1200 Vollaststunden im Betriebszustand vorübergehend steht
- Für die Genehmigung des Brennstoffs muss zusätzlich eine Ausnahmeerlaubnis von der unteren Immissionsschutzbehörde nach [§ 4 Abs. 1 BImSchV](#) vorliegen
- Zusätzliche Unterlagen zur Einhaltung anderer Anforderungen aus dem [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 4 f.\)](#)

2

Messkonzept erstellen

Das Messkonzept umfasst eine Übersicht der genehmigungsrechtlichen Problemstellung, eine detaillierte Auflistung der Brennstoffherstellung, eines Probenahmeplans und detaillierter Pläne zur Typprüfung und dem Messprogramm.

- Verfahrensbeschreibung der Brennstoffherstellung
- Einschätzung zur Abfallfahrigkeit des Brennstoffs (darf nicht als Abfall eingestuft sein)
- Brennstoffmenge, -qualität, -herkunft und -lagerung nachweisen, Herstellung in einer Charge, die für den gesamten Messraum ausreicht ist
- Technische Angaben und Unterlagen zur Feuerungsanlage
- Identifizierung der Verbrennungsanlage und Reparatur/Austauschmöglichkeiten
- Typprüfung der Anlage nach [§ 10 \(1\) Abs. 3 BtV](#), beim Anlagenhersteller (Leistungslösungen bei Baureihen- oder Teillastfähiger Prüfung)
- Einhaltung der Feuerungsraumabmessung der Anlage - Nennmessgeräteeinstellen
- Kontinuierliche Erfassung des Betriebs- & Leistungsstandes der Anlage
- Erforderlichkeit einer Regenmessung angeben
- Nennung einer notifizierten Messstelle nach [§ 20 BImSchV](#) für Typprüfung und des Messprogramms inkl. PCDO/F Messungen
- Im Zeitplan des einjährigen Messprogramms liegen zwei Heizperioden
- Kosten für das Verfahren abg. vor der Anlage sind ca. 1.000 € für Ausnahmeerlaubnis zzgl. Kosten für die notifizierte Messstelle ca. 100.000 €

3

Ausnahmegenehmigung beantragen

- Vorbereitung des Antrags zur Ausnahmeerlaubnis (durch den Anlagenbetreiber) - formloser Antrag in dem das Vorhaben beschrieben wird
- CD Bescheid, das keine schädlichen Umweltwirkungen erwarten werden
- Ca. 1-jährige Bearbeitungszeit einplanen

4

Kurz vor Start der Messungen

- Überprüfung über Beginn und Ende der Messungen bei der Immissionsschutzbehörde
- Brennstoffnachweis über Menge und Qualität vor Start des Probennehmens
- Einhaltung geeigneter Gesamtwert/PCDO Werte nach Einsatz der Probennehmer durch Betriebsanweisungen oder unabhängige Messstelle (bei erster Messung)
- Einhaltung der [Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV](#)
 - Gesamtsaub (0,02 g/m³)
 - CO (0,5 g/m³)
 - PCDO/PCDF (0,1 mg/m³ (massenäquivalent) und Benzoläpyren (0,01 mg/m³))
- Die Emissionswerte beziehen sich auf den Normzustand (273 K, 1013 hPa) des trockenen Abgases und 0 vol-% O₂.

5

Während des Messprogramms

- Der Immissionsschutzbehörde die Messreihe eine Woche im Voraus mitteilen. Die Teilnahme an den Messungen ermöglichen
- Messberichte vorlegen, nach Abschluss Messreihe in Form eines zusammenfassenden Gesamtbereichs Berichts
- Berichtsvorlage im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#)
- Betriebsstagebuch führen (Betriebsstunden, vollere Betriebsstunden, Leistung, Reinigung, Störungen, Überwachungen, Brennstoffverbrauch, Normale Staubabscheider etc.)

6



Zertifizierung von Brennstoffen



Genehmigungsbehörden

1

Ein Brennstoffhersteller oder Anlagenbetreiber möchte einen Brennstoff § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV zulassen

- Erfüllt dieser die Anforderungen der Brennstoffnorm [ISO 17225-6](#)
- Einsatzstoff ist im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#) gelistet
- Prüfung auf Umweltverträglichkeit anhand der Laborberichte
- Abfrage eines Probenahmeplans für die Brennstoffherstellung
- Vorbereitung Bearbeitung Antrag zur Ausnahmeerlaubnis

Mehr Informationen zum Projekt MoBiFuels?

Scan to Click



2

Zu übermittelnde Daten für die Ausnahmegenehmigung

- Angefordertes Messkonzept beifügen
- Verfahrensbeschreibung der Brennstoffherstellung
- Einschätzung zur Abfallfahrigkeit des Brennstoffs (darf nicht als [Abfall](#) eingestuft sein)
- Ist die Brennstoffherstellungsanlage eine immissionsschutzrechtliche Anlage im Sinne von [Nr. 8 des Anhangs der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen \(1. BImSchV\)](#) und wenn ja, liegt eine solche Genehmigung vor?
- Brennstoffanalyse von akkreditiertem Labor zum Nachweis der normativen Anforderungen der [ISO 17225-6](#)
- Einhaltung der exemplarischen Emissionsgrenzwerte nach [§ 5 \(1\) der 1. BImSchV](#)
- Brennstoffmenge, -qualität, -herkunft und -lagerung nachweisen - Herstellung in einer Charge, die für den gesamten Messraum ausreicht ist
- Probenahmeplan bei der Brennstoffherstellung
- Technische Angaben und Unterlagen zur Feuerungsanlage
- Bauteilliste der Verbrennungsanlage und Reparatur/Austauschmöglichkeiten
- Typprüfung der Anlage nach [§ 10 \(1\) Abs. 3 BtV](#) beim Anlagenhersteller (Leistungslösungen bei Baureihen- und Teillastfähiger Prüfung) Feuerungsraumabmessung der Anlage - ist ein Wärmemengenzähler installiert? Feuerungsraumabmessung der Anlage - ist ein Wärmemengenzähler installiert?
- Kontinuierliche Erfassung des Betriebs- und Leistungsstandes der Anlage
- Erforderlichkeit einer Regenmessung angeben
- Im Zeitplan des einjährigen Messprogramms liegen zwei Heizperioden
- Einhaltung der [Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV](#)
 - Gesamtsaub (0,02 g/m³)
 - CO (0,5 g/m³)
 - PCDO/PCDF (0,1 mg/m³ TE) und Benzoläpyren (0,01 mg/m³)
- Die Emissionswerte beziehen sich auf den Normzustand (273 K, 1013 hPa) des trockenen Abgases und 13 vol-% O₂.
- Nennung notifizierter Messstelle nach [§ 20 BImSchV](#) für Typprüfung, das Messprogramm inkl. PCDO/F Messungen
- Abgleich der Vorgaben des [LAI Dokuments \(03/2022\)](#) mit dem Brennstoffherstellungsverfahren, der Typprüfung und des Messprogramms in tabellarischer Form (bei Verwendung der Vorlage vom DBFZ schon Teil des Messkonzepts)

3

Ausnahmegenehmigung erteilen

4

Nach Erteilung der Ausnahmegenehmigung

- Messprotokolle bewerten
- ggf. Teilnahme bei Messtermin



5

Prüfung Abschlussbericht

- zusammenfassender Gesamtbereich mit allen Messberichten
- Berichtsvorlage im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#)



Leitfaden für Brennstoffhersteller:innen

Leitfaden für Behörden

<https://www.energetische-biomassennutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/MoBiFuels-587>

Brennstoffherstellung:

- Potential für Laubaufbereitung in jeder größeren Stadt vorhanden
- Beendigung der Abfalleigenschaft für Parklaub ist durch geeignete Sammlung und Aufbereitung möglich
- Waschen, Pressen und Mischen homogenisiert den Brennstoff und reduziert ca. 2/3 aller verbrennungskritischen Elemente & Schwermetalle
- Zur sicheren Einhaltung der Anforderungen nach ISO 17225-6 sind ggf. Brennstoffmischungen notwendig
- Brennstoffherstellung und Qualitätssicherung sind sehr aufwendig

Brennstoffzulassung:

- Einhaltung Emissionsgrenzwerte PCDD/F + PCB und B(a)P und Gesamtstaub durch Wahl geeigneter Feuerungstechnik und Einsatz von Gewebefiltern möglich

Genehmigungsunterlagen werden aktuell vom Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadtverwaltung in Münchens geprüft.

Nach erfolgreicher Genehmigung wird die Zulassung anderer Brennstoffe gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV zukünftig erheblich erleichtert!



Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Kontakt:

Dr.-Ing. Thomas Zeng
Leiter Arbeitsgruppe „Innovative
Festbrennstoffe“

Tel.: +49 (0)341 2434-542

E-Mail: thomas.zeng@dbfz.de

**DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

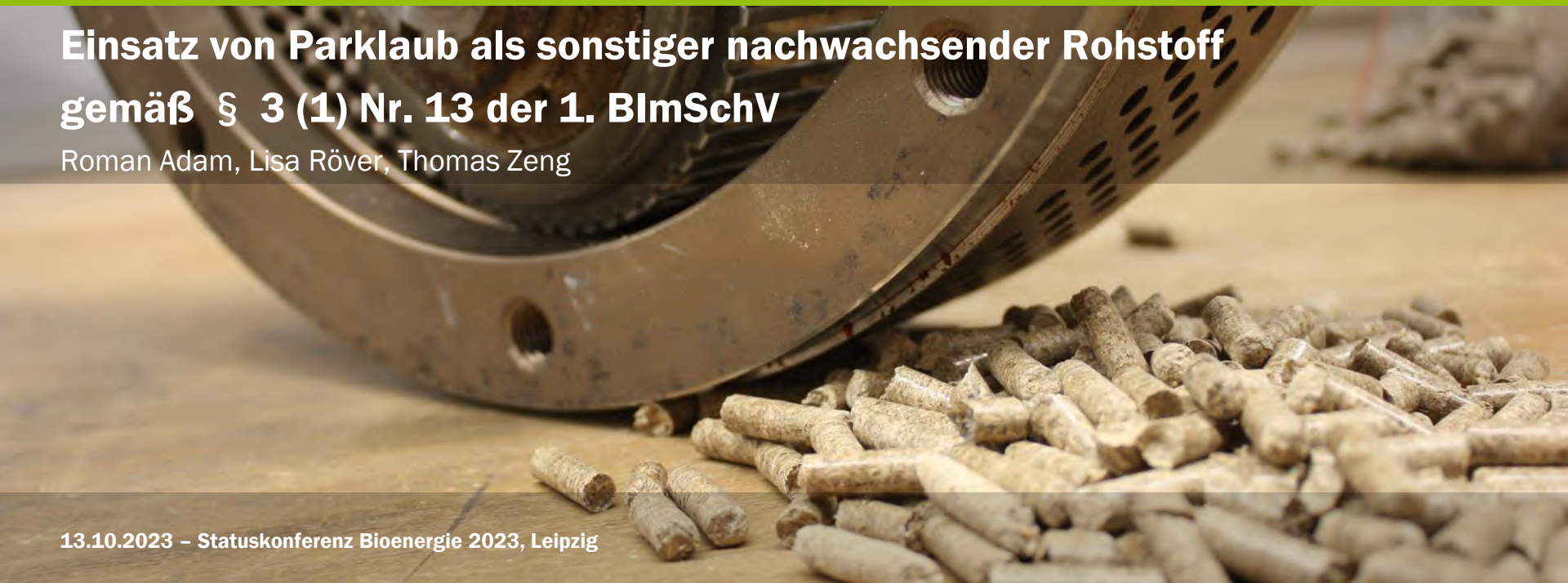
E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de

Thermo-chemische Konversion

**Einsatz von Parklaub als sonstiger nachwachsender Rohstoff
gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV**

Roman Adam, Lisa Röver, Thomas Zeng



Hintergrund

Erstmalige Zulassung Kessel für Nr. 8 Brennstoffe

Erfolgreiche Demonstration des Nr. 8 Prüfbrennstoffkonzeptes

1. Entwicklung nicht-holzartiger Prüfbrennstoffe:

- Brennstoffgruppe A – Strohpellets mit Weizennachmehl und KCl
- Brennstoffgruppe B – Getreidekörner mit KCl

2. Prüfbrennstoffeinsatz:

- Kessel (Typ: ÖkoTherm Compact C1L, Hersteller A.P. Bioenergietechnik)
- Einhaltung der Grenzwerte der 1. BImSchV (CO, NOx und Gesamtstaub) unter Typprüfbedingungen (EN303-5)



Erfolgreiche Demonstration des Prüfbrennstoffkonzeptes zum Einsatz nicht-holzartiger Festbrennstoffe im Geltungsbereich der 1. BImSchV

Successful demonstration of the test fuel concept for the use of non-woody solid biofuels within the scope of the 1st BImSchV

Roman Adam, Thomas Zeng, Tobias Ulbricht, Claudia Kirsten, Philipp Schneider, Uli Dobler und Dr. Volker Lenz

M.Sc. LL.M.

Roman Adam
ist Doktorand an der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

Dipl.-Ing., Dipl.-Ing. (FH) Thomas Zeng
ist Leiter der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

M.Sc. Tobias Ulbricht
ist Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

Dipl.-Ing. Claudia Kirsten
ist leitende Laborantin der Arbeitsgruppe Innovative Festbrennstoffe im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ

M.Sc. Philipp Schneider
ist Forstungsleiter der Firma A.P. Bioenergietechnik GmbH

Dipl.-Wirtschaftsling Uli Dobler
ist Leiter Vertrieb und Marketing bei der A.P. Bioenergietechnik GmbH

Dr.-Ing. Volker Lenz
ist Leiter des Bereichs Thermo-chemische Konversion und Forstungsleiter für intelligente Biomassekonzepte am DBFZ

Zusammenfassung

Mit der Novellierung der 1. BImSchV im Jahr 2010 und der Vollzugsempfehlung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) aus dem Jahr 2017 wurden Regelungen für die Zulassung und den Betrieb von Kesselanlagen festgelegt, die mit Regelbrennstoffen des §3 Abs. 1 Nr. 8 betrieben werden. In diese Gruppe fallen insbesondere Getreidestroh sowie Getreideausputz und Landschaftspflegematerial wie z. B. Heu. Der Mangel an geeigneten Prüfbrennstoffen und Unsicherheiten bezüglich ihres verbrennungstechnischen Verhaltens bei der Typprüfung verhinderten jedoch bisher die Zulassung von Kesselanlagen in Deutschland. Im vorliegenden Beitrag wird daher die Herstellung von nicht-holzartigen, biogenen Prüfbrennstoffen demonstriert und die Prüfung einer Kesselanlage exemplarisch mit zwei Prüfbrennstoffen gemäß der vorgesehenen Brennstoffkategorien durchgeführt. Im Ergebnis konnte unter Typprüfbedingungen gezeigt werden, dass die Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV unter Berücksichtigung der genehmigungsspezifischen Vorgaben des LAI für den Betrieb mit den beiden Prüfbrennstoffen im Vollastbetrieb unterhalb von 100 kW eingehalten werden können.

Abstract

With the amendment of the 1st ordinance of the German emission control act (1. BImSchV) in 2010 and the recommendations of the federal committee for air pollution control from 2017, regulations for the approval and operation of small-scale biomass boilers operated with regular fuels according to §3 para. 1 no. 8 were established. These regular fuels include in particular cereal straw as well as cereal grains and landscape conservation material such as hay. However, the lack of suitable test fuels and uncertainties regarding their performance during type testing have so far prevented the approval of biomass boilers in Germany. Therefore, the production of non-woody biogenic test fuels was demonstrated and the testing of a small-scale biomass boiler was performed with two test fuels. As a result, considering the regulatory criteria, it could be shown under type test conditions that the emission thresholds of the 1. BImSchV can be met for the operation with both test fuels.

1. Hintergrund

Zur Erreichung übergordneter Klimaschutzziele und um das Potenzial nachwachsender Rohstoffe auch im Bereich der energetischen Wärmenutzung zu entwickeln, wurde vom Gesetzgeber bei der Novellierung der 1. BImSchV unter §3 Abs. 1 die Regelbrennstoffgruppe Nr. 8 konkretisiert [1]. In diese Gruppe fallen insbesondere Getreidestroh sowie Getreideausputz und Landschaftspflegematerial wie Heu. Es ist zu erwarten, dass Brennstoffe dieser Gruppe deutlich problematischere Verbrennungseigenschaften aufweisen als Stammholz und bei Verwendung einer nicht ausreichend angepassten Verbrennungstechnologie erhebliche Emissionen entstehen können. Demnach sind Kesselanlagen mit dieser Brennstoffgruppe im Jahr 2010 weitergehende Regelungen für die Zulassung und den Betrieb dieser Kesselanlagen mit einer Nennwärmeleistung < 100 kW in die Verordnung integriert [1], die sich im Nachgang als bis jetzt unbewindliche Hürden dargestellt haben:

- Die erste Hürde ist die unzureichende Definition der Kriterien für Prüfbrennstoffe. Die DIN EN 303-5 verlangt lediglich, dass die Brennstoffe für die Typprüfung den Anforderungen der Norm DIN EN ISO 17225-6 für feste Biobrennstoffe entsprechen [2,3]. Diese legt nur Obergrenzen für die Brennstoffeigenschaften fest, was wiederum die Gefahr birgt, dass für die Typprüfung Brennstoffe mit deutlich besseren Brennstoffeigenschaften verwendet werden könnten als nicht-holzartige Biomassen typischerweise aufweisen. Würden solche Brennstoffe mit besseren Verbrennungs- und Emissionseigenschaften eingesetzt, könnte das Ziel einer genehmigungsrechtlich verlässlichen Typprüfung nach DIN EN 303-5 unterlaufen werden, da mit diesen Brennstoffen eben nicht der Nachweis erbracht werden kann, dass beim Regelbetrieb von Feuerungsanlagen mit nicht-holzartigen Brennstoffen der Regelbrennstoffgruppe Nr. 8 die geforderten Emissionsgrenzwerte eingehalten werden.

Hintergrund

Laubpotenziale

- Oktober bis Dezember – Parklaub
- sehr geringer Biogasertrag (Ligningehalt hoch)
- Sortiment meist in minderwertige Nutzung (Kompostierung)
- Jährlich anfallende Laubmengen:

Größe	Stadt	Menge [kt]
	Berlin	~ 70
	Hamburg	~ 20
	Kassel	~ 1

Quelle: https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/Steckbriefe/dokumente/03KB111_Endbericht_SET-Laub.pdf

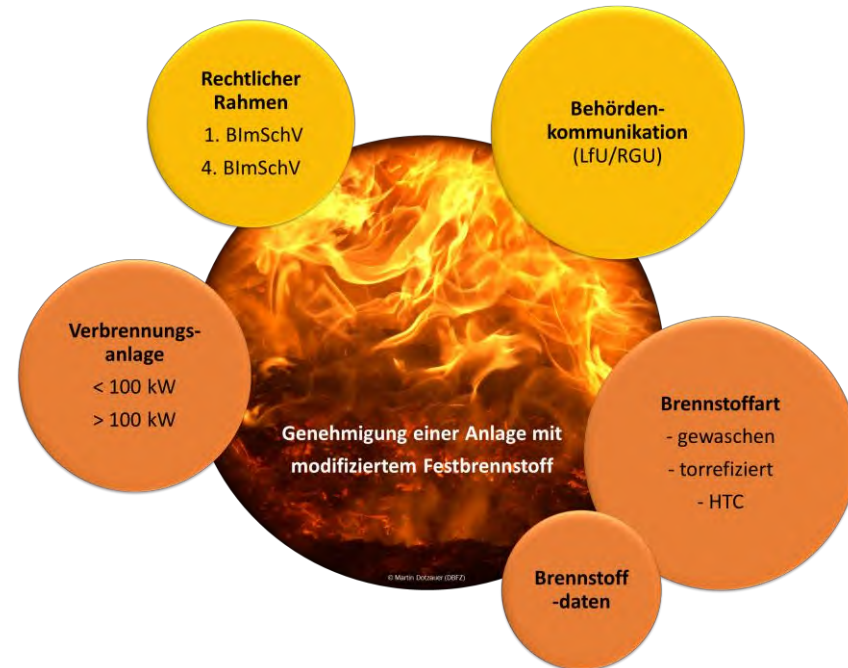
- Durchschnittliche Laubmengen: 7,49 kg pro EW und Jahr bzw. 14,88 t Laub pro km² Siedlungsfläche und Jahr. Standardabw: 5,19 kg pro EW bzw. 16,35 t/km²)
- Richtwert: ca. 620 000 t/a bez. auf EW

Hintergrund

MoBiFuels Projekt



- **Titel:** MoBiFuels - Analyse und Beseitigung von Markthemmnissen von technisch modifizierten Bioenergieträgern
- **Laufzeit:** 01.11.2018 – 30.04.2023
- **Partner:** A.P. Bioenergietechnik, Florafuel, DBFZ
- **Ziele** u.a.:
 - Demonstration und Zulassung einer 1. BImSchV-Anlage, die mit einem Brennstoff gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV betrieben werden kann (einjähriges Messprogramm)
 - Erstellung Praxisleitfadens und Handlungsempfehlungen zur Genehmigungsfähigkeit



<https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/MoBiFuels-587>

Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



1. Für den Brennstoff müssen genormte Qualitätsanforderungen vorliegen.

- Einhaltung der Anforderungen DIN EN ISO 17225-6
- Einsatzstoffe:
 - Pflanzen aus landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben, die keiner weiteren als der zur Ernte und zur Brennstoffbereitstellung notwendigen Aufbereitung oder Veränderung* unterzogen wurden.
 - Hölzer müssen aufgrund ihrer stofflichen Beschaffenheit mit den Hölzern aus der Forstwirtschaft vergleichbar sein, auch naturbelassenes Landschaftspflegeholz
 - Nebenprod. der Nahrungsmittel-, Wein-, Bier-, Ethanolherstellung



https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/230516-auslegungsfragen-vollzug-1-bimschv_1684245485.pdf

* Trocknung, Torrefizierung und Hydrothermale Carbonisierung, Zerkleinerung und Pelletierung sowie das Herauslösen von Schadstoffen mit Wasser

Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



2. Die Emissionsgrenzwerte nach Anlage 4 Nummer 2 müssen unter Prüfbedingungen eingehalten werden.

- Der beschaffte Brennstoff soll aus einer einzigen Charge stammen und darf keine günstigeren Eigenschaften aufweisen als der Brennstoff, für den die Zulassung angestrebt wird.
- Feuerungstechnische Prüfungen sind entsprechend der DIN EN 303-5 durchzuführen.
- Typprüfungen müssen von Stellen durchgeführt werden, die nach DIN EN ISO 17025 für die Prüfungen nach DIN EN 303-5 akkreditiert sind.



https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/230516-auslegungsfragen-vollzug-1-bimschv_1684245485.pdf

Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



3. Beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb dürfen keine höheren Emissionen an Dioxinen, Furanen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen als bei der Verbrennung von Holz auftreten; dies muss durch ein mindestens einjähriges Messprogramm am für den Einsatz vorgesehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden.

- Ausnahmegenehmigung nach § 22 der 1. BImSchV
- Betriebszeitraum mind. 7 Monate, Laufzeit mind. 1250 h (Volllast)
- Betrieb in Sommermonaten ist nicht nötig.
- Der beschaffte Brennstoff soll aus einer einzigen Charge stammen.
- Konstruktive Änderungen der Anlage oder Austausch von Baugruppen unzulässig. Zulässig: kleinere Reparaturen.
- Leitsubstanz für Bewertung der PAK-Emissionen: Benzo(a)pyren.
- PCDD/PCDF: 0,1 ng/m³, B(a)P: 0,01 mg/m³ (13 Vol.-% O₂)



https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/230516-auslegungsfragen-vollzug-1-bimschv_1684245485.pdf

Hintergrund

Anforderungen nach § 3 Absatz 5 der 1. BImSchV für den Einsatz von Parklaub



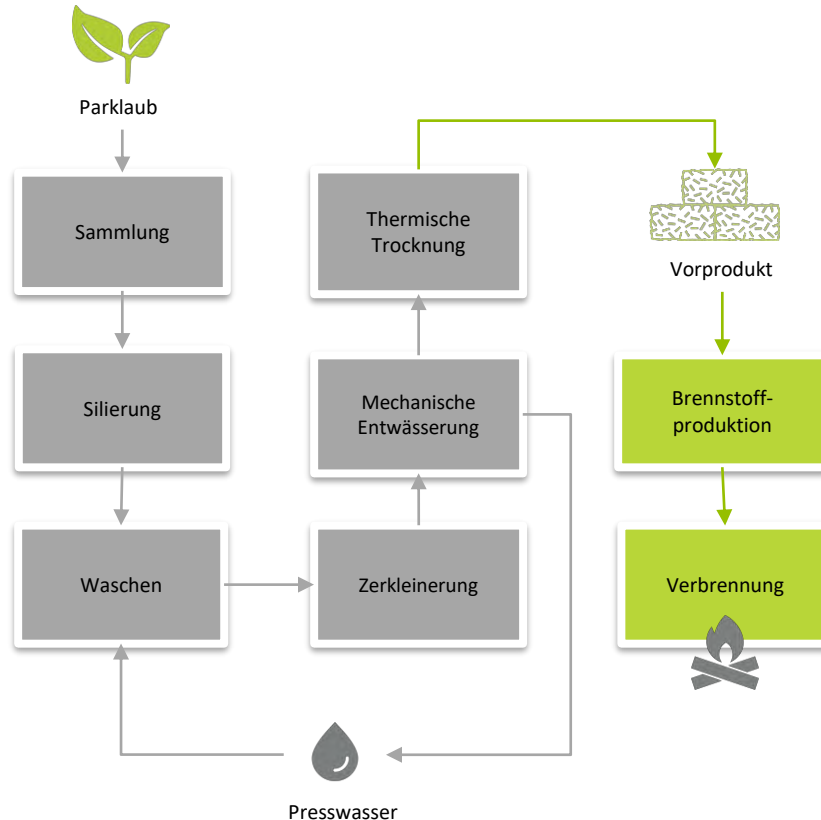
4. Beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb müssen die Anforderungen nach § 5 Absatz 1 eingehalten werden können; dies muss durch ein mindestens einjähriges Messprogramm am für den Einsatz vorge-sehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden.

- Mit PCDD/PCDF- sowie der B(a)P-Emissionen erfolgt Bestimmung der Staub- und CO-Emissionen in drei Einzelmessungen.
- Die Anforderungen gelten als eingehalten, wenn die Grenzwerte bei allen Messungen eingehalten werden. Die Messunsicherheit ist zugunsten des Betreibers zu berücksichtigen.
 - CO: 0,4 g/m³
 - Staub 0,02 g/m³



Brennstoffherstellung

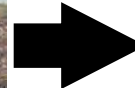
Prozessablauf



- Beendigung der Abfalleigenschaft für Parklaub durch Waschen

Brennstoffherstellung

Normkonformen Brennstoff aus Abfall



Parklaub zerkleinern + waschen + homogenisieren + pelletieren = Laubholzpellet

Entwicklung des Verfahrens = 10 Jahre Forschungsarbeit

(“Adam, Roman, et al. "Systematic homogenization of heterogenous biomass batches–Industrial-scale production of solid biofuels in two case studies." *Biomass and Bioenergy* 173 (2023): 106808, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808>”)

→ Abfall wird homogener, normkonformer Brennstoff

→ Brennstoffcharge über 50 t

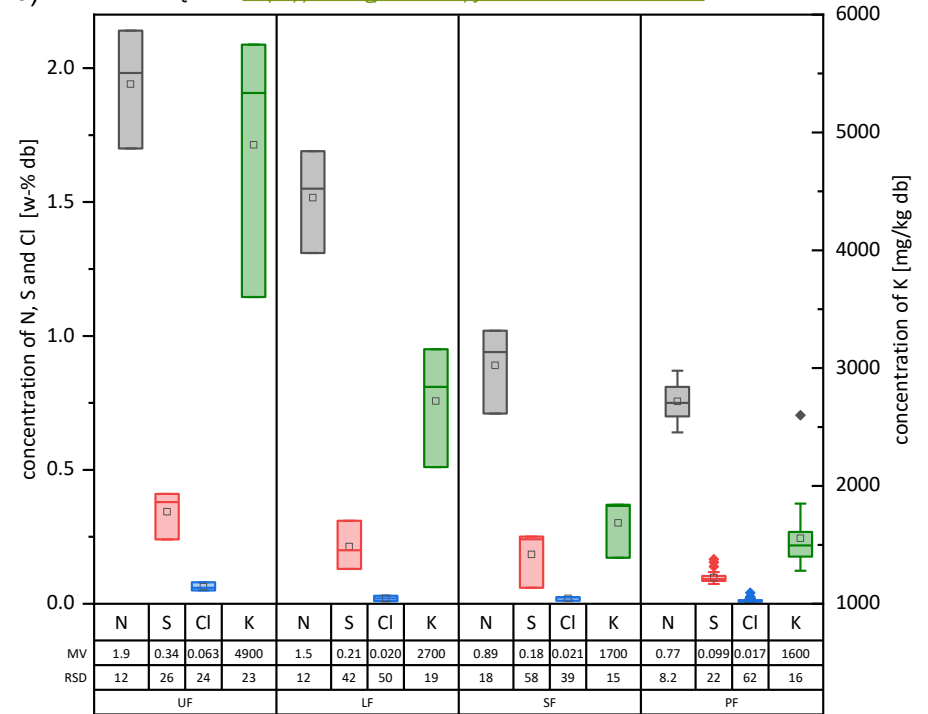
Brennstoffherstellung

Eigenschaften des Prüfbrennstoffes



Fuel parameter	ISO 17225-6	Fuel product				
		(foliage/sawdust pellets)				
Parameter	Unit	Class A	Class B	PF (MV)	PF (RSD)	Δ_{total} (%)
Moisture	w-% ar	≤ 12	≤ 15	11	13	-84
Ash	w-% db	≤ 6	≤ 10	8.6	7.5	-73
Mechanical Durability	w-% ar	≥ 97.5	≥ 96.0	97	0.81	-
Fines	w-% ar	≤ 2.0	≤ 3.0	1.0	86	-
Net calorific value	MJ/kg ar	≥ 14.5	≥ 14.5	16	1.0	-
Bulk density	w-% ar	≥ 600	≥ 550	730	3.3	-
C	w-% db	-	-	49	1.1	12
H	w-% db	-	-	5.4	1.7	16
N	w-% db	≤ 1.5	≤ 2.0	0.77	8.2	-60
S	w-% db	≤ 0.20	≤ 0.30	0.10	22	-71
Cl	w-% db	≤ 0.10	≤ 0.30	0.02	63	-73
K	mg/kg db	-	-	1700	16	-66
As	mg/kg db	≤ 1	≤ 1.0	0.86	7.4	-55
Cd	mg/kg db	≤ 0.5	≤ 0.5	<0.2	nd	-47
Cr	mg/kg db	≤ 50	≤ 50	7.4	15	-63
Cu	mg/kg db	≤ 20	≤ 20	20	28	-68
Pb	mg/kg db	≤ 10	≤ 10	3.4	16	-74
Hg	mg/kg db	≤ 0.1	≤ 0.1	<0.05	nd	-84
Ni	mg/kg db	≤ 10	≤ 10	2.8	30	-59
Zn	mg/kg db	≤ 100	≤ 100	77	24	-57

b) Quelle: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808>



untreated foliage (UF), leached foliage (LF), foliage with sawdust (SF) and the pelleted foliage (PF)

Brennstoffherstellung

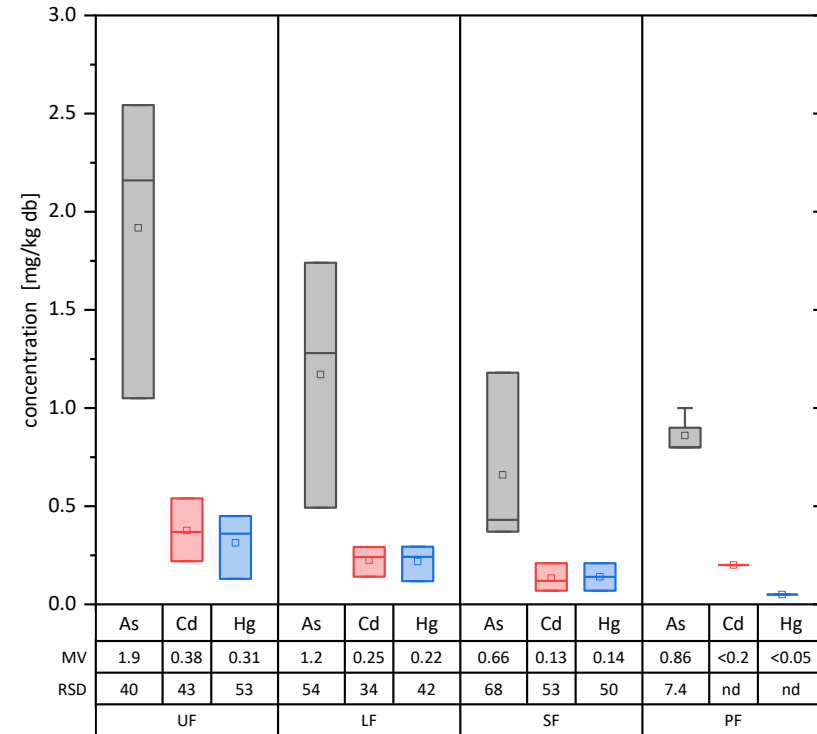
Eigenschaften des Prüfbrennstoffes



Fuel parameter		Fuel product (foliage/sawdust pellets)				
Parameter	Unit	ISO 17225-6		PF (MV)	PF (RSD)	Δ_{total} (%)
		Class A	Class B			
Moisture	w-% ar	≤ 12	≤ 15	11	13	-84
Ash	w-% db	≤ 6	≤ 10	8.6	7.5	-73
Mechanical Durability	w-% ar	≥ 97.5	≥ 96.0	97	0.81	-
Fines	w-% ar	≤ 2.0	≤ 3.0	1.0	86	-
Net calorific value	MJ/kg ar	≥ 14.5	≥ 14.5	16	1.0	-
Bulk density	w-% ar	≥ 600	≥ 550	730	3.3	-
C	w-% db	-	-	49	1.1	12
H	w-% db	-	-	5.4	1.7	16
N	w-% db	≤ 1.5	≤ 2.0	0.77	8.2	-60
S	w-% db	≤ 0.20	≤ 0.30	0.10	22	-71
Cl	w-% db	≤ 0.10	≤ 0.30	0.02	63	-73
K	mg/kg db	-	-	1700	16	-66
As	mg/kg db	≤ 1	≤ 1.0	0.86	7.4	-55
Cd	mg/kg db	≤ 0.5	≤ 0.5	<0.2	nd	-47
Cr	mg/kg db	≤ 50	≤ 50	7.4	15	-63
Cu	mg/kg db	≤ 20	≤ 20	20	28	-68
Pb	mg/kg db	≤ 10	≤ 10	3.4	16	-74
Hg	mg/kg db	≤ 0.1	≤ 0.1	<0.05	nd	-84
Ni	mg/kg db	≤ 10	≤ 10	2.8	30	-59
Zn	mg/kg db	≤ 100	≤ 100	77	24	-57

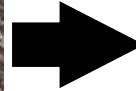
c)

Quelle: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106808>



untreated foliage (UF), leached foliage (LF), foliage with sawdust (SF) and the pelleted foliage (PF)

Jährliches Messprogramm



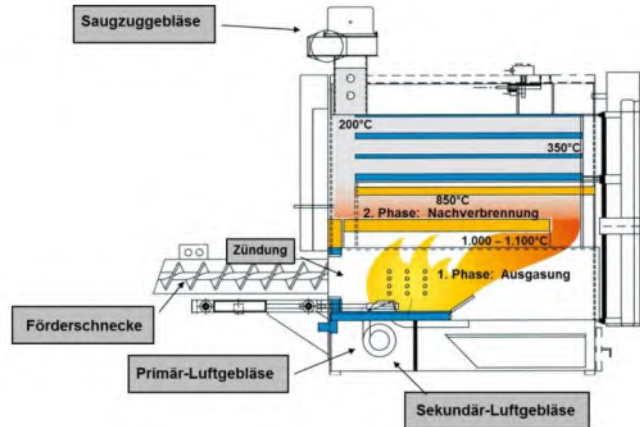
- 50 t Laubholzpellet + Ökotherm Kessel = einjähriges Messprogramm
- **1. Sonstiger nachwachsender Rohstoff (Nr. 13) der 1. BImSchV** (§ 3 (1) Nr. 13)
- Ausnahmezulassung nach Messkonzeptvorlage erteilt (12.08.2020)

Jährliches Messprogramm

Eingesetzte Anlagentechnik



- Ausnahmezulassung am 12.08.2020 erteilt
- Typprüfung: 23.11. bis 25.11.23 (wurde am Betriebsort durchgeführt!)
- Jährliches Messprogramm im Zeitraum 01.02.22 bis 31.01.23 (Sommerpause: 09.04.2022 – 04.11.2022)
- Ökotherm Compact C1L, max. 100 kW_{FWL} (Unterschreitung Genehmigungspflicht!)
- Gewebefilter Hellmich HET-B 500-10



Emissionsmessungen Typprüfung



Typprüfung	Grenzwert	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
Emissionsparameter	[mg/m _N ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Kohlenstoffmonoxid (CO)	250	16	17	15
Stickstoff (NO _x)	500	238	249	246
Gesamtstaub	20	1,7	1,3	1,2

Emissionsmessungen Typprüfung



Typprüfung	Grenzwert	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
Emissionsparameter	[mg/m _N ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Kohlenstoffmonoxid (CO)	250	16	17	15
Stickstoff (NO _x)	500	238	249	246
Gesamtstaub	20	1,7	1,3	1,2
Direkter Kesselwirkungsgrad [%]		87,2	85,4	86,8

Emissionsmessungen Typprüfung



Typprüfung	Grenzwert	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
Emissionsparameter	[mg/m _N ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
Kohlenstoffmonoxid (CO)	250	16	17	15
Stickstoff (NO _x)	500	238	249	246
Gesamtstaub	20	1,7	1,3	1,2
Direkter Kesselwirkungsgrad [%]		87,2	85,4	86,8
	[ng WHO-TEQ/m _N ³ i. tr. Abg., 13 Vol.-% O ₂]			
PCDD/F + dl-PCB*	0,1	0,002	0,002	0,001

*Bei Berechnung des TEQ-Wertes werden gemäß LAI-Vollzugsempfehlung zur 1. BImSchV vom 23.06.2017 nicht quantifizierbare Kongenere unterhalb der Bestimmungsgrenze nicht berücksichtigt.

✓ Einhaltung der Emissionsgrenzwerte bei der Typprüfung

Emissionen CO und Gesamtstaub



Emissionsparameter	Grenzwert	Vollast 1	Vollast 2	Vollast 3
	[g/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]			
1. Messung				
Gesamtstaub	0,02	0,004	0,02	0,01
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,02	0,2	0,03
2. Messung				
Gesamtstaub	0,02	0,01	0,01	0,02
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0	0,1	0,04

Emissionen CO und Gesamtstaub



Emissionsparameter	Grenzwert	Vollast 1	Vollast 2	Vollast 3
	[g/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]			
1. Messung				
Gesamtstaub	0,02	0,004	0,02	0,01
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,02	0,2	0,03
2. Messung				
Gesamtstaub	0,02	0,01	0,01	0,02
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0	0,1	0,04
3. Messung				
Gesamtstaub	0,02	0,01	0,01	0,02
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,01	0,03	0,02
4. Messung				
Gesamtstaub	0,02	0,01	0,02	0,01
Kohlenstoffmonoxid (CO)	0,4	0,1	0,03	0,1



Emissionen PCDD/F + PCB und B(a)P



	PCDD/F		
	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
	[ng WHO-TEQ/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]		
1. Messung	0,02	0,01	0,005
2. Messung	0,01	0,01	0,01
3. Messung	0,01	0,01	0,01
4. Messung	0,01	0,004	0,004

* Bestimmungsgrenze

Emissionsgrenzwert PCDD/F: 0,1 ng WHO-TEQ/m_N³ i. tr., 13 Vol.-% O₂

Emissionsgrenzwert B(a)P: 0,01 mg/m_N³ i. tr., 13 Vol.-% O₂

Emissionen PCDD/F + PCB und B(a)P



	PCDD/F			Benzo[a]pyren		
	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3	Volllast 1	Volllast 2	Volllast 3
	[ng WHO-TEQ/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]			[mg/m _N ³ i. tr., 13 Vol.-% O ₂]		
1. Messung	0,02	0,01	0,005	0,000004	0,000003	<0,000003*
2. Messung	0,01	0,01	0,01	0,00002	0,000005	<0,000003*
3. Messung	0,01	0,01	0,01	0,00001	0,00001	<0,00001*
4. Messung	0,01	0,004	0,004	<0,000005*	<0,00001*	<0,000004*

* Bestimmungsgrenze

Emissionsgrenzwert PCDD/F: 0,1 ng WHO-TEQ/m_N³ i. tr., 13 Vol.-% O₂

Emissionsgrenzwert B(a)P: 0,01 mg/m_N³ i. tr., 13 Vol.-% O₂

✓ Einhaltung Emissionsgrenzwerte PCDD/F + PCB und B(a)P

Praxisleitfaden & Handlungsempfehlungen



Zertifizierung von Brennstoffen



Brennstoffhersteller

Idee

- Ich habe einen Brennstoff, den ich nach § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV genehmigen lassen möchte
- Dieser erfüllt die Anforderungen der [Brennstoffverordnung \(BtV\) 2022-6](#)
- Es handelt sich nicht um [Abfall](#)
- Einsatzstoff ist im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#) gelistet

1

Mehr Informationen zum Projekt MoBiFuels?



Scan to Click

Vorbereitung

- Kontaktaufnahme mit dem Anlagenhersteller für die Begleitung des Genehmigungsverfahrens in Form von Typprüfung, z. B., Feuerungsraumabmessung von 9 999
- Gespräch mit der zuständigen unteren Immissionsschutzbehörde
- Ist meine Brennstoffherstellungsanlage eine immissionsschutzrechtliche Anlage im Sinne von [§ 8 des Anhangs der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen \(1. BImSchV\)](#) und wenn ja, liegt eine solche Genehmigung vor?
- Brennstoffanalyse von akkreditiertem Labor zum Nachweis der normativen Anforderungen der [BtV](#)
- Ergebnisse von ersten Verbrennungstests aussenden, um die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach [§ 5 \(1\) der 1. BImSchV](#) entsprechend zu bestätigen
- Auswahl einer Kofeuerungsanlage (Prüfanlage), die für ca. 1,5 t/h und für mind. 1200 Vollaststunden im Betriebszustand vorlaufbereit ist
- Für die Genehmigung des Brennstoffs muss zunächst eine Ausnahmeerlaubnis von der unteren Immissionsschutzbehörde nach [§ 4 Abs. 1 BImSchV](#) vorliegen
- Zusätzliche Unterlagen zur Einhaltung anderer Anforderungen aus dem [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#)

2

Messkonzept erstellen

Das Messkonzept umfasst eine Übersicht der genehmigungspflichtigen Problemstellung, eine detaillierte Auflistung der Brennstoffherstellung, eines Probefahrplans und detaillierter Pläne zur Typprüfung und dem Messprogramm.

- Verfahrensbeschreibung der Brennstoffherstellung
- Einschätzung zur Abfallfahrigkeit des Brennstoffs (darf nicht als Abfall eingestuft sein)
- Brennstoffmenge, -qualität, -herkunft und -lagerung nachweisen, Herstellung in einer Charge, die für den gesamten Messraum ausreicht ist
- Technische Angaben und Unterlagen zur Feuerungsanlage
- Identifizierung der Verbrennungsanlage und Reparatur/Austauschmöglichkeiten
- Typprüfung der Anlage nach [200 \(1\) 302-2](#) beim Anlagenhersteller (Leistungslösungen bei Baureihen mit Teillastfähigkeit prüfen)
- Einhaltung der Feuerungsraumabmessung der Anlage - Wärmemengenzähler installieren
- Kontinuierliche Erfassung des Betriebs- & Leistungsstandes der Anlage
- Erforderlich bei einer Baureihenabmessung prüfen
- Nennung einer normierten Messstelle nach [§ 209 BImSchV](#) für Typprüfung und des Messprogramms inkl. PCDO/F Messungen
- Im Zeitplan des einjährigen Messprogramms liegen zwei Heizperioden
- Kosten für das Verfahren abg. vor der Anlage sind ca. 1.000 € für Ausnahmeerlaubnis zzgl. Kosten für die normierte Messstelle ca. 100.000 €

3

Ausnahmegenehmigung beantragen

- Vorbereitung des Antrags zur Ausnahmeerlaubnis (durch den Anlagenbetreiber) - formloser Antrag in dem das Vorhaben beschrieben wird
- Kosten für das Verfahren abg. vor der Anlage sind ca. 1.000 € für Ausnahmeerlaubnis zzgl. Kosten für die normierte Messstelle ca. 100.000 €

4

Kurz vor Start der Messungen

- Überkehrung über Beginn und Ende der Messungen bei der Brennstoffherstellung
- Brennstoffnachweis über Menge und Qualität vor Start des Probefahrplans
- Einhaltung geeigneter Gesamtsauerstoffwerte nach Einsatz der Probefahrstoffe durch Brennkammersteuerverfahren oder unabhängige Messstelle (vor erster Messung)
- Einhaltung der [Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV](#)
 - Gesamtsauerstoff (0,02 g/m³)
 - CO (0,5 g/m³)
 - PCDO/PCDF (0,1 mg/m³ (massenäquivalent) und
 - Benzoläpyren (0,01 mg/m³)
- Die Emissionswerte beziehen sich auf den Normzustand (273 K, 1013 hPa) des trockenen Abgases und 0 vol-% O₂.

5

Während des Messprogramms

- Der Immissionsschutzbehörde die Messreihe eine Woche im Voraus mitteilen. Die Teilnahme an den Messungen ermöglichen
- Messberichte vorlegen, nach Abschluss Messreihe in Form eines zusammenfassenden Gesamtbereichsberichts
- Berichtsvorlage im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#)
- Betriebsstichtag führen (Betriebsstunden, vollere Betriebsstunden, Leistung, Reinigungs, Stilllegungen, Überbrückungen, Brennstoffverbrauch, Normale Staubabscheider etc.)

6



Zertifizierung von Brennstoffen



Genehmigungsbehörden

1

Ein Brennstoffhersteller oder Anlagenbetreiber möchte einen Brennstoff § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV zulassen

- Erfüllt dieser die Anforderungen der Brennstoffnorm [ISO 17225-6](#)
- Einsatzstoff ist im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#) gelistet
- Prüfung auf Umweltverträglichkeit anhand der Laborberichte
- Abfrage eines Probenahmeplans für die Brennstoffherstellung
- Vorbereitung Bearbeitung Antrag zur Ausnahmeerlaubnis

Mehr Informationen zum Projekt MoBiFuels?

Scan to Click



2

Zu übermittelnde Daten für die Ausnahmegenehmigung

- Angefordertes Messkonzept beifügen
- Verfahrensbeschreibung der Brennstoffherstellung
- Einschätzung zur Abfallfahrigkeit des Brennstoffs (darf nicht als [Abfall](#) eingestuft sein)
- Ist die Brennstoffherstellungsanlage eine immissionsschutzrechtliche Anlage im Sinne von [Nr. 8 des Anhangs der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen \(1. BImSchV\)](#) und wenn ja, liegt eine solche Genehmigung vor?
- Brennstoffanalyse von akkreditiertem Labor zum Nachweis der normativen Anforderungen der [ISO 17225-6](#)
- Einhaltung der exemplarischen Emissionsgrenzwerte nach [§ 5 \(1\) der 1. BImSchV](#)
- Brennstoffmenge, -qualität, -herkunft und -lagerung nachweisen - Herstellung in einer Charge, die für den gesamten Messraum ausreicht ist
- Probenahmeplan bei der Brennstoffherstellung
- Technische Angaben und Unterlagen zur Feuerungsanlage
- Bauteilliste der Verbrennungsanlage und Reparatur/Austauschmöglichkeiten
- Typprüfung der Anlage nach [200 \(1\) 302-2](#) beim Anlagenhersteller (Leistungslösungen bei Baureihen und Teillastfähigkeit prüfen) Feuerungswärmeleistung der Anlage - ist ein Wärmemengenzähler installiert? Feuerungswärmeleistung der Anlage - ist ein Wärmemengenzähler installiert?
- Kontinuierliche Erfassung des Betriebs- und Leistungsstandes der Anlage
- Erforderlichkeit einer Abgasreinigungsanlage prüfen
- Im Zeitplan des einjährigen Messprogramms liegen zwei Heizperioden
- Einhaltung der [Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV](#)
 - Gesamtsauerstoff (0,02 g/m³)
 - CO (0,5 g/m³),
 - PCDO/PCDF (0,1 mg/m³ TE) und
 - Benzoläpyren (0,01 mg/m³)
- Die Emissionswerte beziehen sich auf den Normzustand (273 K, 1013 hPa) des trockenen Abgases und 13 vol-% O₂.
- Nennung normierter Messstelle nach [§ 209 BImSchV](#) für Typprüfung, das Messprogramm inkl. PCDO/F Messungen
- Abgleich der Vorgaben des [LAI Dokument \(03/2022\)](#) mit dem Brennstoffherstellungsverfahren, der Typprüfung und des Messprogramms in tabellarischer Form (bei Verwendung der Vorlage vom DBFZ schon Teil des Messkonzepts)

3

Ausnahmegenehmigung erteilen

4

Nach Erteilung der Ausnahmegenehmigung

- Messprotokolle bewerten
- ggf. Teilnahme bei Messtermin



5

Prüfung Abschlussbericht

- zusammenfassender Gesamtbereich mit allen Messberichten
- Berichtsvorlage im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#)



Leitfaden für Brennstoffhersteller:innen

Leitfaden für Behörden

<https://www.energetische-biomassenutzung.de/projekte-partner/details/project/show/Project/MoBiFuels-587>

Brennstoffherstellung:

- Potential für Laubaufbereitung in jeder größeren Stadt vorhanden
- Beendigung der Abfalleigenschaft für Parklaub ist durch geeignete Sammlung und Aufbereitung möglich
- Waschen, Pressen und Mischen homogenisiert den Brennstoff und reduziert ca. 2/3 aller verbrennungskritischen Elemente & Schwermetalle
- Zur sicheren Einhaltung der Anforderungen nach ISO 17225-6 sind ggf. Brennstoffmischungen notwendig

Brennstoffzulassung:

- Einhaltung Emissionsgrenzwerte PCDD/F + PCB, B(a)P, CO und Gesamtstaub
- Wahl geeigneter Feuerungs- und Filtertechnik entscheidend

Genehmigungsunterlagen werden aktuell vom Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadtverwaltung in Münchens geprüft.

**Nach erfolgreicher Genehmigung wird die Zulassung anderer
Brennstoffe gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV
zukünftig erheblich erleichtert!**



Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Kontakt:

Roman Adam

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der AG

„Innovative Festbrennstoffe“

Tel.: +49 (0)341 2434-550

E-Mail: roman.adam@dbfz.de

**DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de

Anlage Brennstoffherstellungsbericht

Brennstoffherstellungsbericht

Dokumentation der Brennstoffherstellung im Zusammenhang mit der Ausnahmezulassung nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 i.V.m. Abs. 5 und den Vorgaben des LAI für den Betrieb der Feuerungsanlage in der Carl-Wery-Str. 63, 81739 München

Roman Adam, Lisa Röver, Benjamin Herklotz, Thomas Zeng

Kontakt:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-112
Fax: +49 (0)341 2434-133
E-Mail: info@dbfz.de
Internet: www.dbfz.de

Roman Adam

Tel.: +49 (0)341 2434-550
E-Mail: roman.adam@dbfz.de

Lisa Röver

Tel.: +49 (0)341 2434-429
E-Mail: lisa.roever@dbfz.de

Dr.-Ing. Benjamin Herklotz

Tel.: +49 (0)341 2434-449
E-Mail: benjamin.wirth@dbfz.de

Dr.-Ing. Thomas Zeng

Tel.: +49 (0)341 2434-542
E-Mail: thomas.zeng@dbfz.de

Erstelldatum: 24.10.2023

Gesamtseitenzahl + Anlagen 13

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....	IV
1	Hintergrund	V
2	Rohmaterial	V
3	Brennstoffvorbehandlung und -herstellung.....	VI
4	Brennstoffprobennahme.....	VII
5	Brennstoffanalytik	IX
6	Analysezusammenfassung.....	X
7	Zusammenfassung.....	XII
8	Literaturverzeichnis	XII

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V. (German Institute of Standardization)
DT	Ascheerweichungstemperatur (Ascheschmelzverhalten)
EN	European standard
FM	Frischmasse
FT	Ascheﬂießtemperatur (Ascheschmelzverhalten)
HT	Aschehalbkugeltemperatur (Ascheschmelzverhalten)
ISO	International Standardization Organization
GPL	gewaschenes Parklaub
MW	Mittelwert
na	nicht analysiert
PLS	Parklaub-Sägespan-Mischung
PPL	pelletiertes Parklaub mit Sägespan
RSA	relative Standardabweichung
S	Sägespan
SST	Temperatur am Beginn der Ascheschrumpfung (Ascheschmelzverhalten)
TM	Trockenmasse
UPL	Unbehandeltes Parklaub
Ma.-%:	Masse Prozent

1 Hintergrund

Dieser Bericht zur Brennstoffherstellung ist Bestandteil des Zusammenfassenden Berichts über die Einhaltung der Anforderungen nach § 3 Abs. 5 der 1.BImSchV

Insbesondere bei der Herstellung großer Brennstoffchargen stellen heterogene chemische Zusammensetzungen (Laub unterschiedlicher Baumarten und Herkunft) eine Herausforderung im Hinblick auf die in Brennstoffnormen und Verordnungen festgelegten Grenzwerte dar. Als Rohmaterial für die Brennstoffherstellung diente eine qualitativ eher schlechte Charge aus Parklaub, welche anhand eines Waschverfahrens vorbehandelt, mit Sägespänen gemischt und systematisch homogenisiert wurde.

Die Einhaltung der Grenzwerte zur Erreichung einer normierten Brennstoffqualität konnte gerade durch das durchgeführte technische Waschen des Parklaubes, der Zugabe des Sägemehls sowie durch eine gezielte Homogenisierung erreicht werden. Die dargestellte Vorgehensweise zur Herstellung der Brennstoffcharge führt zu einem Produkt, welches konform mit dem internationalen Brennstoffstandard ISO 17225-6:2021 [1], Klasse B ist. Somit sind die in § 3 Abs. 1 Nr. 13 i.V.m. Abs. 5 der 1. BImSchV festgelegten Anforderungen an die Brennstoffqualität eingehalten.

Durch den Einsatz der qualitativ schlechten Parklaubcharge im Prüfprozess des einjährigen Messprogramms kann garantiert werden, dass zukünftige Brennstoffproduktionen dieser Rezeptur auch bei schwankenden Rohmaterialqualitäten normkonform sein werden.

2 Rohmaterial

Verwendet wurde unbehandeltes Parklaub (bezeichnet mit UPL) und Sägemehl (bezeichnet mit S), um eine Brennstoffcharge in ausreichender Menge für eine einjährige Messkampagne in einem handelsüblichen Kessel zu erzeugen. Das Laub welches mittels florafuel-Verfahren aufbereitet wurde, ist nach ISO 17225-1:2021 [2] in die Kategorie 2.1.7 und das Holz, welches zugemischt wird, in die Kategorie 1.1.3.4 klassifizierbar.

UPL wurde im Rahmen der Bewirtschaftung von öffentlichen Flächen und der kommunalen Grünpflege in Süddeutschland (in und um München) im Herbst und Winter 2020 gesammelt. Der UPL wurde bis zur Weiterverarbeitung im Haufwerk siliert. Für die Brennstoffproduktion wurde das UPL aus zwei Haufwerken in nummerierte BigBags mit einem Fassungsvermögen von 800 L abgefüllt. 40 t stammten somit aus Haufwerk 1 und 40 t aus Haufwerk 2. Die visuelle Inspektion ergab, dass das UPL der beiden Haufwerke unterschiedliche Qualitäten aufweist. Das UPL von Haufwerk 1 war weniger stark mit Fremdmaterial wie Sand oder Erde verunreinigt als Haufwerk 2. Insgesamt wurden circa 80 t UPL verwendet.

Außerdem wurden 25 t Sägespäne, die sowohl Kiefern- als auch Fichtenholz enthielten, von Allspan German Horse Bioaktiv GmbH zugekauft. 23 t davon wurden der Brennstoffherstellung zugemischt. Das S war vergleichbar mit dem Kiefern- oder Fichtensägemehl, das für die Herstellung von DINplus-Holzpellets (Qualitätsklasse A1) verwendet wird [3]. Es hatte einen Feuchte- und Aschegehalt von 10,3 Ma.-% Trockenmasse (TM) bzw. 0,3 Ma.-% TM. Die Gehalte der Schwermetalle As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg und Ni lagen im genutzten Sägespan in jeder Analyse unter der Nachweisgrenze der verwendeten Methodik.

3 Brennstoffvorbehandlung und -herstellung

Die Brennstoffvorbehandlung von UPL umfasste das Zerkleinern, Waschen, Mahlen und mechanische Entwässern (Pressen) sowie die anschließende technische Trocknung. Zur Gewinnung des gewaschenen Parklaubes (bezeichnet mit GPL) wurde das Florafuel-Verfahren (Patent EP2274406 [4]) mit einem Durchsatz von bis zu 400 kg/h Frischmasse (FM) eingesetzt. Diese Durchsatzrate gilt ausschließlich für Parklaub. UPL wurde dem Waschprozess in der Weise zugeführt, dass zunächst das gesamte Material von Haufwerk 1 und anschließend das Material von Haufwerk 2 gewaschen wurde. Nach Abtrennung von Verunreinigungen und einem großen Anteil an Wasser wurde eine Masse von etwa 28 t GPL gewonnen. Der GPL wurde in nummerierte BigBags abgefüllt, um die Proben und die entsprechenden Analyseergebnisse den entsprechenden BigBags zuzuordnen. Die Reihenfolge der BigBags wurde bei der weiteren Verarbeitung beibehalten.

Es wurden Pellets nach der Brennstoffnorm ISO 17225-6:2021 [1], Klasse B hergestellt. Um die Grenzwerte der Brennstoffnorm insbesondere hinsichtlich des Aschegehaltes einzuhalten, wird dem GPL Sägemehl zugemischt. Entsprechend dem durchschnittlichen Aschegehalt von GPL wurde ein Mischungsverhältnis von 55 Gew.-% GPL und 45 Gew.-% (Frischmasse) Sägemehl berechnet. Die entsprechenden Mengen an GPL und S wurden also chargenweise in einen Edelstahl-Pflugschar-Chargenmischer (Lödige FKM-2000D) mit einem Fassungsvermögen von 2 m³ gefüllt und 180 s lang gemischt, wodurch die Parklaub-Sägespan-Mischung (mit PLS bezeichnet) entstand. Die PLS wurde wieder in nummerierte BigBags gefüllt, wobei die Nummerung der Reihenfolge analog zum Durchlauf des Waschprozesses erfolgte. Nach diesem ersten Mischungsschritt wurden zwei gleich große Teilchargen von PLS erzeugt. Die Trennung der Chargen erfolgte auf der Grundlage des Aschegehalts der PLS. So enthielt der Chargenteil 1 PLS mit geringerem Aschegehalt, während Teilcharge 2 den Anteil PLS mit höherem Aschegehalt enthielt. Gleich große Mengen der Teilchargen wurden dann mit dem Pflugschar-Chargenmischer wie oben beschrieben miteinander vermischt und anschließend pelletiert (siehe Abbildung 1).

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

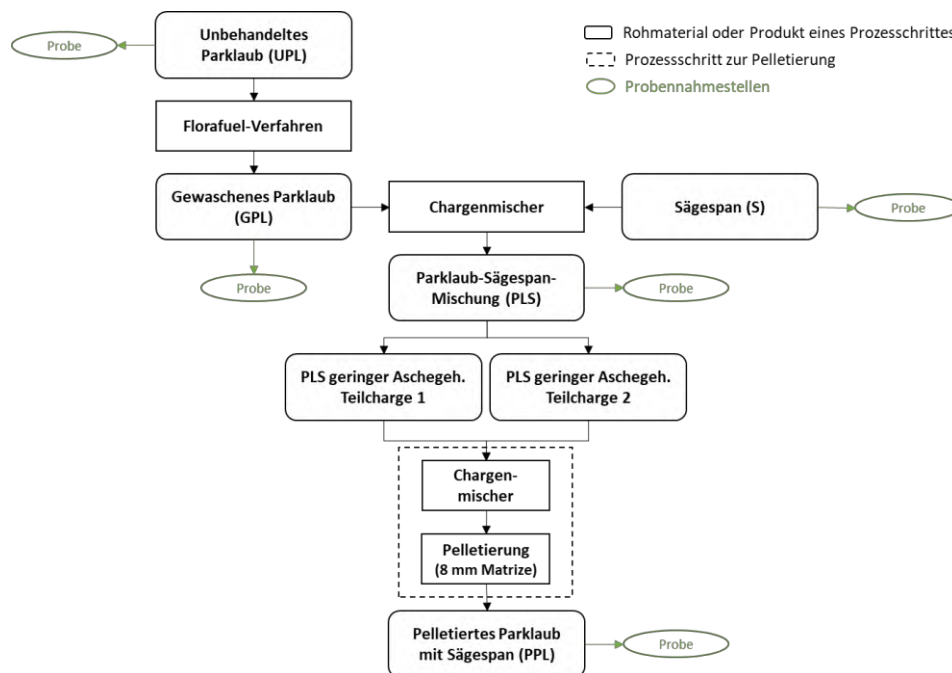


Abbildung 1: Misch- und Produktionsschema vom Rohstoff (UPL und S) über Zwischenprodukte (GPL und PLS) bis zum Brennstoff (PPL) im industriellen Maßstab mit Probenahmestellen

Für die Herstellung des homogenisierten und pelletierten Brennstoffs (mit PPL bezeichnet) wurde eine industrielle Ringmatrizen-Pelletiermaschine (Andritz Paladin 1600D-210/2R) und eine Matrize mit einem Presskanaldurchmesser von 8 mm und einer Presskanallänge von 60 mm ohne Senkung verwendet. Die Produktion erfolgte ohne Bindemittel bei einer durchschnittlichen Feuchtigkeit der Biomasse von 13,4 Ma.-%. Die beiden Koller waren in einem Abstand von 0,1 mm von der Matrize installiert (Koller-Matrizen-Spalt). Die Matrize mit einem Durchmesser von 850 mm wurde von zwei 110 kW Doppelmotoren mit einer Geschwindigkeit von 4,7 - 6,7 m/s angetrieben. Die erzeugten Pellets wurden über ein Kühlband einer Siebanlage (Lochweite: 3,15 mm) zugeführt. Das abgeschiedene Feingut wurde in die Pelletiermaschine zurückgeführt. PPL wurde in einem Silo gelagert und anschließend in BigBags abgefüllt. Insgesamt wurden über 51 t PPL im industriellen Maßstab hergestellt.

4 Brennstoffprobennahme

Für die Analyse des Rohmaterials wurden 30 Einzelproben nach ISO 21945:2020 [5] nach jedem Verarbeitungsschritt, d.h. für UPL, S, GPL und PLS, entnommen. Außerdem wurden 40 Einzelproben aus dem Brennstoffprodukt (PPL) für die Brennstoffanalyse nach ISO 21945:2020 [5] entnommen. Die Proben wurden immer aus dem bewegten Schüttgut während der Verarbeitung entnommen, z.B. durch Probeentnahme direkt vom Förderband oder von einem Bandtrockner. Es wurde immer die gesamte Breite des Förderbandes beprobt, bis eine Menge von 2,0 L für jede Probe erreicht war. Zur Charakterisierung der UPL wurden die Proben während der Zuführung des unbehandelten Parklaubes zum Waschprozess entnommen. Es wurden Proben in zeitlich gleichen Abständen über die Gesamtcharge entnommen. Die Proben aus den vorbehandelten Biomassen GPL und PLS wurden während der Befüllung der nummerierten BigBags entnommen. Bei der anschließenden Beprobung wurde darauf geachtet, dass für jede Probenahmestelle des UPL eine entsprechende Probe aus den vorbehandelten Materialien GPL

bzw. PLS entnommen wurde und dass die Proben so beschriftet waren, dass sie den jeweiligen BigBags mit dem Material, aus dem die Proben entnommen wurden, zugeordnet werden konnten. Bei der Probenahme des Sägemehls (S) und des Brennstoffprodukts (PPL) wurden Proben in gleichen chronologischen Abständen aus der gesamten Charge entnommen. Alle Proben wurden einzeln in Plastikbeutel gefüllt und sofort nach der Entnahme verschlossen.

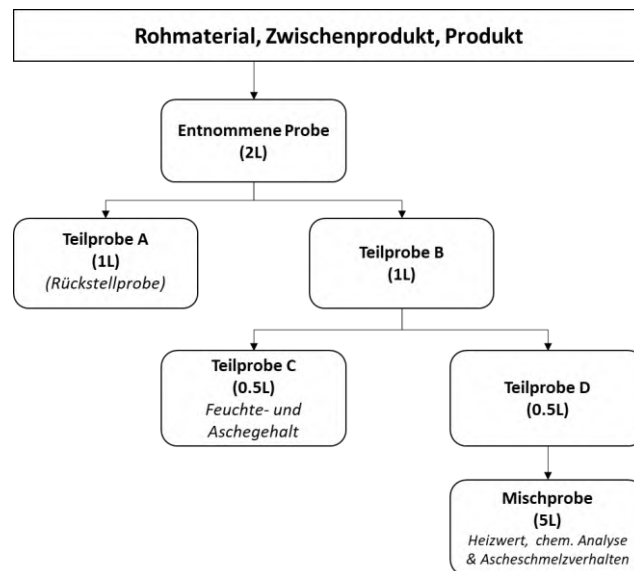


Abbildung 2: Probenahmeplan mit Probenumfang für die Brennstoffanalyse von Roh-, Zwischen- und Produktströmen für Parklaub

Wie in Abbildung 2 dargestellt, wurden die 2L-Proben gemäß ISO 14780:2017 [6] mit einer Riffelprobenteiler (Haver RT12.5, Haver & Boecker OHG) in zwei Teilproben (A und B, jeweils ca. 1 L Volumen) geteilt, so dass "Teilprobe A" als Rückstellprobe aufbewahrt wurde und "Teilprobe B" für die weitere Probenvorbereitung zur Verfügung stand. Die "Teilprobe B" wurde wiederum mit einem Riffelprobenteiler in zwei gleich große Teilproben (C und D, jeweils ca. 0,5 L Volumen) unterteilt. Alle Unterproben C wurden auf Feuchtigkeit und Aschegehalt analysiert.

Aus den "Teilproben D" wurden Mischproben (jeweils ca. 4 bis 6,5 L Volumen) hergestellt, und jede Mischprobe wurde mit einem Riffelprobenteiler homogenisiert, indem sie in zwei Teilproben aufgeteilt und wieder vereinigt wurde. Dies wurde für jede der zusammengeführten Proben dreimal durchgeführt. Auf diese Weise wurden jeweils 3 Mischproben für UPL, S, GPL und PLS erzeugt. Bei der Erstellung der Mischproben wurde die Reihenfolge der Probenahme beibehalten, d. h. die ersten 10 Proben wurden zu Mischprobe 1 zusammengefasst, die Proben 11-20 bildeten Mischprobe 2 und die restlichen 10 Proben wurden zu Mischprobe 3 zusammengefasst. Außerdem wurden 5 Mischproben für das PPL erstellt. Wie zuvor beschrieben, wurde die Reihenfolge der 40 Einzelproben bei der Erstellung der Mischproben beibehalten, d. h. die ersten 8 Proben wurden zu Mischprobe 1, die Proben 9-16 zu Mischprobe 2, die Proben 17-24 zu Mischprobe 3, die Proben 25-32 zu Mischprobe 4 und die restlichen 8 Proben zu Mischprobe 5 zusammengefasst. Alle zusammengefassten Proben wurden auf ihren Wasser- und Aschegehalt sowie auf den unteren Heizwert und die chemische Zusammensetzung untersucht. Das PPL wurde zusätzlich auf die mechanischen Eigenschaften (d. h. mechanische Festigkeit, Feinanteil, Schüttdichte) und das Ascheschmelzverhalten (SST, DT, HT, FT) untersucht.

5 Brennstoffanalytik

Für die Bewertung der Brennstoffeigenschaften und der damit verbundenen Heterogenität wurden alle Proben einzeln analysiert. Die Analyse erfolgte in Anlehnung an die internationalen Normen für feste Biobrennstoffe ISO 17225-1:2021 [2]. Die PPL-Proben wurden von dem akkreditierten Prüflabor "Eurofins Umwelt Ost GmbH" analysiert, während die Analyse aller anderen Proben im Analyzelabor des DBFZ durchgeführt wurde. Die einzelnen Methoden und verwendeten Geräte sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Table 1: Überblick über die Untersuchungsmethoden und die genutzten Laborgeräte zur Bestimmung der Brennstoffparameter

Parameter	Methodik	Messgeräte
Probenteilung	DIN EN ISO 14780:2017 [6]	Riffelprobenteiler: Haver RT12.5, 18 Schächte, 12.5 mm Breite
Wassergehalt	DIN EN ISO 18134-2:2017 [7] DIN EN 15934:2012 [8]	Trockenofen: BINDER, Series: FD Karl-Fischer Titration: ECH, Aqua 40, ECH
Probenzerkleinerung	DIN EN ISO 14780:2017 [6]	Pulverisette, Partikeldurchmesser < 0.5 mm
Aschegehalt	DIN EN ISO 18122:2016 [9]	Nabertherm Incinerator LV15/11 P330
Heizwert	DIN EN ISO 18125:2017 [10]	PPL Proben: IKA Calorimeter C 5000 DUO Andere Proben: Bomb Calorimeter Parr 6300
C, H and N	DIN EN ISO 16948:2015 [11]	Elemental Analyzer vario MACRO cube
S, Cl	DIN EN ISO 16994:2016 [12]	Ion chromatography ThermoScientific Modell Integriion HP-Ionchromotography
Hauptelemente	DIN EN ISO 16967:2015 [13]	PPL Proben: ICP-MS Agilent 7850 Andere Proben: ICP-OES ThermoScientific iCAP 6300
Nebenelemente	DIN EN ISO 16968:2015 [14]	PPL Proben: ICP-MS Agilent 7850 Andere Proben: ICP-OES ThermoScientific iCAP 6300
Mechanische Festigkeit	DIN EN ISO 17831-1:2016 [15]	Bioenergy TUMBLER 3000
Feinanteil	DIN EN ISO 18846:2016 [16]	Retsch AS 200
Schüttdichte	DIN EN ISO 17828:2016 [17]	5 L Schütteimer und KERN PCB
Ascheschmelzverhalten	DIN EN ISO 21404:2020 [18]	PPL Proben: Carbolite CAF 5 Biomass

Die Probenbeutel wurden entsiegelt und die Proben wurden entsprechend der Brennstoffentnahme mit einem Riffelprobenteiler geteilt. Alle Analysen wurden als Duplikate durchgeführt, d.h. für jede Probe wurden Doppelbestimmung mit dem jeweiligen Analyseverfahren durchgeführt. Zunächst wurde der

Wassergehalt der Proben bestimmt und die getrockneten Proben wurden mit einer Schneidmühle auf einen Partikeldurchmesser < 0,5 mm zerkleinert. Anschließend wurden der Aschegehalt und der untere Heizwert analysiert. Die Analyse der chemischen Zusammensetzung umfasste die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung (CHN), des Gesamtgehalts an S und Cl (als Gesamtgehalt nach Verbrennungsaufschluss) sowie der Haupt- (z.B. K) und Nebenelemente (z.B. As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg und Zn) mittels ICP-OES nach Flußsäureaufschluss. Abweichend davon wurden die PPL zur Bestimmung der Haupt- und Nebenelemente mittels Mikrowellendruckaufschluss und ICP-MS analysiert. Die PPL wurden außerdem auf ihre mechanischen Eigenschaften (mechanische Festigkeit, Feinanteil und Schüttdichte) untersucht. Darüber hinaus wurde das Schmelzverhalten der Asche (SST, DT, HT und FT) analysiert.

Alle Analyseergebnisse sind mit zwei signifikanten Stellen angegeben, mit Ausnahme der Ascheverschmelztemperaturen, die mit drei signifikanten Stellen angegeben sind. Die berechnete Relative Standardabweichung (RSA) wird mit zwei signifikanten Ziffern für alle Werte über 1 und mit einer signifikanten Ziffer für Werte unter 1 angegeben. Liegt das Analyseergebnis unter der Nachweisgrenze, so erfolgt die Berechnung des Mittelwertes (MW) mit der unteren Nachweisgrenze (wurde für Cd und Hg für PPL durchgeführt). Die Brennstoffprodukte wurden gemäß den Spezifikationen der ISO-Normen für sortierte Nichteisenzpellets (ISO 17225-6:2021 [1]) klassifiziert.

6 Analysezusammenfassung

Die Eigenschaften der hergestellten Brennstoffcharge wird in der Tabelle 3 im Vergleich zu den normativen Anforderungen der ISO 17225-6:2021 [1] dargestellt.

Tabelle 2: Brennstoffkennwerte (Wassergehalt, Aschegehalt, Heizwert, mechanische Eigenschaften, Ascheschmelzverhalten und chemische Zusammensetzung) von PPL sowie berechnete MW und RSA auf der Grundlage von fünf zusammengefassten Proben und relative Veränderung (Δ_{total}) jedes Parameters durch den Brennstoffherstellungsprozess (im Vergleich zum UPL MW); FM: Frischmasse; TM: Trockenmasse; na: nicht analysiert; MW: Mittelwert; RSA: relative Standardabweichung

Brennstoffparameter	Einheit	ISO 17225-6:2021 [1]		Brennstoffprodukt (pelletiertes Parklaub mit Sägespan)		
		Class A	Class B	Laubholz- pellets (MW)	Laubholz- pellets (RSA) (%)	Δ_{total} (%)
Herkunft	-	2 Herbaceous biomass 3 Fruit biomass 4 Aquatic biomass 5 Blends and mixtures	2 Herbaceous biomass 3 Fruit biomass 4 Aquatic biomass 5 Blends and mixtures			
Durchmesser, D und Länge, L	mm	D06 bis D25, $D \pm 1$; $3,15 \leq L \leq 40$ (von D06 bis D10)	D06 bis D25, $D \pm 1$; $3,15 \leq L \leq 40$ (von D06 bis D10)	Kategorie 5.2 D08; L innerhalb der Vorgaben		
Wassergehalt	Ma.-% FM	≤ 12	≤ 15	11	13	-84
Aschegehalt (550°C)	Ma.-% TM	≤ 6	≤ 10	8.6	7.5	-73

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Mechanische						
Festigkeit	Ma.-% FM	≥ 97.5	≥ 96.0	97	0.81	-
Feinanteil	Ma.-% FM	≤ 2.0	≤ 3.0	1.0	86	-
Unterer Heizwert	MJ/kg FM	≥ 14.5	≥ 14.5	16	1.0	-
Schüttdichte	Ma.-% FM	≥ 600	≥ 550	730	3.3	-
C	Ma.-% TM	-	-	49	1.1	12
H	Ma.-% TM	-	-	5.4	1.7	16
N	Ma.-% TM	≤ 1.5	≤ 2.0	0.77	8.2	-60
S	Ma.-% TM	≤ 0.20	≤ 0.30	0.10	22	-71
Cl	Ma.-% TM	≤ 0.10	≤ 0.40	0.02	63	-73
K	mg/kg TM	-	-	1700	16	-66
As	mg/kg TM	≤ 1	≤ 1.5	0.86	7.4	-55
Cd	mg/kg TM	≤ 0.5	≤ 0.5	<0.2	na	-47
Cr	mg/kg TM	≤ 50	≤ 50	7.4	15	-63
Cu	mg/kg TM	≤ 20	≤ 20	20	28	-68
Pb	mg/kg TM	≤ 10	≤ 10	3.4	16	-74
Hg	mg/kg TM	≤ 0.1	≤ 0.1	<0.05	na	-84
Ni	mg/kg TM	≤ 10	≤ 10	2.8	30	-59
Zn	mg/kg TM	≤ 100	≤ 100	77	24	-57
SST	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	980	6.3	-
DT	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	1260	1.9	-
HT	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	1280	2.0	-
FT	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	1290	2.5	-

Die erzeugten PPL entsprechen den Anforderungen der ISO 17225-6:2021 [1], Klasse B hinsichtlich aller verlangten Parameter, weshalb es sich um einen normkonformen Brennstoff handelt. Im Vergleich zu anderen nicht-holzigen Biomassesortimenten scheint das Ascheschmelzverhalten (informativer Parameter) von PPL unkritisch zu sein und Verschlackungsprobleme bei der Verbrennung sind unwahrscheinlich [11]. Die gemessene Aschedeformationstemperatur (DT) betrug 1280 °C. Während des gesamten Produktionsprozesses konnten Stickstoff, Schwefel und Chlor stark reduziert werden, so dass Brennstoffpellets entstanden, die die Anforderungen der ISO 17225-6:2021 [1], Klasse B, erfüllen.

Insgesamt war durch die eingesetzten brennstofftechnischen Maßnahmen (im Vergleich zum UPL) u.a. eine Reduktion (Δ_{total}) von 60 % bei Stickstoff, 71 % bei Schwefel und 73 % bei Chlor möglich. Insbesondere bei den Schwermetallen, konnte eine wirksame Reduzierung erreicht werden. Beispielsweise konnte der Bleigehalt um 74 % gesenkt werden. Für den Quecksilbergehalt konnte sogar eine Gesamtreduktion von 84% erreicht werden. Insgesamt konnte bei den Schwermetallgehalten die Einhaltung der Grenzwerte der ISO 17225-6:2021 [1], Klasse B durch die angewandte Brennstoffaufbereitungsstrategie erzielt werden.

Es stellt sich in der Auswertung der Ergebnisse der Brennstoffanalyse heraus, dass das Mischen der Teilchargen 1 und 2 der wichtigste Prozessschritt zur Herstellung einer homogenen Brennstoffcharge war. Dagegen hatte das Zumischen von S zum GPL nur einen geringen Einfluss. Dies lässt sich auf die ungleichmäßige Verteilung der Verunreinigungen innerhalb der Laubcharge zurückführen, die zu ausgewählten BigBags mit verhältnismäßig kritischer chemischer Zusammensetzung im Rohmaterial führten. Da jedem der BigBags mit GPL unabhängig von der tatsächlichen Zusammensetzung des Inhalts etwa die gleiche Menge S beigemischt wurde, blieb die ungleichmäßige Verteilung der Verunreinigungen unverändert und wurde lediglich auf ein niedrigeres Niveau reduziert. Durch gezieltes Mischen von BigBags mit niedrigem Aschegehalt, d.h. aus Teilcharge 1, mit solchen mit hohem Aschegehalt, d.h. aus Teilcharge 2, wurde die Heterogenität ausgeglichen.

7 Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war die Darstellung der großtechnischen Herstellung einer Charge homogener Brennstoffpellets (51 t), die die Anforderungen der ISO 17225-6:2021 [1] erfüllen. Die Einhaltung der Produktstandards konnte mit einer umfangreichen chemischen und mechanischen Analytik aus dem akkreditierten Prüflabor „Eurofins Umwelt Ost GmbH“ belegt und im Bericht zusammengefasst werden.

Mit unseren Untersuchungen konnte zudem gezeigt werden, dass die Herstellung eines normkonformen Brennstoffes auch bei qualitativ eher schlechteren Parklaubchargen unter Einsatz einer qualifizierten Brennstoffvorbehandlung und systematische Homogenisierung möglich ist. Damit ist belegt, dass bei Verwendung der im Bericht beschriebenen Rezeptur auch unter ungünstigen Ausgangsbedingungen durch schwankende Rohmaterialqualitäten ein normkonformer Brennstoff erzeugt werden kann.

8 Literaturverzeichnis

- [1] International Organization for Standardization. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 6: Graded non-woody pellets(17225-6); 2021. <https://doi.org/10.31030/3252493>.
- [2] International Organization for Standardization. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 1: General requirements(17225-1); 2021. <https://doi.org/10.31030/3223041>.
- [3] Pollex A, Zeng T, Khalsa J, Eler U, Schmersahl R, Schön C et al. Content of potassium and other aerosol forming elements in commercially available wood pellet batches. Fuel 2018;232:384–94. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.06.001>.
- [4] Hans Werner. Method and apparatus for producing fuel from moist biomass / Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Brennstoff aus feuchter Biomasse;C10L5/44, C10L5/48(EP 2274406); 2009.
- [5] International Organization for Standardization. Feste Biobrennstoffe - Vereinfachtes Verfahren zur Probenahme an kleinen Anlagen(21945). Berlin: Beuth Verlag GmbH; 2020.
- [6] International Organization for Standardization. Solid biofuels - Sample preparation(14780); 2017.

- [7] International Organization for Standardization. Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 2: Total moisture - Simplified method(18134-2); 2017.
- [8] European Committee for Standardization. Sludge, treated biowaste, soil and waste - Calculation of dry matter fraction after determination of dry residue or water content(15934). Berlin: Beuth Verlag GmbH; 2012. <https://doi.org/10.31030/1866718>.
- [9] International Organization for Standardization. Solid biofuels – Determination of ash content(18122); 2016.
- [10] International Organization for Standardization. Solid biofuels – Determination of calorific value(18125); 2017.
- [11] International Organization for Standardization. Solid biofuels – Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen(16948); 2015.
- [12] International Organization for Standardization. Solid biofuels – Determination of total content of sulfur and chlorine(16994); 2016.
- [13] International Organization for Standardization. Solid biofuels - Determination of major elements - Al, Ca, Fe, Mg, P, K, Si, Na and Ti(16967); 2015.
- [14] International Organization for Standardization. Solid biofuels – Determination of minor elements(16968); 2015.
- [15] International Organization for Standardization. Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets and briquettes - Part 1: Pellets(17831-1); 2015.
- [16] International Organization for Standardization. Solid biofuels - Determination of fines content in samples of pellets(18846); 2016.
- [17] International Organization for Standardization. Solid biofuels - Determination of bulk density(17828); 2015.
- [18] International Organization for Standardization. Solid biofuels - Determination of ash melting behaviour(21404); 2020.

Prüfberichte des akkreditierten Analyzelabors zum Laubholzbrennstoff

				Probenbezeichnung		TK-02346-301		TK-02346-302		TK-02346-303		TK-02346-304	
				Probenahmedatum/ -zeit		23.09.2021		23.09.2021		23.09.2021		23.09.2021	
				Probennummer		121131054		121131055		121131056		121131057	
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	anl	wf	anl	wf	anl	wf	anl	wf
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz													
Gesamtwassergehalt	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 18134-2: 2017-05	0,1	Ma.-%	10,2	-	9,7	-	10,0	-	10,0	-
Brennwert (qV, gr)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 18125: 2017-08	200	kJ/kg	17200	19200	17100	19000	17400	19300	17600	19500
Heizwert (qp, net)	FR	RE000 FY	berechnet nach DIN EN ISO 18125: 2017-08	200	kJ/kg	15900	18000	15900	17800	16100	18100	16200	18300
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Asche (550 °C)													
Temperatur am Beginn der Schrumpfung SST	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	920	-	940	-	980	-	1080
Erweichungstemperatur DT	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	1230	-	1250	-	1270	-	1290
Halbkugeltemperatur HT	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	1240	-	1270	-	1280	-	1310
Fließtemperatur FT	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	1250	-	1280	-	1290	-	1340
Anorganische Summenparameter aus der Originalsubstanz													
Aschegehalt (550°C)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 18122: 2016-03	0,1	Ma.-%	8,6	9,6	8,4	9,3	7,7	8,6	7,3	8,1
Elemente aus der Originalsubstanz													
Chlor, gesamt	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16994: 2016-12	0,005	Ma.-%	0,022	0,024	0,012	0,014	0,012	0,014	0,015	0,016
Kohlenstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16948: 2015-09	0,2	Ma.-%	42,9	47,8	44,0	48,7	44,1	49,0	44,2	49,1
Wasserstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16948: 2015-09	0,1	Ma.-%	4,7	5,3	4,8	5,3	4,9	5,5	4,9	5,4
Stickstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16948: 2015-09	0,05	Ma.-%	0,75	0,84	0,73	0,80	0,67	0,75	0,64	0,71
Schwefel, gesamt	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16994: 2016-12	0,005	Ma.-%	0,118	0,131	0,087	0,096	0,090	0,100	0,067	0,074
Sauerstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16993: 2016-11		Ma.-%	32,7	36,4	32,3	35,8	32,5	36,1	32,9	36,5

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		TK-02346-301		TK-02346-302		TK-02346-303		TK-02346-304			
				BG	Einheit	Probenahmedatum/ -zeit		23.09.2021		23.09.2021		23.09.2021		23.09.2021	
				anl	wf	Probennummer		121131054		121131055		121131056		121131057	
Haupt-/Spurenelemente (DIN EN ISO 16967:2015-07 bzw. DIN EN ISO 16968:2015-09)															
Arsen (As)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,8	mg/kg	-	1,0	-	0,9	-	< 0,8	-	< 0,8		
Barium (Ba)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	68	-	60	-	50	-	38		
Blei (Pb)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	4	-	4	-	3	-	3		
Cadmium (Cd)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2		
Chrom (Cr)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	9	-	8	-	7	-	7		
Cobalt (Co)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	< 1	-	< 1	-	< 1	-	< 1		
Kalium (K)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	5	mg/kg	-	1960	-	1700	-	1540	-	1560		
Kupfer (Cu)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	27	-	25	-	20	-	13		
Mangan (Mn)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	163	-	156	-	156	-	160		
Molybdän (Mo)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	3	-	3	-	3	-	3		
Nickel (Ni)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	4	-	3	-	3	-	2		
Strontium (Sr)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	55	-	54	-	51	-	47		
Thallium (Tl)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2		
Titan (Ti)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	193	-	143	-	108	-	75		

				Probenbezeichnung		TK-02346-301		TK-02346-302		TK-02346-303		TK-02346-304	
				Probenahmedatum/ -zeit		23.09.2021		23.09.2021		23.09.2021		23.09.2021	
				Probennummer		121131054		121131055		121131056		121131057	
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	anl	wf	anl	wf	anl	wf	anl	wf
Elemente a.d.Borataufschluss d.Asche 550°C nach DIN 51729-11:1998-11-Bezug Asche													
Aluminium als Al ₂ O ₃	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	5,2	-	4,4	-	3,8	-	2,5
Calcium als Calciumoxid	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	26,6	-	29,6	-	30,1	-	35,5
Eisen als Fe ₂ O ₃	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	3,7	-	3,7	-	3,3	-	2,5
Kalium als K ₂ O	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	2,0	-	1,9	-	1,9	-	2,0
Magnesium als MgO	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	3,2	-	3,3	-	3,2	-	3,5
Natrium als Na ₂ O	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	0,3	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Phosphor als P ₂ O ₅	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	5,1	-	4,8	-	4,0	-	2,4
Silicium als SiO ₂	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	29,2	-	25,4	-	25,5	-	22,0
Elemente a. d. Borataufschluss d. Asche 550°C nach DIN 51729-11: 1998-11 (OS)													
Aluminium (Al)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,26	-	0,22	-	0,17	-	0,11
Calcium (Ca)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	1,82	-	1,96	-	1,85	-	2,07
Eisen (Fe)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,25	-	0,24	-	0,20	-	0,15
Kalium (K)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,16	-	0,15	-	0,13	-	0,14
Magnesium (Mg)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,19	-	0,18	-	0,17	-	0,17
Natrium (Na)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,02	-	0,02	-	0,01	-	0,01
Phosphor (P)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,21	-	0,20	-	0,15	-	0,09
Silicium (Si)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	1,31	-	1,10	-	1,02	-	0,84
Sonderanalytik													
Plausibilitätsprüfung	FR					OK	-	OK	-	OK	-	OK	-

Probenbezeichnung	TK-02346-305
Probenahmedatum/ -zeit	23.09.2021
Probennummer	121131058

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	anl	wf
-----------	------	------	---------	----	---------	-----	----

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

Gesamtwassergehalt	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 18134-2: 2017-05	0,1	Ma.-%	12,0	-
Brennwert (qV, gr)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 18125: 2017-08	200	kJ/kg	16900	19200
Heizwert (qp, net)	FR	RE000 FY	berechnet nach DIN EN ISO 18125: 2017-08	200	kJ/kg	15600	18100

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Asche (550 °C)

Temperatur am Beginn der Schrumpfung SST	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	1000
Erweichungstemperatur DT	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	1280
Halbkugeltemperatur HT	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	1290
Fließtemperatur FT	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 21404: 2020-06		°C	-	1310

Anorganische Summenparameter aus der Originalsubstanz

Aschegehalt (550°C)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 18122: 2016-03	0,1	Ma.-%	7,6	8,7
---------------------	----	-------------	------------------------------	-----	-------	-----	-----

Elemente aus der Originalsubstanz

Chlor, gesamt	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16994: 2016-12	0,005	Ma.-%	0,014	0,016
Kohlenstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16948: 2015-09	0,2	Ma.-%	43,1	49,0
Wasserstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16948: 2015-09	0,1	Ma.-%	4,7	5,3
Stickstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16948: 2015-09	0,05	Ma.-%	0,66	0,75
Schwefel, gesamt	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16994: 2016-12	0,005	Ma.-%	0,084	0,096
Sauerstoff	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 16993: 2016-11		Ma.-%	31,8	36,1

Probenbezeichnung	TK-02346-305
Probenahmedatum/ -zeit	23.09.2021
Probennummer	121131058

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	anl	wf
Haupt-/Spurenelemente (DIN EN ISO 16967:2015-07 bzw. DIN EN ISO 16968:2015-09)							
Arsen (As)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,8	mg/kg	-	< 0,8
Barium (Ba)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	44
Blei (Pb)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	3
Cadmium (Cd)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg	-	< 0,2
Chrom (Cr)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	6
Cobalt (Co)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	< 1
Kalium (K)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	5	mg/kg	-	1600
Kupfer (Cu)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	17
Mangan (Mn)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	157
Molybdän (Mo)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	3
Nickel (Ni)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	2
Strontium (Sr)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg	-	48
Thallium (Tl)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg	-	< 0,2
Titan (Ti)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	96

Probenbezeichnung	TK-02346-305
Probenahmedatum/ -zeit	23.09.2021
Probennummer	121131058

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	anl	wf
-----------	------	------	---------	----	---------	-----	----

Elemente a.d.Borataufschluss d.Asche 550°C nach DIN 51729-11:1998-11-Bezug Asche

Aluminium als Al ₂ O ₃	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	3,3
Calcium als Calciumoxid	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	32,7
Eisen als Fe ₂ O ₃	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	3,2
Kalium als K ₂ O	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	2,0
Magnesium als MgO	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	3,3
Natrium als Na ₂ O	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	0,2
Phosphor als P ₂ O ₅	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	3,4
Silicium als SiO ₂	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	Ma.-%	-	26,9

Elemente a. d. Borataufschluss d. Asche 550°C nach DIN 51729-11: 1998-11 (OS)

Aluminium (Al)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,15
Calcium (Ca)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	2,02
Eisen (Fe)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,20
Kalium (K)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,14
Magnesium (Mg)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,17
Natrium (Na)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,01
Phosphor (P)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	0,13
Silicium (Si)	FR	RE000 FY	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,01	Ma.-%	-	1,09

Sonderanalytik

Plausibilitätsprüfung	FR					OK	-
-----------------------	----	--	--	--	--	----	---

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		TK-02346-301		TK-02346-302		TK-02346-303		TK-02346-304	
				BG	Einheit	121131054		121131055		121131056		121131057	
						anl	wf	anl	wf	anl	wf	anl	wf

Eigenschaften

Mechanische Festigkeit	FR	RE000FY	DIN EN ISO 17831-1: 2016-05		Ma.-%	-	97,0	-	97,2	-	96,0	-	96,2
Feinanteil < 3,15 mm	FR	RE000FY	DIN EN ISO 18846: 2016-12	0,1	Ma.-%	-	< 0,1	-	0,8	-	1,5	-	1,3
Schüttdichte	FR	RE000FY	DIN EN ISO 17828: 2016-05		kg/m ³	-	760	-	760	-	710	-	764

Haupt-/Spurenelemente (DIN EN ISO 16967:2015-07 bzw. DIN EN ISO 16968:2015-09)

Zink (Zn)	FR	RE000FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	79	-	79	-	74	-	57
-----------	----	---------	--------------------------------------	---	-------	---	----	---	----	---	----	---	----

Haupt-/Spurenelemente (DIN EN ISO 16967:2015-07 bzw. DIN EN ISO 16968:2015-09)

Quecksilber (Hg)	FR	RE000FY	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,05	mg/kg	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05	-	< 0,05
------------------	----	---------	------------------------------------	------	-------	---	--------	---	--------	---	--------	---	--------

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

anl - Anlieferungszustand

wf - wasserfreier Zustand

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von EUROFINS Umwelt Ost GmbH (Bobritsch-Hilbersdorf) analysiert.

Die Bestimmung der mit RE000FY gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

				Probenbezeichnung		TK-02346-305	
				Probennummer		121131058	
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	anl	wf

Eigenschaften

Mechanische Festigkeit	FR	RE000FY	DIN EN ISO 17831-1: 2016-05		Ma.-%	-	97,9
Feinanteil < 3,15 mm	FR	RE000FY	DIN EN ISO 18846: 2016-12	0,1	Ma.-%	-	< 0,1
Schüttdichte	FR	RE000FY	DIN EN ISO 17828: 2016-05		kg/m ³	-	727

Haupt-/Spurenelemente (DIN EN ISO 16967:2015-07 bzw. DIN EN ISO 16968:2015-09)

Zink (Zn)	FR	RE000FY	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg	-	63
-----------	----	---------	--------------------------------------	---	-------	---	----

Haupt-/Spurenelemente (DIN EN ISO 16967:2015-07 bzw. DIN EN ISO 16968:2015-09)

Quecksilber (Hg)	FR	RE000FY	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,05	mg/kg	-	< 0,05
------------------	----	---------	------------------------------------	------	-------	---	--------

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

anl - Anlieferungszustand

wf - wasserfreier Zustand

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von EUROFINS Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

Die Bestimmung der mit RE000FY gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

Zertifizierung von Brennstoffen

Brennstoffhersteller

Idee

- Ich habe einen Brennstoff, den ich nach [§ 3 \(1\) Nr. 13 der 1. BImSchV](#) genehmigen lassen möchte
- Dieser erfüllt die Anforderungen der [Brennstoffnorm ISO 17225-6](#)
- Es handelt sich nicht um [Abfall](#)
- Einsatzstoff ist im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#) gelistet

Messkonzept erstellen

- Das Messkonzept umfasst eine Übersicht der genehmigungsrechtlichen Problemstellung, eine detaillierte Auflistung zur Brennstoffherstellung, einen Probenahmeplan und detaillierte Pläne zur Typprüfung und dem Messprogramm
- Verfahrensbeschreibung der Brennstoffherstellung
 - Einschätzung zur Abfalleigenschaft des Brennstoffes (darf nicht als Abfall eingestuft sein)
 - Brennstoffmenge, -qualität, -herkunft und -lagerung nachweisen, Herstellung in einer Charge, die für den gesamten Messzeitraum ausreichend ist
 - Technische Angaben und Unterlagen zur Feuerungsanlage
 - Bauteilliste der Verbrennungsanlage und Reparatur/Austauschmöglichkeiten
 - Typprüfung der Anlage nach [DIN EN 303-5](#) beim Anlagenhersteller (Leistungsklassen bei Baureihen und Teillastfähigkeit prüfen)
 - Einhaltung der Feuerungswärmeleistung der Anlage - Wärmemengenzähler installieren
 - Kontinuierliche Erfassung des Betriebs- & Leistungszustand der Anlage
 - Erforderlichkeit einer Abgasreinigungsanlage prüfen
 - Nennung einer notifizierten Messstelle nach [§ 29b BImSchG](#) für Typprüfung und das Messprogramm inkl. PCDD/F Messungen
 - Im Zeitplan des einjährigen Messprogramms liegen zwei Heizperioden
 - Kosten für das Verfahren: Abh. von der Behörde jedoch ca. 1.000 € für Ausnahmezulassung zzgl. Kosten für die notifizierte Messstelle ca. 130.000 €

Während des Messprogramms

- Der Immissionsschutzbehörde die Messtermine eine Woche im Voraus mitteilen. Die Teilnahme an den Messungen ermöglichen
- Messberichte vorlegen, nach Abschluss Messberichte in Form eines zusammenführenden Gesamtberichtes bündeln
 - Berichtsvorlage im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 52 ff.\)](#)
- Betriebstagebuch führen (Betriebsstunden, Vollastbetriebsstunden, Wartung, Reinigung, Störungen, Unterbrechungen, Brennstoffverbrauch, Kontrolle Staubabscheider etc.)

Mehr Informationen zum Projekt **MobiFuels?**



Scan or Click

Vorbereitung

- Kontaktaufnahme mit dem Anlagenhersteller für die Begleitung des Genehmigungsverfahrens in Form von Typprüfung u. ä., Feuerungswärmeleistung von ≤ 99 kW
- Vorgespräch mit der zuständigen unteren Immissionsschutzbehörde
- Ist meine Brennstoffherstellungsanlage eine immissionsschutzrechtliche Anlage im Sinne von [Nr. 8 des Anhangs der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen \(4. BImSchV\)](#) und wenn ja, liegt eine solche Genehmigung vor?
- Brennstoffanalyse von akkreditiertem Labor zum Nachweis der normativen Anforderungen der [ISO 17225-6](#)
- Ergebnisse von ersten Verbrennungsversuchen auswerten, um die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach [§ 5 \(1\) der 1. BImSchV](#) exemplarisch zu bestätigen
- Auswahl einer Kleinfeuerungsanlage (Feldanlage), die für ca. 1,5 Jahre und für mind. 1250 Vollaststunden im Messbetrieb zur Verfügung steht
- Für die Genehmigung des Brennstoffes muss zunächst eine Ausnahmezulassung von der unteren Immissionsschutzbehörde nach [§ 22 der 1. BImSchV](#) vorliegen
- Zusätzlich Unterlagen zur Einhaltung weiterer Anforderungen aus dem [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 41 ff.\)](#)

Ausnahmegenehmigung beantragen

- Vorbereitung des Antrags zur Ausnahmezulassung (durch den Anlagenbetreiber) – formloser Antrag in dem das Vorhaben beschrieben wird.
 - Darstellen, dass keine schädlichen Umweltwirkungen erwartet werden
- Ca. ½ Jahr Bearbeitungszeit einplanen

Kurz vor Start der Messungen

- Unterrichtung über Beginn und Ende der Messungen bei der Immissionsschutzbehörde
 - Brennstoffnachweis über Menge und Qualität vor Start des Probetriebes
 - Einhaltung Grenzwerte Gesamtstaub/CO direkt nach Einsatz des Probefenstoffs durch Bezirksschornsteinfeger oder unabhängige Messstelle (vor erster Messung)
 - Einhaltung der [Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV](#)
 - Gesamtstaub (0,02 g/m³)
 - CO (0,4 g/m³)
 - PCDD/PCDF (0,1 ng/m³ Toxizitätsequivalent) und
 - Benzo[a]pyren (0,01 mg/m³)
- Die Emissionswerte beziehen sich auf den Normzustand (273 K, 1013 hPa) des trockenen Abgases und 13 Vol.-% O₂

Genehmigungsbehörden

1

Ein Brennstoffhersteller oder Anlagenbetreiber möchte einen Brennstoff § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV zulassen

- Erfüllt dieser die Anforderungen der Brennstoffnorm [ISO 17225-6](#)
- Einsatzstoff ist im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 43 f.\)](#) gelistet
- Prüfung auf Umweltverträglichkeit anhand der Laborberichte
- Abfrage eines Probenahmeplans für die Brennstoffherstellung
- Vorbereitung Bearbeitung Antrag zur Ausnahmezulassung

Mehr Informationen
zum Projekt **MobiFuels?**



2

Zu übermittelnde Daten für die Ausnahmegenehmigung

Angefordertes Messkonzept beinhaltet:

- Verfahrensbeschreibung der Brennstoffherstellung
- Einschätzung zur Abfalleigenschaft des Brennstoffes (darf nicht als [Abfall](#) eingestuft sein)
- Ist die Brennstoffherstellungsanlage eine immissionsschutzrechtliche Anlage im Sinne von [Nr. 8 des Anhangs der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen \(4. BImSchV\)](#) und wenn ja, liegt eine solche Genehmigung vor?
- Brennstoffanalyse von akkreditiertem Labor zum Nachweis der normativen Anforderungen der [ISO 17225-6](#)
- Einhaltung der exemplarischen Emissionsgrenzwerte nach [§ 5 \(1\) der 1. BImSchV](#)
- Brennstoffmenge, -qualität, -herkunft und -lagerung nachweisen – Herstellung in einer Charge, die für den gesamten Messzeitraum ausreichend ist
- Probenahmeplan bei der Brennstoffherstellung
- Technische Angaben und Unterlagen zur Feuerungsanlage
- Bauteilliste der Verbrennungsanlage und Reparatur/Austauschmöglichkeiten
- Typprüfung der Anlage nach [DIN EN 303-5](#) beim Anlagenhersteller (Leistungsklassen bei Baureihen und Teillastfähigkeit prüfen) Feuerungswärmeleistung der Anlage – ist ein Wärmemengenzähler installiert? Feuerungswärmeleistung der Anlage – ist ein Wärmemengenzähler installiert?
- Kontinuierliche Erfassung des Betriebs- und Leistungszustand der Anlage
- Erforderlichkeit einer Abgasreinigungsanlage prüfen
- Im Zeitplan des einjährigen Messprogramms liegen zwei Heizperioden
- Einhaltung der [Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV](#)
 - Gesamtstaub (0,02 g/m³)
 - CO (0,4 g/m³),
 - PCDD/PCDF (0,1 ng/m³ TE) und
 - Benzo[a]pyren (0,01 mg/m³)

Die Emissionswerte beziehen sich auf den Normzustand (273 K, 1013 hPa) des trockenen Abgases und 13 Vol.-% O₂

- Nennung notifizierte Messtelle nach [§29b BImSchG](#) für Typprüfung, das Messprogramm inkl. PCDD/F Messungen
- Abgleich der Vorgaben des [LAI Dokuments \(03/2022\)](#) mit dem Brennstoffherstellungsverfahren, der Typprüfung und des Messprogrammes in tabellarischer Form (bei Verwendung der Vorlage vom DBFZ schon Teil des Messkonzepts)

3

Ausnahmegenehmigung erteilen

4

Nach Erteilung der Ausnahmegenehmigung

- Messprotokolle bewerten
- Ggf. Teilnahme bei Messtermin

5

Prüfung Abschlussbericht

- zusammenführender Gesamtbericht mit allen Messberichten
- Berichtsvorlage im [LAI Dokument \(03/2022\) \(S. 52 ff.\)](#)



Messkonzept für die Typprüfung nach DIN EN 303-5 und das anschließende einjährige Messprogramm für die Zulassung eines Brennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV als „sonstiger nachwachsender Rohstoff“

<p>Ansprechpartner für die Vorlage:</p>  <p>Energetische Biomassenutzung</p>  <p>Gefördert durch:</p>  <p>Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz</p> <p>aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages</p>	<p>Version 09/2023, Quelle: MoBiFuels Website</p> <p>DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH Torgauer Straße 116 04347 Leipzig Tel.: +49 (0)341 2434-112 Fax: +49 (0)341 2434-133 E-Mail: info@dbfz.de Internet: www.dbfz.de</p> 
<p>Ansprechpartner Messkonzept:</p>	
<p>Erstelldatum:</p>	
<p>Seitenzahl ohne Anlagen:</p>	

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
1. Übersicht der genehmigungsrechtlichen Problemstellung	5
2. Brennstoffherstellung	6
3. Durchführung der Typprüfung nach DIN EN 303-5	11
4. Durchführung des einjährigen Messprogramms	15
5. Fazit	23
6. Anhang	24
7. Optionaler Anhang – Filteranlage	25

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
BlmSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
EN	Europäische Norm
HTC	Hydrothermale Carbonisierung
ISO	International Organization for Standardization
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KW	Kalenderwoche
LAI	Bund-/Länderarbeitskreis für Immissionsschutz
TA	Technische Anleitung
THG	Treibhausgasemissionen
TM	Trockenmasse

1. Übersicht der genehmigungsrechtlichen Problemstellung

Die Zulassung eines modifizierten Biobrennstoffes ist laut § 3 Abs. 1 Nr. 13 in Verbindung mit § 3 Abs. 5 der 1. BImSchV als sonstiger nachwachsender Rohstoff möglich. Hierfür müssen vier Voraussetzungen zwingend eingehalten werden¹:

1. Für den Brennstoff müssen genormte Qualitätsanforderungen vorliegen.
2. Die Emissionsgrenzwerte nach Anlage 4 Nummer 2 müssen unter Prüfbedingungen eingehalten werden.
3. Beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb dürfen keine höheren Emissionen an Dioxinen, Furanen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen als bei der Verbrennung von Holz auftreten. Dies muss durch ein mindestens einjähriges Messprogramm an dem für den Einsatz vorgesehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden.
4. Beim Einsatz des Brennstoffes im Betrieb müssen die Anforderungen nach § 5 Abs. 1 eingehalten werden können. Dies muss durch ein mindestens einjähriges Messprogramm an dem für den Einsatz vorgesehenen Feuerungsanlagentyp nachgewiesen werden.

Die in Punkt 1 geforderten Qualitätsanforderungen für den Brennstoff wären mit der Einhaltung der DIN EN ISO 17225-6² erfüllt. Ein Grenzwertabgleich erfolgt in Kapitel 2. Ebenfalls unter diesem Abschnitt aufgeführt ist die Probenahme während des Produktionsprozesses. Anhand der Analyse der gewonnenen Proben können die Schwankungsbreiten der Brennstoffgüte beurteilt werden.

Die in Punkt 2 genannten Prüfbedingungen werden in einer Typprüfung für den Brennstoff gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 nach DIN EN 303-5 hergestellt. Bei dieser Typprüfung beim Brennstoffhersteller wird die Feuerungswärmeleistung beim Volllastbetrieb der Anlage festgelegt. Diese darf die von der 1. BImSchV vorgegebene Schwelle für genehmigungsfreie Feuerungsanlagengrößen bis 100 kW Nennwärmeleistung (bzw. im Fall eines Nichtregelbrennstoffes ≤ 99kW Feuerungswärmeleistung) nicht überschreiten. Auf die Durchführung der Typprüfung wird unter Kapitel 3 eingegangen.

Das in den Anforderungspunkten 3 und 4 erwähnte einjährige Messprogramm wird unter Kapitel 4 skizziert. Ergänzend zur 1. BImSchV wurde zum 17.03.2022 vom Bund/Länder-Arbeitskreis für Immissionsschutz ein Dokument für Auslegungsfragen/Vollzugsempfehlungen/Hinweise zur Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (LAI-Dokument³) veröffentlicht. In dieser Handlungsanweisung sind die Anforderungen für die Zulassung eines Brennstoffes der Kategorie aus § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV genauer geregelt⁴.

¹ Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. Bundesimmissionsschutzverordnung; 1. BImSchV; 2010.

² DIN. Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 6: Graded non-woody pellets; 27.190; 75.160.10 (17225-6). Berlin: Beuth; 2021.

³ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz. Auslegungsfragen/Vollzugsempfehlungen/Hinweise zur Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1.BImSchV) (17.03.2022); 2022.

⁴ Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen – 1. Bundesimmissionsschutzverordnung; 1. BImSchV; 2010.

2. Brennstoffherstellung

Klassifizierung des Brennstoffes als Abfall:

Ja, die zuständige Immissionsschutzbehörde hat eine Einschätzung zur Abfalleigenschaft abgegeben, dass die Abfalleigenschaft gemäß § 5 Abs. 1 KrWG verloren geht.

Nein, kein Abfallstoff.

Zuständige Immissionsschutzbehörde:

Die Probenahme zur Einhaltung der Grenzwerte nach DIN EN ISO 17225-6 als auch zur Abbildung der rohstoff- und prozessbedingten Schwankungen erfolgt gemäß den Vorgaben der DIN EN ISO 21 945⁵. Zur Wahrung der Vorgaben nach Probennormierung werden mindestens zehn Einzelproben (je Einzelprobe mind. 0,6 kg) aus dem laufenden Gutstrom der täglichen Herstellung entnommen und analysiert. Zusätzlich wird aus der Hälfte der Einzelproben (zufällige Auswahl) eine Tagesgesamtmischprobe (3 kg) erzeugt. Aus den Einzelproben werden die Leitparameter (Wasser-, Aschegehalt etc.) analysiert⁶. Die Gesamtmenge der Proben richtet sich nach der Anzahl der Brennstoffherstellungstage. Die Analyse erfolgt bei einem akkreditierten Prüflabor. Die Analysen im akkreditierten Prüflabor stellen die Konformität des Brennstoffes mit der Brennstoffnormierung DIN EN ISO 17225-6 sicher.

Im Folgenden werden Personen benannt, die nach LAGA PN 98⁷ befähigt sind, um die Probenahme im laufenden Gutstrom bei der Brennstoffherstellung durchzuführen:

⁵ DIN. Biogene Festbrennstoffe – Vereinfachtes Verfahren zur Probenahme bei kleinen Anwendungen; 27.190; 75.160.40 (21 945). Berlin: Beuth; 2020

⁶ Adam, R. et al. Systematic homogenization of heterogenous biomass batches – Industrial-scale production of solid biofuels in two case studies. Biomass and Bioenergy 173, 106808; 10.1016/j.biombioe.2023.106808 (2023).

⁷ LAGA PN 98: Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen

Brennstoffherstellung

Tabelle 1: Abgleich der Vorgaben des LAI-Dokuments mit der Brennstoffherstellung

Brennstoffanforderungen nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument	LAI-Dok	Umsetzung der Anforderungen an die Brennstoffherstellung
Beendigung der Abfalleigenschaft nach § 5 KrWG	S. 43	Voraussetzungen sind erfüllt und von der zuständigen Behörde bestätigt (siehe Kapitel 2).
Eindeutiger Produktname des Brennstoffes	S. 43	Bezeichnung lautet:
Die nach § 3 Abs. 5 der 1. BImSchV notwendigen Untersuchungen dürfen nicht von einer Stelle durchgeführt werden, die gleichzeitig auch Hersteller des Brennstoffes ist.	S. 43	Beschriebene Untersuchungen beziehen sich auf Messungen der Emissionsmessstelle bzw. Laboruntersuchungen des Brennstoffes. Im Vorhaben ist ausgeschlossen, dass der Brennstoffhersteller Emissionsmessungen oder Laboruntersuchungen vornimmt.
Anforderungen der DIN EN ISO 17225-6 werden eingehalten	S. 44	Siehe Tabelle 2 für Details
Eingliederbarkeit in Brennstoffklassen der DIN EN ISO 17225 muss vorliegen	S. 43/44	
Verwendung von Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen aus landwirt., forstwirt. oder gartenbaul. Betrieben	S. 44	Ja Nein
Keine weitere Veränderung als Trocknung, Torrefizierung, HTC, Zerkleinerung, Pelletierung, Herauslösen von Schadstoffen im Wasser	S. 44	Ja Nein findet keine Anwendung
Stoffl. Beschaffenheit von Hölzern vergleichbar mit Hölzern aus Forstwirt.	S. 44	Ja Nein findet keine Anwendung

Brennstoffherstellung

Brennstoffanforderungen nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument			LAI- Dok	Umsetzung der Anforderungen an die Brennstoffherstellung	
Verwendung von Nebenprodukten aus der Nahrungsmittelherstellung:				Ja	Nein
Nebenprodukt der Nahrungsmittel-, Wein-, Bier- oder Ethanolherstellung	S. 44			Ja	Nein
Erzeugt durch Trennen von Pflanzenbestandteilen, Waschen, Pressen, Vergären, Trocknen oder Extrahieren	S. 44			Ja	Nein
Pressrückstände, Steine von Steinobst, holzige Schalen, Rübenschnitzel, Wein, Biertrester oder Getreideschlempe	S. 44			Ja	Nein
Sonstige Punkte					
Lose Verbrennung möglich, wenn chemisch unbehandelt	S. 44			Ja	Nein findet keine Anwendung
Rohstoffzusammensetzung und Konformität dokumentieren	S. 44			Dokumentation der Konformität mit der DIN EN ISO 17225-6 auf Basis der geplanten Probenahme wird erfolgen.	

Brennstoffherstellung

Tabelle 2: Übersicht der Eigenschaften des Brennstoffes im Vergleich zur ISO 17225-6

Parameter	Verfahren	Einheit	Grenzwert nach ISO 17225-6 Güte A	Grenzwert nach ISO 17225-6 Güte B	Ø Brennstoff
Herkunft / Bezeichnung gemäß	ISO 17 225-1				
Durchmesser, D, und Länge, L	ISO 17 829	mm	D06 bis D25, $D \pm 1$; $3,15 \leq L \leq 40$ (von D06 bis D10)	D06 bis D25, $D \pm 1$; $3,15 \leq L \leq 40$ (von D06 bis D10)	
Feuchtegehalt	ISO 18 134-1, ISO 18 134-2	Ma.-%	≤ 12	≤ 15	
Aschegehalt (550 °C)	ISO 18 122	Ma.-% TM	≤ 6	≤ 10	
Mechanische Festigkeit DU	ISO 17 831-1	Ma.-%	$\geq 97,5$	$\geq 96,0$	
Feinanteil	ISO 18 846	Ma.-%	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	
Additive		Ma.-%	≤ 5 , Typ und Menge angeben	≤ 5 , Typ und Menge angeben	
Heizwert, H (bezogen auf Frischmasse)	ISO 18 125	MJ/kg	$\geq 14,5$	$\geq 14,5$	
Schüttdichte BD	ISO 17 828	Ma.-%	≥ 600	≥ 550	
Stickstoff, N	ISO 16 948	Ma.-% TM	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	
Schwefel, S	ISO 16 994	Ma.-% TM	$\leq 0,20$	$\leq 0,30$	
Chlor, Cl	ISO 16 994	Ma.-% TM	$\leq 0,10$	$\leq 0,30$	

Brennstoffherstellung

Parameter	Verfahren	Einheit	Grenzwert nach ISO 17225-6 Güte A	Grenzwert nach ISO 17225-6 Güte B	Ø Brennstoff
Arsen, As	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 1,0	≤ 1,0	
Cadmium, Cd	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 0,5	≤ 0,5	
Chrom, Cr	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 50	≤ 50	
Kupfer, Cu	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 20	≤ 20	
Blei, Pb	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 10	≤ 10	
Quecksilber, Hg	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 0,1	≤ 0,1	
Nickel, Ni	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 10	≤ 10	
Zink, Zn	ISO 16 968	mg/kg TM	≤ 100	≤ 100	
Ascheerweichungs- temperatur SST	ISO 21 404	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	
Schmelztemperatur DT	ISO 21 404	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	
Halbkugeltemperatur HT	ISO 21 404	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	
Fließtemperatur FT	ISO 21 404	°C	Ist anzugeben	Ist anzugeben	

3. Durchführung der Typprüfung nach DIN EN 303-5

Notifizierte Messstelle nach § 29b BimSchG:

Erfahrungen im Umgang mit nichtholzigen Biomassen sowie deren Besonderheiten (z. B. Emissionscharakteristika, niedrig schmelzende Aschen) liegen bei der Messstelle vor. Ja Nein

Verbrennungsanlage:

Adresse Prüfstand:

Hergestellter Brennstoff:

Die Verbrennungsanlage wurde auf dem Prüfstand nach DIN EN 303-5⁸ bereits mit Holzpellets untersucht und bestanden. Das dabei ausgestellte Zertifikat finden Sie im Anhang des Dokuments. Die Typprüfung der Verbrennungsanlage mit dem hergestellten Brennstoff findet voraussichtlich beginnend vom statt.

Die technischen Daten der Verbrennungsanlage sind in der Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3: Technische Daten zur Verbrennungsanlage

Technische Daten	Verbrennungsanlage am Prüfstand
Nennleistung [kW] beim Einsatz von	
Teillast (30 %) [kW]	
Vorlauftemperatur max. [°C]	
Betriebsdruck max. [bar]	
Zugbedarf Kamineingang [mbar]	
Abgasvolumen bei Nennlast [m ³ /h]	
Abgasvolumen bei Teillast [m ³ /h]	
Abgasmassenstrom bei Nennlast [g/s]	
Abgasmassenstrom bei Teillast [g/s]	

⁸ Aktuelle Fassung: DIN EN 303-5, 2021: Heizkessel – Teil 5: Heizkessel für feste Brennstoffe, manuell und automatisch beschickte Feuerungen, Nennwärmeleistung bis 500 kW – Begriffe, Anforderungen, Prüfungen und Kennzeichnung. 91.140.10 (303-5). Berlin: Beuth; 2021

Durchführung der Typprüfung nach DIN EN 303-5

Technische Daten	Verbrennungsanlage am Prüfstand
Abgastemperatur Nennlast [°C]	
Abgastemperatur Teillast [°C]	
Durchmesser Abgasstutzen [DN]	
Kamineingangshöhe min. [m]	
Kohlenstoffdioxidgehalt ca. [Vol.%]	
Brennstoffbedarf ca. [kg/h]	
Wasserinhalt [L]	
Wasserseitiger Widerstand [mbar]	
Temperaturerhöhung von 60 °C auf 80 °C [min]	
Wasserdurchfluss [L/h]	
Anschluss Vor-/Rücklauf	
Länge ohne Stoker [m]	
Breite (Einbringmaß) [m]	
Höhe (Einbringmaß) [m]	
Gewicht mit Keramik [t]	
Heizfläche [m ³]	
Blechstärke Feuerraum [mm]	
Material Feuerraum	
Gewicht Keramik [t]	

Durchführung der Typprüfung nach DIN EN 303-5

Tabelle 4: Abgleich der Vorgaben des LAI-Dokuments mit den Randbedingungen bei der Typprüfung

Anforderung an die Typprüfung nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. dem § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument	LAI- Dok	Umsetzung der Anforderungen am Typprüfstand
Allgemeines zur Typprüfung:		
Nutzung der Grenzwerte nach Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV, bzw. für Dioxin, Furan und B(a)P aus LAI-Dokument	S. 47/48	Vorgegebene Grenzwerte sind einzuhalten.
Messstelle ist nach DIN EN ISO 17025 für die Prüfung nach DIN EN 303-5 akkreditiert.	S. 46	ist für die Messungen nach DIN EN 303-5 akkreditiert.
Messstelle ist nach § 29b BImSchG bekanntgegeben für Emissionsmessungen.	S. 46	ist nach § 29b BImSchG die bekanntgegebene Messstelle.
Teillastfähigkeit der Anlage	S. 48	Teillastfähigkeit der Anlage für den Brennstoff wird auf dem Prüfstand ermittelt. Bei Teillastfähigkeit wird Minimalteillast ermittelt.
Anlage ist Teil einer Baureihe. Wenn ja, Leistungsklassen bei Baureihen beachten.	S.45/46	Ja Nein
Prüfbrennstoff:		
Prüfbrennstoff muss für die Anlage geeignet sein.	S. 45	Nutzung der in Tabelle 3 beschriebenen Anlage. Der in Kapitel 2 beschriebene Brennstoff ist für die Verbrennung in dieser Anlage geeignet.
Prüfbrennstoff identisch mit zuzulassendem Brennstoff	S. 45	Brennstoff der Typprüfung und des einjährigen Messprogramms werden in einer Charge hergestellt. Schwankungsbreite innerhalb der Charge wird mittels Laboranalysen noch ermittelt.
Angabe der Mischrezeptur [%]: Pflanzenspezies und die vierstellige Brennstoffspezifikation gemäß DIN EN ISO 17225-1	S. 45	

Durchführung der Typprüfung nach DIN EN 303-5

Anforderung an die Typprüfung nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. dem § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument	LAI- Dok	Umsetzung der Anforderungen am Typprüfstand
Angabe von Eigenschaften nach DIN EN ISO 17225-6 und relevante Daten zum Prüfbrennstoff (Lieferant, Menge)	S. 45/46	Der Brennstoffhersteller wird den Brennstoff in einer Charge mit einer Gesamtmenge von t herstellen. Die Einhaltung der DIN EN ISO 17225-6 wird analog zur Tabelle 2 für die Gesamtcharge nach der in Kapitel 2 beschriebenen Probenahme durchgeführt. Die Konformität des Brennstoffes wird vom Analyseprotokoll des akkreditierten Prüflabors bestätigt.
Prüfbrennstoff aus einer Charge	S. 46	Die Herstellung erfolgt in einer Charge am Standort.
Emissionsmessungen:	S. 47	
Erzeugung von Rückstellproben von Brennstoff, Asche, Filterstaub und Ablagerungen im Wärmetauscher	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments bzw. der DIN EN 1948 werden bei der Typprüfung durch die eingesetzte Messstelle umgesetzt.
PCDD/PCDF nach DIN EN 1948 (3x 6–8 h)	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments bzw. der DIN EN 1948 werden bei der Typprüfung durch die eingesetzte Messstelle umgesetzt.
Ermittlung von, Staub-, Kohlenstoffmonoxid- (CO) und Stickstoffoxidemissionen (NO _x) sowie Sauerstoffgehalt und Temperatur im Abgas	S. 48/49	Die Vorgaben des LAI-Dokuments bzw. der DIN EN 1948 werden bei der Typprüfung durch die eingesetzte Messstelle umgesetzt.
Auswertung nach DIN EN 1948, Blatt 3; Bewertungsschema nach WHO 2005	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments bzw. der DIN EN 1948 werden bei der Typprüfung durch die eingesetzte Messstelle umgesetzt.
Kühler für Wärmeträgermedium ist einzusetzen	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments bzw. der DIN EN 1948 werden bei der Typprüfung durch die eingesetzte Messstelle umgesetzt.
Ausfüllung des Mustermessberichts	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments bzw. der DIN EN 1948 werden bei der Typprüfung durch die eingesetzte Messstelle umgesetzt.

4. Durchführung des einjährigen Messprogramms

Adresse Feldanlage:

Ist die Anlage teillastfähig?

Ja, die Verbrennungsanlage ist teillastfähig, weshalb das Messprogramm von vier Messungen im Sinne des § 3 Abs. 5 Nr. 3 und Nr. 4 der 1. BImSchV zur Bestimmung von Dioxin- und Furan- sowie B(a)P-Emissionen im Abgas der Feuerungsanlage geprägt ist.

Nein, die Verbrennungsanlage ist nur volllastfähig. Es werden zwei Messungen am Anfang und Ende des Betriebsjahres im Sinne des § 3 Abs. 5 Nr. 3 und Nr. 4 der 1. BImSchV zur Bestimmung von Dioxin- und Furan- sowie B(a)P-Emissionen im Abgas der Feuerungsanlage durchgeführt.

Wie auch bei der Typprüfung wird die Messstelle die Messtätigkeiten im einjährigen Messprogramm an der Feldanlage übernehmen. Zudem werden von der Messstelle die Staub-, Kohlenstoffmonoxidemissionen sowie der Sauerstoffgehalt im Abgas aufgezeichnet. Ferner erfolgt die Ermittlung der Abgastemperatur.

Die Vorgaben der Vollzugsempfehlung für Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 17.03.2022 der Bund-/Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz in Verbindung mit § 3 Abs. 5 Nr. 3 und Nr. 4 der 1. BImSchV werden durch die Messstelle zu den in Tabelle 5 genannten Anwesenheitsterminen umgesetzt. Erfahrungen im Umgang mit nichtholzigen Biomassen seitens der Messstelle liegen durch die zum Zeitpunkt des einjährigen Messprogramms bereits durchgeführte Typprüfung vor.

Tabelle 5: Anwesenheitstermine der Messstelle

Anwesenheitstermine der Messstelle

Neben der Messstellentätigkeit wird auch zwischen den in Tabelle 5 genannten Messterminen die Anlagenleistung sowie der Anlagenbetrieb ermittelt. Dies geschieht zum einen durch Bestimmung der Nennwärmeleistung der Verbrennungsanlage durch Ermittlung der Vor- und Rücklauftemperatur des Kühlwassers mittels eines Wärmemengenzählers. Zum anderen muss gewährleistet werden, dass die maximal zulässige Feuerungswärmeleistung von 99 kW nicht überschritten wird. Die maximal zulässige Feuerungswärmeleistung wird über eine Begrenzung in der Kesselsteuerung (Puls- und Pausenzeiten der Brennstoffzufuhr) garantiert. Die Steuergrenzen werden im Vorfeld aus Erfahrungen bei der Typprüfung generiert und stellen sicher, dass mit Einbeziehung der Wärmeverluste über den Abgasstrom die Feuerungswärmeleistung von 99 kW nicht überschritten wird.

In Tabelle 6 sind alle Bauteile der Feldanlage gelistet, die während des einjährigen Messprogramms ausfallen könnten. Vorab erfolgt eine Einschätzung, ob eine Reparatur oder ein baugleicher Ersatz zulässig sind oder die Änderungen ein gravierender Eingriff in das System wären.

Durchführung des einjährigen Messprogramms

Tabelle 6: Bauteilliste der verwendeten Feldanlage mit Eingruppierung in tauschbare und nicht tauschbare Bauteile während der Durchführung des einjährigen Messprogrammes



In dieser Tabelle werden alle Anlagenbauteile, -gruppen gelistet. Die bereits bestehende Liste ist ein Beispiel und kann entsprechend angepasst/ergänzt werden. Die Auswahl der Reparaturen ist hier ebenfalls beispielhaft gelistet. Hier ist es erforderlich, das Dropdownmenü zu öffnen und einen Eintrag auszuwählen. Der Eintrag für die Steuerung ist hier anpassbar.

Anlagenbauteil, -gruppe	zulässige, kleine Reparaturen**
Rauchgasgebläse*	
Verbrennungsluftgebläse*	
Zündung / Zündgebläse*	
Rauchgastemperaturfühler*	
Motoren	
Lager	
Elektronik des Ascheschiebers	
Steuerung (Hardware)	
- Sicherheitstemperaturbegrenzer / Kesseltemperaturwächter	
- Thermische Ablaufsicherung	
- Unterdruckdose	
- Lichtschranke an Übergabeschnecke	
- Aschethermostat	
- Türschalter	
Brennraum	
- Keramik	
- Aschequerschnecke	
- Ascheschieber	

Durchführung des einjährigen Messprogramms

Anlagenbauteil, -gruppe	zulässige, kleine Reparaturen**
Ascheaustragung	
- Lambdasonde	
Übergabeschnecke – Brennstoffzufuhr	
- Türabdichtung	
- Rückbrandklappe	
- Stokerschnecke	
Abgaskanal	
- Temperaturmesssonde im Abgas	
Filteranlage	
- Filterkerzen	
- Druckluftabreiniger	
- Zudosierung vom Coating	

Allgemein: Sofern Hardwarebauteile 1:1 getauscht werden, sollte dies, sofern keine Verschlechterung im Emissionsverhalten zu erwarten ist, unproblematisch sein (Nachweispflicht).

* Ein Defekt dieses Bauteils kann nur in der Elektronik begleitet von einem kompletten Funktionsverlust des Bauteils liegen. Es sind damit nur zwei Zustände (funktionstüchtig, nicht funktionstüchtig) möglich. Eine schleichende Funktionsverschlechterung wird explizit ausgeschlossen.

** Der Neustart wird durch "gravierende Änderungen während des Probebetriebs, z. B. Änderungen, die die Konstruktion der Anlage betreffen oder bei einem Austausch von Baugruppen (z. B. Brennelemente)" begründet.

Durchführung des einjährigen Messprogramms

Tabelle 7: Berechnungsparameter zur Bestimmung der beim einjährigen Messprogramm anfallenden Gesamtaschemenge

Berechnungsparameter	Kennwerte der Feldanlage	
Nennleistung Heizanlage		kW
Wirkungsgrad		%
Feuerungsleistung		kW
Heizwert Brennstoff		kWh/kg
Brennstoff pro Stunde		kg
Aschegehalt		%
Asche pro Stunde		kg
Volllaststunden		h/a
Aschemenge Volllaststunden		kg
Zuschlag für An-/Abfahren etc.		%
Gesamt Aschemenge über einjähriges Messprogramm		kg
Schüttgewicht Asche		kg/m ³
Volumen Asche		m ³

Durchführung des einjährigen Messprogramms

Tabelle 8: Abgleich der Vorgaben des LAI-Dokuments mit den Randbedingungen beim einjährigen Messprogramm

Anforderung an das einjährige Messprogramm nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. dem § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument	LAI-Dok	Umsetzung der Anforderungen im einjährigen Messprogramm an der Feldanlage
Allgemeines zum einjährigen Messprogramm:		
Betriebsdauer min. 7 Monate	S. 46	Ein Anlagenbetrieb während der Sommermonate findet erfahrungsgemäß nicht statt.
Min. 1.250 Volllaststunden	S. 46	Die Laufzeit von 1.250 Volllaststunden ist für den einjährigen Messbetrieb gewährleistet. Mit Hilfe eines Wärmemengenzählers werden die Volllaststunden ermittelt.
Brennstoff aus einer Charge	S. 46	Wurde bei der Brennstoffherstellung berücksichtigt. Die hergestellte Brennstoffmenge i. H. v. t ist ausreichend.
Brennstoffdokumentation	S. 46/47	Brennstofflieferant und Menge wird dokumentiert. Die ausschließliche Nutzung des Brennstoffs während des einjährigen Messprogramms wird sichergestellt.
Wartung der Anlage nach Herstellervorgaben	S. 47	Der Hersteller wartet die Anlage während des einjährigen Messprogramms selbst.
Störungsdokumentation	S. 47	Die Störungen werden anlagenseitig mit Hilfe der Verbrennungssteuerung aufgezeichnet. Störungen, die nicht anlagenbezogen sind, werden über eine zusätzliche Dokumentationsliste durch den Anlagenbetreiber aufgezeichnet.
Bauteilaustausch führt zu Neubeginn des einjährigen Messprogrammes	S. 47	Die Reparatur von Kleinteilen ist zulässig; Ein Vorschlag für austauschbare und nicht austauschbare Teile findet sich in Tabelle 6.
Reparatur-, Wartungs-, Reinigungsdokumentation	S. 47	Die Reparatur-, Wartungs-, Reinigungsdokumentation wird vom Anlagenbetreiber in einer Dokumentationsliste aufgezeichnet.
PCDD/PCDF und B(a)P-Emissionsmessungen:		
Prüfung der Dokumentation	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.
Rückstellproben von Brennstoff, Asche, Filterstaub und Ablagerungen im Wärmetauscher	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.
PCDD/PCDF nach DIN EN 1948 für drei Bestimmungen mit einem Probenahmezeitraum von 6–8 h	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.

Durchführung des einjährigen Messprogramms

Anforderung an das einjährige Messprogramm nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. dem § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument	LAI-Dok	Umsetzung der Anforderungen im einjährigen Messprogramm an der Feldanlage
B(a)P-Bestimmung mit identischer Probe	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.
Kühler für Wärmeträgermedium ist einzusetzen.	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.
Nutzung des Mustermessberichts	S. 47	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.
Messungen vor Reinigung bzw. Wartung der Anlage	S. 47/48	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.
Reinigung der Brennkammer täglich möglich	S. 47/48	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt.
Messungen an Anlagen für Voll- und Teillastbetrieb:		
Vor Beginn und zum Abschluss des Betriebsjahres	S. 48	Start und Abschluss des Betriebsjahres sind in Tabelle 9 gelistet.
Zwei zusätzliche Messungen dazwischen	S. 48	Die zwei zusätzlichen Messungen sind erforderlich, wenn die Anlage teillastfähig ist. Die Messungen befinden sich in der Übergangszeit. Die weiteren zwei Messungen sind ebenfalls in Tabelle 9 gelistet.
PCDD/PCDF Probenahme über 6–8 h mit 85 % Teillast und 15 % Volllast	S. 48	Zur Einstellung des Teillastbetriebes wird die Brennstoffmenge reduziert. Die Kesselsteuerung passt in diesem Zusammenhang die Luftzufuhr auf die reduzierte Brennstoffzufuhr automatisch an. Über den verbauten Wärmemengenzähler ist im Nachgang ebenfalls die Einhaltung der Teillastbetriebsdauer kontrollierbar.
Beurteilung der Messergebnisse:		Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt. Die Beurteilung der Messergebnisse erfolgt ausschließlich durch die Messstelle.
Leitsubstanz für PAK ist Benzo(a)pyren.	S.48	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt. Die Beurteilung der Messergebnisse erfolgt ausschließlich durch die Messstelle.
Vergleichsgrenzwerte: PCDD/PCDF: 0,1 ng/m ³ Toxizitätsequivalent, B(a)P: 0,01 mg/m ³ ; bezogen auf 13 Vol.-% O ₂ -Gehalt	S.48	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt. Die Beurteilung der Messergebnisse erfolgt ausschließlich durch die Messstelle.
keine Überschreitung falls: höchster Messwert ≤ Vergleichswert	S.48	Die Vorgaben des LAI-Dokuments werden beim einjährigen Messprogramm durch die eingesetzte Messstelle kontrolliert bzw. umgesetzt. Die Beurteilung der Messergebnisse erfolgt ausschließlich durch die Messstelle.

Durchführung des einjährigen Messprogramms

Anforderung an das einjährige Messprogramm nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. dem § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument	LAI-Dok	Umsetzung der Anforderungen im einjährigen Messprogramm an der Feldanlage
PCDD/PCDF-, B(a)P-, Staub-, CO-Emissionen umfassen drei Einzelmessungen mit Referenzverfahren	S. 49	Die Durchführung von drei Einzelmessungen mit Referenzversuch wurde mit der Messstelle im Nachgang vereinbart.
Staubmessungen nach VDI 2066 Blatt 1 mit abweichenden Regelungen für Probenahme und Auswertung aus VDI 4206-2	S. 49	Die Staubmessung wird von der Messstelle ebenfalls nach genannter Vorschrift durchgeführt.
Anschließende Nachweispflichten für:		
Maßnahme für gleichbleibende Brennstoffqualität: Rohstoffzusammensetzung entspricht Zusammensetzung des Versuchs Brennstoffes, Herstellung nach gleicher Rezeptur. Es sind Abweichungen beim prozentualen Gehalt an Rohstoffen aufgrund von Inhomogenitäten im Vergleich zum Versuchs Brennstoff von bis zu 10 % möglich. Die gleichbleibende Qualität des zuzulassenden Brennstoffs ist sicherzustellen.	S. 50	Der Nachweispflicht wird durch eine ausführliche Probenahme beim hergestellten Brennstoff nachgekommen. Schwankungsbreiten werden ermittelt. Die zu erwartenden Schwankungsbreiten sollten gering sein.
Gewährleistung, dass Gehalte an Asche, Chlor, Stickstoff, Kalium unter Werten des Versuchs Brennstoffes liegen	S. 50	Geringe Schwankungsbreiten im Brennstoff (siehe Tabelle 2 außer Kalium) gewährleisten, dass Gehalte an Asche, Chlor und Stickstoff im realen Brennstoff nicht über den Gehalten im Versuchs Brennstoff liegen.
Gewährleistung, dass Ascheerweichungstemperatur über Wert des Versuchs Brennstoffes liegt	S. 50	Schwankungsbreiten bei der Ascheerweichungstemperatur werden im Nachgang des Herstellungsprozesses nach der Analyse der Proben ermittelt. Eine Übermittlung erfolgt im Zuge der Erfüllung der Nachweispflichten.
Analyse des Untersuchungsbrennstoffes sowie Konformität mit DIN EN ISO 17225-6	S. 50 (2a)	Siehe Tabelle 2
Angabe der Mischrezeptur [%]: Pflanzenspezies und die vierstellige Brennstoffspezifikation gemäß DIN EN ISO 17225-1	S. 50 (2a)	
Nachweis der Beschaffung ausreichender Mengen an Brennstoff für Typprüfung und einjähriges Messprogramm	S. 50 (2b)	Die Herstellung ausreichender Mengen wird sichergestellt. Siehe Kapitel 2 zur Brennstoffherstellung.
Nachweise zur Prüfstandsmessung	S. 50 (2c)	Der Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen bei der Typprüfung wird mit Vorlage des Messberichts erfolgen.

Durchführung des einjährigen Messprogramms

Anforderung an das einjährige Messprogramm nach § 3 Abs. 1 Nr. 13 der 1. BImSchV i. V. m. dem § 3 Abs. 5 Nr. 2, der Anlage 4 Nr. 3 der 1. BImSchV und dem LAI-Dokument	LAI- Dok	Umsetzung der Anforderungen im einjährigen Messprogramm an der Feldanlage
Messberichte der akkreditierten, zertifizierten Prüfstelle	S. 50 (2d)	Der Messbericht wird mit dem Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen bei der unteren Immissions-schutzbehörde nach dem einjährigen Messprogramm eingereicht.
Reinigungs- und Wartungsdokumentation für Anlage	S. 50 (2e)	Die Reinigungs- und Wartungsdokumentation wird nach der Durchführung des einjährigen Messprogramms mit Hilfe der Vorlage vom LAI-Dokument bei der zuständigen Behörde eingereicht.
Bewertung ob § 3 Abs. 5 der 1. BImSchV erfüllt nach:		
Sachverständigen- und Plausibilitätsprüfung des Berichtes einer nach § 29 b BImSchG zugelassenen Mess-stelle	S. 51	Die Einreichung der Sachverständigenprüfung des vollständigen Berichts der unteren Immissionsschutzbe-hörde erfolgt durch die Messstelle.
Schornsteinfeger darf in Prüfunterlagen einsehen	S. 51	Der Bericht sowie die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse werden der/dem Schornsteinfeger:in entsprechend Annex 1 und 2 zu Anhang 1 des LAI-Dokuments zugänglich gemacht.
Brennstoffzulassung ist anlagentypspezifisch	S. 51	Dies bezieht sich sowohl auf die Feuerungsanlage, den Gewebefilter, wie auf den Brennstoff mit der verwen-deten Rezeptur in der Typprüfung und dem einjährigen Messprogramm.

5. Fazit

Im Messkonzept wurden die genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen für die Brennstoffherstellung, die Typprüfung nach DIN-EN 303-5 und die Durchführung des einjährigen Messprogramms, das im Rahmen der Zulassung eines Brennstoffes gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 in Verbindung mit § 3 Abs. 5 der 1. BImSchV als „sonstiger nachwachsender Rohstoff“ gefordert ist, dargelegt. Die geplante Umsetzung der Anforderungen aus dem LAI-Dokument an die Typprüfung, den Brennstoff und das Messprogramm sind tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 9: Zeitplan des Vorhabens

Geplantes Vorhaben:	Jahr / Kalendermonat																							
	20												20											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Typprüfung EN303-5																								
Messungen einjähriges Messprogramm																								

Hiermit ist gewährleistet, dass das einjährige Messprogramm zwei Heizperioden abdeckt.

Die Ausnahmegenehmigung nach § 22 der 1. BImSchV für die Feldanlage

ist die Grundlage für das Messprogramm und die Zulassung eines biogenen Brennstoffs gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 13 in Verbindung mit § 3 Abs. 5 der 1. BImSchV.

Anhang

6. Anhang

Brennstoffherstellung Verfahrensbeschreibung

Lageplan Heizungsanlage

Technische Verbrennungsanlage

Prüfzertifikat der Kesselfamilie nach EN 303-5

Formloser Antrag für die Ausnahmegenehmigung nach § 22 der 1. BImSchV

7. Optionaler Anhang – Filteranlage

Zur Reinigung des Abgases wird ein Filter vom Typ _____ verwendet.
 Diese Filteranlage ist _____ mit dem bei der Durchführung der Typprüfung verwendeten Filter. Ein baugleicher Filter ist hierbei ein Filter des gleichen Modells. Beim identischen Filter wird der Filter an Anlage der Typprüfung abgebaut und an der Feldanlage wiederaufgebaut. Die technischen Daten der Filteranlage sind in Tabelle 10 beschrieben.

Tabelle 10: Technische Daten der Filteranlage

Technische Daten Filteranlage	Einheit
Baujahr	
Volumenstrom	m ³ /h
Filterfläche	m ²
Gesamtpressung	Pa bei °C

Durch die Verwendung der Filteranlage kommt es zu keinen schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Emissionen von Dioxinen und Furanen, da bei der Verbrennung von Biomasse entstehende Dioxine und Furane zu großen Teilen am Staub gebunden werden. Dadurch passieren diese in der Regel nicht den in der Typprüfung bzw. dem einjährigen Messprogramm eingesetzten Staubfilter.

Einsatz von Precoatingmaterial: Ja Nein

Wenn ja, Art des Precoatingmaterials:

Zur Bestimmung der Emissionen im Abgas nach DIN EN 1948⁹ wird eine Abgasmessstrecke nach der Filteranlage installiert. Die Messstrecke weist für die Messungen der Prüfstelle erforderliche Messstutzen auf, in der die Abgassonden platziert werden können.

⁹ EN 1948-1, 2006: Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 1: Probenahme von PCDD/PCDF