



Gesundheitliche
Aspekte der energetischen
Biomassenutzung

*Aspects sanitaires de
la production d'énergie à
partir de biomasses*

PROJEKTERGEBNISSE

RÉSULTATS DU PROJET

LAUFZEIT | DURÉE 01.01.2013 - 31.05.2015



INHALTSVERZEICHNIS	
I. Vorwort: Ein europäisches Projekt mit regionaler Perspektive	03
II. Vorwort der BIOCOMBUST Projektleitung	04
III. Einleitung: Das Projekt BIOCOMBUST	05
1) UNTER DER LUPE	
Forschungsthema 1: Charakterisierung von Partikeln aus der Biomasse-Verbrennung	08
1.1. Probensammlung	09
1.1.1. Probensammlung an experimentellen Verbrennungsanlagen	09
1.1.2. Verbrennungsanlagen als Lieferant für Probenmaterial	10
1.1.3. Außenluftmessungen mit dem MoLa	10
1.1.4. Sammeln und Messen von atmosphärischen Partikeln	11
1.2. Ergebnisse	12
1.2.1. Emissionen aus Biomasse-Verbrennung	12
1.2.2. Morphologie und Fluoreszenz	14
1.2.3. Chemische und mineralogische Bestimmung	15
1.2.4. Einfluss von Biomasse-Verbrennungsanlagen auf die Luftqualität	16
1.2.5. Charakterisieren von atmosphärischen Partikeln	17
2) FÜR DIE GESUNDHEIT	
Forschungsthema 2: Untersuchungen zu biologischen Effekten von Partikeln und Aschen aus der Biomasse-Verbrennung	18
2.1. Ergebnisse	19
2.1.1. Fluoreszenz-mikroskopische Untersuchungen	19
2.1.2. Die Auswirkungen verschiedener Feinstaubpartikel auf die Zelltoxizität und Genotoxizität	20
2.1.3. Exposition von Zellen an der Luft-Flüssigkeits-Grenzschicht	20
2.1.4. Die Toxizität der Verbrennungspartikel in Abhängigkeit von PAK	22
2.1.5. Untersuchungsmodell für Entzündungsprozesse in Zellen	23
2.1.6. Auswirkungen von Feinstaub auf den Schutzmechanismus von Zellen	24
2.1.7. Auswirkung von Feinstaub auf Lungenzellen bei längerer Einwirkung	24
2.1.8. Etablierung von 3D Kulturen der Lunge	25
3) DER UMWELT ZULIEBE	
Forschungsthema 3: Verwertbarkeit der Aschen aus der Biomasse-Verbrennung in der Zementindustrie	26
3.1. Versuchsaufbau	27
3.2. Ergebnisse	27
4) ÖFFENTLICHKEITSARBEIT	30
4.1. Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit	30
4.2. Das Kommunikationskonzept »Wissenschaft hautnah«	31
4.3. Veranstaltungen	32
4.4. Pressestimmen	33

TABLE DES MATIÈRES	
<i>I. Préface : Un projet européen avec des perspectives régionales</i>	03
<i>II. Préface du pilote du projet BIOCOMBUST</i>	04
<i>III Introduction : Le projet BIOCOMBUST</i>	05
1) SOUS LA LOUPE	
<i>Thème de recherche 1 : Caractérisation des particules de combustion de biomasse</i>	08
1.1. Campagne de mesures	09
1.1.1. Campagne de mesures près des installations de combustion expérimentales	09
1.1.2. Installations de combustion comme fournisseur d'échantillons d'analyse	10
1.1.3. Campagne de mesures dans l'air ambiant avec le MoLa	10
1.1.4. Collecter et mesurer les particules atmosphériques	11
1.2. Résultats	12
1.2.1. Emissions issues de la combustion de biomasse	12
1.2.2. Morphologie et fluorescence	14
1.2.3. Analyse chimique et minéralogique	15
1.2.4. Influence des installations de combustion de biomasse sur la qualité de l'air	16
1.2.5. Caractérisation des particules atmosphériques	17
2) POUR LA SANTÉ	
<i>Thème de recherche 2 : Études des effets biologiques des particules et des cendres issues de la combustion de la biomasse</i>	18
2.1. Résultats	19
2.1.1. Études par microscopie de fluorescence	19
2.1.2. Les effets des différentes particules fines sur la toxicité cellulaire et la génotoxicité	20
2.1.3. Exposition des cellules au niveau de l'interface air-liquide	20
2.1.4. La toxicité des particules de combustion en fonction du HAP	22
2.1.5. Modèle d'analyse pour les processus d'inflammation dans les cellules	23
2.1.6. Effets des particules fines sur le mécanisme de protection des cellules	24
2.1.7. Impact des particules fines sur les cellules pulmonaires pour une exposition prolongée	24
2.1.8. Mise en place de cultures tridimensionnelles du poumon	25
3) POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT	
<i>Thème de recherche 3 : Potentiel d'utilisation des cendres issues de la combustion de biomasse dans l'industrie du ciment</i>	26
3.1. Dispositifs et procédures expérimentaux	27
3.2. Résultats	27
4) TRAVAIL DE RELATIONS PUBLIQUES	30
4.1. Outils de communication	30
4.2. Le concept de communication « La science vécue de près »	31
4.3. Manifestations	32
4.4. Échos dans la presse	33



Von der Europäischen Union kofinanziert | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
Cofinancé par l'Union Européenne | Fonds européen de développement régional (FEDER)
Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt | Dépasser les frontières: projet après projet



II. VORWORT

VORWORT DER BIOCOMBUST PROJEKTLITUNG

Ein Projekt, das über 30 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus unterschiedlichen Disziplinen für fast zweieinhalb Jahre in einer Fragestellung vereint und das über die deutsche, schweizerische und französische Grenze hinweg Menschen zusammenbringt, ist ein Lernfeld für die wissenschaftlichen Disziplinen und eine Bereicherung auf persönlicher Ebene. Wissenschaftlich zu forschen und gleichzeitig öffentlichkeitswirksam Projektinhalte zu kommunizieren – das war für BIOCOMBUST die besondere Herausforderung und hat mir großen Spaß gemacht. Mittlerweile in Philadelphia, USA tätig war es mir ein wichtiges Anliegen, das Projekt zu einem guten Abschluss zu führen: das ist uns mit der Abschlusskonferenz am 23. April 2015 in Straßburg auch gelungen. Ich möchte mich hier bei meinem Team ganz herzlich für die tolle Zusammenarbeit bedanken.

Prof. Reto Gieré
BIOCOMBUST Projektleiter

Vorne | Devant
Ali Talib Arif, Katharina Heßelbach, Irmgard Merfort, Matjaz Humar, Sascha Heilemann, Regina Dornhof, Christoph Maschowski, Reto Gieré

Hinten | Derrière
Sophie Kohler, Alain Dieterlen, Friederike Freutel, Frank Drewnick, Lioba Markl-Hummel, Patxi Garra, Cyril Pallarès, Peter Kruspan, Sabine Richter, Richard Gminski, Sophia Noz

von links nach rechts
de gauche à droite



BIOCOMBUST-TEAM | EQUIPE BIOCOMBUST

II. PRÉFACE

PRÉFACE DU PILOTE DU PROJET BIOCOMBUST

Un projet qui réunit à travers une même question plus de 30 scientifiques dans différentes disciplines pendant presque 2 ans et demi et qui réunit les hommes au-delà des frontières allemandes, suisses et françaises, constitue un champ d'apprentissage pour les disciplines scientifiques et également un enrichissement personnel. Faire de la recherche scientifique et en même temps communiquer efficacement le contenu du projet auprès du grand public a été le grand défi de BIOCOMBUST et m'a particulièrement fait plaisir. Travaillant entre-temps à Philadelphie aux Etats-Unis, il était très important pour moi de mener le projet à son terme : c'est chose faite avec la conférence de clôture du 23 avril 2015 à Strasbourg. Je remercie chaleureusement mon équipe pour cette formidable collaboration.

Prof. Reto Gieré
Pilote du projet BIOCOMBUST

Es fehlen:
N'étaient pas présents sur la photo :
Petra Bry, Volker Dietze, Amandine Henckel, Uwe Kaminski, Damaris Kehrti, Richa Khanduri, Gontrand Leyssens, Volker Mersch-Sundermann, Irina Nazarenko, Minh Duc Pham, Cornelius Schoennenbeck, Zhaoxue Tian, Gwenaelle Trouvé

III. EINLEITUNG

DAS PROJEKT BIOCOMBUST FORSCHT ZU GESUNDHEITLICHEN ASPEKTEN DER ENERGETISCHEN NUTZUNG VON BIOMASSE

Als interdisziplinäres EU-Forschungsprojekt untersuchte BIOCOMBUST die Auswirkungen von Partikeln aus der Biomasse-Verbrennung auf die menschliche Gesundheit. Gefördert im Rahmen des INTERREG IV Programms waren dabei Partner aus Frankreich, aus der Schweiz und aus Deutschland beteiligt, die ihr komplementäres Fachwissen aus den Bereichen der Verbrennungs-, Atmosphären-, Umwelt- und Geowissenschaften, Umweltmedizin, Pharmazie und Angewandte Geowissenschaften einbrachten.

FORSCHUNGSSINTERESSE

Die Verbrennung unterschiedlicher Arten von Biomasse führt zu unterschiedlichen Emissionen. Teile davon – nämlich die Partikel – wurden für das Projekt gesammelt und analysiert. Im Zentrum des Interesses standen die Charakterisierung der Partikel, die Auswirkung der Verbrennung von Biomasse auf die Luftqualität und die damit verbundenen möglichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit. Zudem beschäftigte sich das Projekt mit der Frage, ob anfallende Aschen in der Zementproduktion als Klinkersatz verwendet werden können.

ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

BIOCOMBUST zielte auf die Förderung der Lebensqualität der Bevölkerung im Oberrheingebiet durch die Förderung eines verantwortlichen und nachhaltigen Wachstums der Biomasse-Branche. Das Projektteam war auf vielen Veranstaltungen präsent und hat seine Projektziele, seine wissenschaftlichen Inhalte und seine Ergebnisse unter dem Motto »Wissenschaft hautnah« der Bevölkerung vermittelt. Online-Formate und gedruckte Broschüren, Führungen und eine gezielte Pressearbeit haben das Projekt einem weiten Kreis von Interessierten vorgestellt.

III. INTRODUCTION

LE PROJET BIOCOMBUST A POUR BUT D'ÉTUDIER LES ASPECTS SANITAIRES DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE À PARTIR DE BIOMASSES

En tant que projet de recherche européen et interdisciplinaire, BIOCOMBUST a étudié les effets des particules issues de la combustion de biomasse sur la santé humaine. Subventionné dans le cadre du programme INTERREG IV, le projet a impliqué des partenaires français, suisses et allemands qui ont apporté leurs connaissances techniques complémentaires dans des domaines comme la combustion, les sciences de l'atmosphère, de l'environnement et de la terre, la médecine environnementale, la pharmacie et les sciences appliquées de la terre.

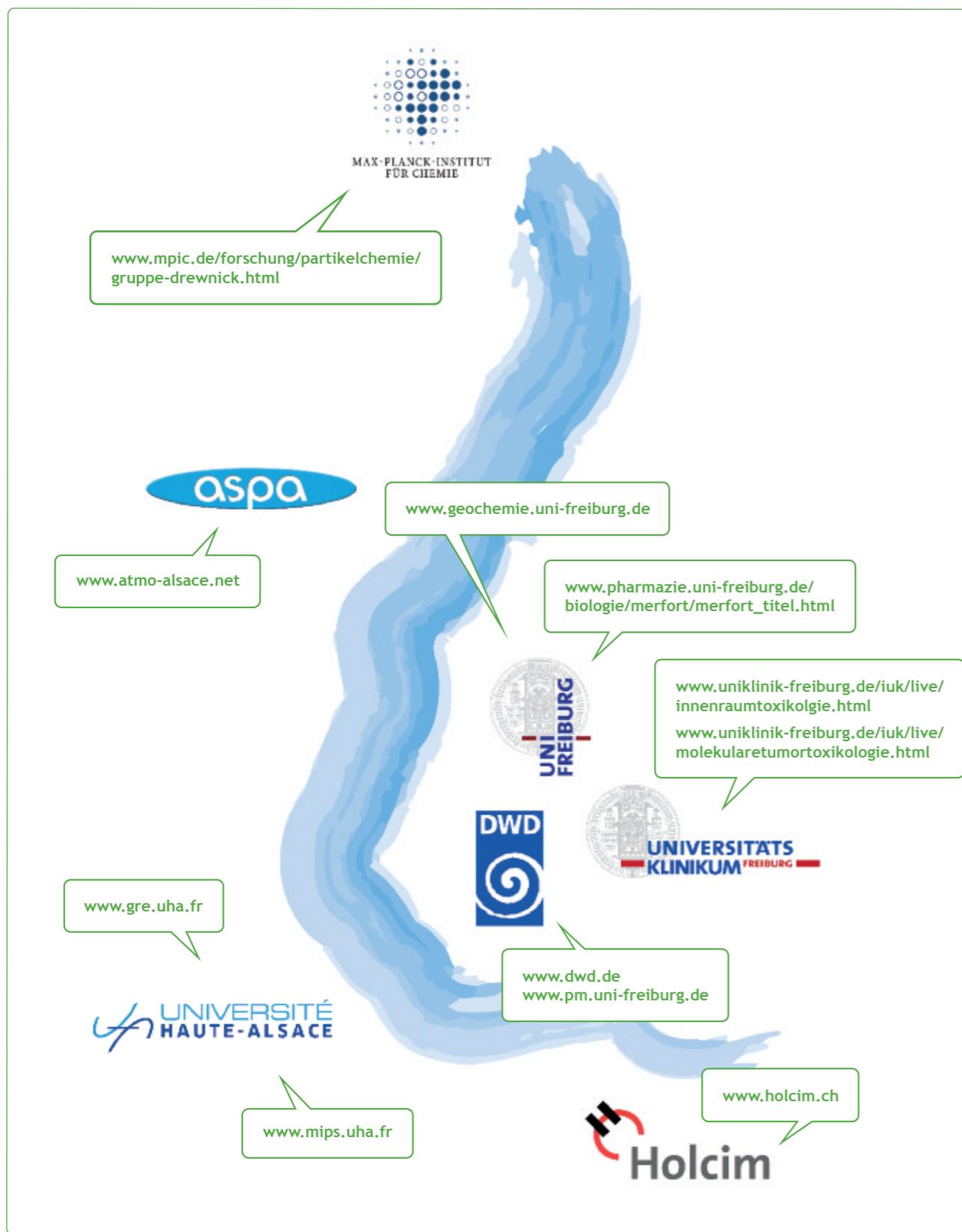
INTÉRÊT SCIENTIFIQUE

La combustion de différents types de biomasse aboutit à différentes émissions. Une partie – à savoir les particules – a été collectée et analysée dans le cadre du projet. La caractérisation des particules, les effets de la combustion de la biomasse sur la qualité de l'air ainsi que les éventuels effets sur la santé humaine ont été au centre des travaux. En outre, le projet s'est intéressé à la question de savoir si les cendres de combustion récupérées pouvaient servir de substitut au clinker dans la production de ciment.

COMMUNICATION

BIOCOMBUST s'est focalisé sur l'amélioration de la qualité de vie de la population du Rhin supérieur à travers la promotion d'un développement responsable et durable de la branche biomasse. Les équipes du projet ont été présentes à plusieurs manifestations et a présenté leurs objectifs et contenus scientifiques et ses résultats auprès de la population avec le label « La science vécue de près ». Des contenus en ligne, des brochures imprimées, des visites et une présence ciblée dans la presse ont permis de présenter le projet à un large public.

PROJEKTPARTNER | PARTENAIRES DU PROJET



	WER QUI	FÜR BIOCOMBUST	POUR BIOCOMBUST
MPIC	MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR CHEMIE, OTTO-HAHN-INSTITUT Dr. Frank Drewnick	Emissions- und Immissionsmessungen an und in der Umgebung kleiner und mittlerer Holzverbrennungsanlagen	<i>Mesures d'émissions et d'immissons à proximité de petites et moyennes installations de combustion de bois</i>
ASPA	ASSOCIATION POUR LA SURVEILLANCE ET L'ETUDE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE Dr. Cyril Pallarès	Überwachung, Vorhersage und Untersuchung der Luftqualität im Elsass und Öffentlichkeitsarbeit	<i>Surveillance, prévision, analyse de la qualité de l'air en Alsace et la communication</i>
GRE	LABORATOIRE GESTION DES RISQUES ET ENVIRONNEMENT, UNIVERSITE DE HAUTE-ALSACE Prof. Dr. Gwenaëlle Trouvé	Analyse und Optimierung der Verbrennungstechniken	<i>Analyse et optimisation des techniques de combustion</i>
MIPS	LABORATOIRE MODELISATION, INTELLIGENCE, PROCESSUS ET SYSTEMES UNIVERSITE DE HAUTE-ALSACE Prof. Dr. Alain Dieterlen	Analyse von Aschen und Partikeln mit Mikroskopie (3D)	<i>Analyse de cendres et de particules en microscopie (3D)</i>
DWD	DEUTSCHER WETTERDIENST, ZENTRUM FÜR MEDIZIN-METEOROLOGISCHE FORSCHUNG Uwe Kaminski, Volker Dietze	Messung von atmosphärischen Aerosolen (Fein- und Grobstaub) an ausgewählten Standorten im Schwarzwald während der Heizsaison 2013/2014	<i>Mesures d'aérosols atmosphériques (particules fines et en suspension) à différents endroits en Forêt Noire pendant la période de chauffe 2013/2014</i>
GEO	INSTITUT FÜR GEO- UND UMWELTNATURWISSENSCHAFTEN/GEOCHEMIE, ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT FREIBURG Prof. Dr. Reto Gieré	Projektleitung und chemische Analyse von Aschen und Partikeln	<i>Coordination du projet et analyse chimique de cendres et de particules</i>
PHARM	INSTITUT FÜR PHARMAZETISCHE WISSENSCHAFTEN, ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT FREIBURG Prof. Dr. Irmgard Merfort	Untersuchung der biologischen Wirkungen der Partikelemission aus Biomasse-Verbrennung mit einem speziellen Fokus auf Entzündungen und Stress	<i>Analyse des effets biologiques des particules émises par la combustion de biomasse avec focus spécifique sur les inflammations et le stress</i>
IUK	INSTITUT FÜR UMWELTMEDIZIN UND KRANKENHAUSHYGIENE, UNIVERSITÄTSKLINIKUM FREIBURG Prof. Dr. Volker Mersch-Sundermann PD Dr. rer. nat. Irina Nazarenko Dr. rer. nat. Richard Gminski	Experimentelle Exposition von menschlichen Lungenzellen mit Partikeln	<i>Exposition expérimentale de cellules pulmonaires humaines aux particules</i>
HOLCIM	HOLCIM EUROPE SERVICES LTD. Dr. Peter Kruspan	Mögliche Anwendung der Biomasse-Asche in der Zementindustrie	<i>Potentialité d'utilisation des cendres issues de biomasse dans l'industrie de ciment</i>



1 UNTER DER LUPE

FORSCHUNGSTHEMA 1: CHARAKTERISIERUNG VON PARTIKELN AUS DER BIOMASSE-VERBRENNUNG

Biomasse-Verbrennungsanlagen stoßen gasförmige Substanzen sowie Fein- und Grobstäube aus (Particulate Matter = PM). Als Feinstäube werden diejenigen Partikel bezeichnet, die einen Durchmesser von weniger als 2.5 Mikrometern (tausendstel Millimeter) aufweisen – PM_{2.5}. Auch im Grobstaub befinden sich Partikel, sie werden als PM₁₀ betitelt. Partikel-Emissionen beeinflussen die Luftqualität und können einen negativen Einfluss auf die menschliche Gesundheit haben. Im Rahmen des Forschungsthemas 1 wurden Emissionen untersucht, die sowohl aus Verbrennung in kleinen Labor-Öfen, als auch aus größeren Verbrennungsanlagen stammen. Hierdurch konnten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, inwieweit unterschiedliche Betriebsbedingungen von Verbrennungsanlagen und die jeweils verwendeten Brennstoffe die emittierten Partikel und deren Zusammensetzung beeinflussen. Die bei der Verbrennung entstandenen Aschen und Emissionen wurden gesammelt und hinsichtlich der Größenverteilung und ihrer Form sowie bezüglich der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung analysiert. Zudem lieferten mobile Messungen in der Nähe von kommunalen und privaten Biomasse-Verbrennungsanlagen Erkenntnisse über den jeweiligen Einfluss der Anlagen auf die Qualität der Umgebungsluft.

SOUS LA LOUPE

THÈME DE RECHERCHE I : CARACTÉRISATION DES PARTICULES DE COMBUSTION DE BIOMASSE

Les installations de biomasse émettent des substances gazeuses ainsi que des particules (Particulate Matter = PM). Les particules avec un diamètre inférieur à 2.5 micromètres (millième de millimètre) sont appelées particules fines – PM_{2.5}. Les particules grossières sont appelées PM₁₀. Les émissions de particules impactent la qualité de l'air et peuvent avoir un effet nocif sur la santé humaine. Dans le cadre du thème de recherche 1, des émissions issues de chaudières domestiques au laboratoire et d'installations de combustion plus importantes ont été analysées. L'influence des différents modes de fonctionnement des installations de combustion et des types de combustibles sur les particules émises et leur composition a pu être déterminée. Les cendres et émissions produites lors de la combustion ont été collectées et analysées en fonction de leur taille et de leur forme ainsi que leur composition chimique et minéralogique. En outre, les mesures mobiles à proximité des installations de combustion de biomasse communales et privées ont fourni des nouvelles connaissances concernant l'influence spécifique des installations par rapport à la qualité de l'air ambiant.

Abb. 1
Beispiele für Holzhackschnitzel (links),
Holzpellets (Mitte) und getrockneten,
gehäckselten Miscanthus (rechts)

Fig. 1
Exemples de plaquettes forestières
(à gauche), granulés de bois (au milieu)
et miscanthus séché et broyé (à droite)



1.1. PROBENSAMMLUNG

1.1.1. PROBENSAMMLUNG AN EXPERIMENTELLEN VERBRENNUNGSANLAGEN

Um die Verbrennung von Biomasse zu studieren, verfügt das Labor GRE über einen kommerziellen Biomassen-Heizkessel (REKA) mit einer Leistung von 40 kW. Hier wurden folgende Brennstoffe getestet: Hackschnitzel, Buchenholz-Holzhackschnitzel und Miscanthus giganteus – eine Energie-Pflanze, auch Elefantengras genannt (Abb. 1). Um besonders kleine Partikel aus dem Abgas zu sammeln, benutzte das Labor GRE einen Impaktor. Dieses Gerät wird auf den Gasabscheider montiert, wo er die Partikel in Abhängigkeit von deren Größe trennt sammelt.

Für experimentelle Messungen des Brennvorgangs dienten dem MPIC ein Scheitholzhofen (6 kW Nennwärmeleistung) und ein Pelletofen (8 kW). Ein Teil der Abluft wurde aus dem Kamin abgeleitet und bei hoher Temperatur 150-fach verdünnt (Abb. 2a). Über ein Rohrsystem gelangt sie in das Mobile Labor MoLa.

CAMPAGNE DE MESURES

1.1.1. CAMPAGNE DE MESURES PRÈS DES INSTAL- LATIONS DE COMBUSTION EXPÉRIMENTALES

Afin d'étudier la combustion de la biomasse, le laboratoire GRE dispose d'une chaudière multi-combustible (REKA) avec une puissance de 40 kW. Les combustibles suivants ont été analysés : des plaquettes forestières, plaquettes en bois de hêtre et miscanthus giganteus – une plante énergétique – appelées également herbe d'éléphant (Fig. 1). Le laboratoire GRE a utilisé un impacteur, afin de collecter des particules très fines et de séparer les particules de taille plus importantes.

Le MPIC a utilisé un poêle à bûche (6 kW) pour effectuer les mesures expérimentales, ainsi qu'un poêle à granulés (8 kW). Une partie des fumées a été diluée à haute température – facteur de dilution 150 – (Fig. 2 a) pour être amenée au dispositif d'analyses dans le laboratoire mobile (MoLa).



Abb. 2a
Versuchsaufbau der
Labormessungen

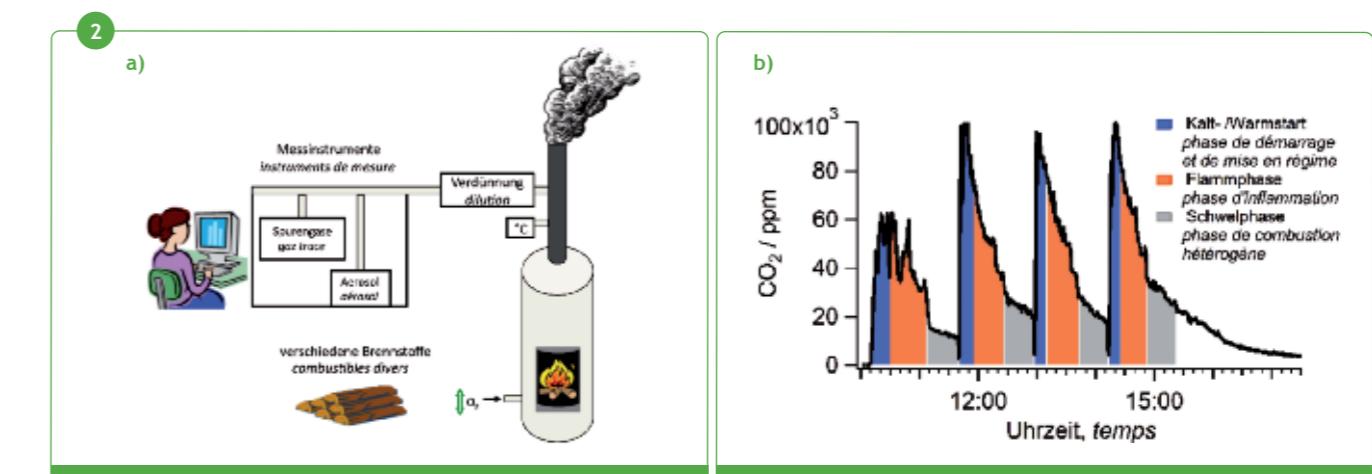


Abb. 2b
Zeitverlauf der CO₂-Emis-
sionen und Brennphasen für
einen typischen Messtag

Fig. 2b
Emissions de CO₂ et phases
de combustion pour une
journée typique de mesures

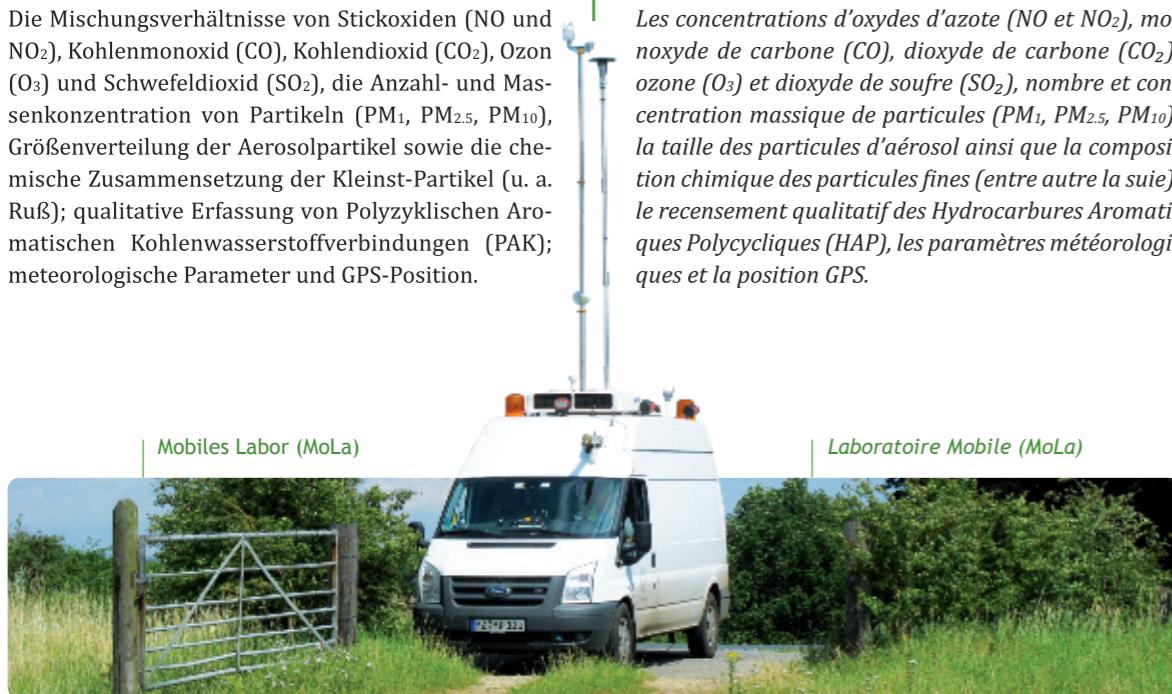
1.1.2. VERBRENNUNGSANLAGEN ALS LIEFERANT FÜR PROBENMATERIAL

Biomasse-Verbrennung produziert im Wesentlichen zwei Arten von Aschen: Rostasche und Flugasche. Rostasche wird unter dem Verbrennungsofen gesammelt und ist grobkörniges Material. Die feinkörnige Flugasche wird aus der heißen Abluft teilweise herausgefiltert. In mittelgroßen und großen Verbrennungsanlagen (≥ 0.4 MW) reinigt man die Verbrennungsgase mit verschiedenen Abscheidetechniken. Je nach Größe der Verbrennungsanlage, Verbrennungstechnik und Abscheidetechnik macht die Flugasche 20% bis 60% der Masse der Gesamtasche aus. Zwei deutsche sowie vier französische Biomasse-Verbrennungsanlagen wurden für das Projekt ausgewählt, um dort Rost- und Flugasche zu sammeln. Die Anlagen befinden sich in Ammertzwiller (F) 0.4 MW; St. Peter (D) 1.7 MW; Freiburg (D) 2.3 MW; Rixheim (F) 2.8 MW; Colmar (F) 8 MW; Illberg (F) 4 MW und 8 MW; und Saint-Louis (F) 17.3 MW.

1.1.3. AUSSENLUFTMESSUNGEN MIT DEM MOLA

Für die Außenluftmessungen des MPIC in St. Peter (Schwarzwald) und Ammertzwiller (oberrheinische Tiefebene) wurde das Mobile Labor verwendet. Hochmoderne Messinstrumente liefern eine Fülle an Daten:

Die Mischungsverhältnisse von Stickoxiden (NO und NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO_2), Ozon (O_3) und Schwefeldioxid (SO_2), die Anzahl- und Massenkonzentration von Partikeln (PM_{1} , $PM_{2.5}$, PM_{10}), Größenverteilung der Aerosolpartikel sowie die chemische Zusammensetzung der Kleinst-Partikel (u. a. Ruß); qualitative Erfassung von Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffverbindungen (PAK); meteorologische Parameter und GPS-Position.



1.1.2. INSTALLATIONS DE COMBUSTION COMME FOURNISSEUR D'ÉCHANTILLONS D'ANALYSE

La combustion de biomasse produit principalement deux sortes de cendres : cendres résiduelles et cendres volantes. Les cendres résiduelles sont collectées sous le poêle et il s'agit de matériaux granuleux. Les cendres volantes sont en partie filtrées au départ de l'air chaud. dans les moyennes et grandes installations de combustion (≥ 0.4 MW). Les gaz de combustion sont nettoyés à l'aide de différentes techniques de dépoussiérage. En fonction de la taille de l'installation de combustion et de la technique de dépoussiérage, les cendres volantes représentent 20% à 60% de la masse totale des cendres. Deux installations allemandes de combustion de biomasse et cinq françaises ont été sélectionnées pour le projet. Les installations se trouvent à Ammertzwiller (F) 0.4 MW; St. Peter (D) 1.7 MW; Freiburg (D) 2.3 MW; Rixheim (F) 2.8 MW; Colmar (F) 8 MW; Illberg à Mulhouse (F) 4 MW et 8 MW et Saint-Louis (F) 17.3 MW.

1.1.3. CAMPAGNE DE MESURES DANS L'AIR AMBIANT AVEC LE MOLA

Le laboratoire mobile a été utilisé pour les mesures d'air ambiant du MPIC à St. Peter (Forêt-Noire) et Ammertzwiller (fossé rhénan). Des instruments de mesure très modernes fournissent une multitude de données :

Les concentrations d'oxydes d'azote (NO et NO_2), monoxyde de carbone (CO), dioxyde de carbone (CO_2), ozone (O_3) et dioxyde de soufre (SO_2), nombre et concentration massique de particules (PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_{10}), la taille des particules d'aérosol ainsi que la composition chimique des particules fines (entre autre la suie), le recensement qualitatif des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les paramètres météorologiques et la position GPS.

1.1.4. SAMMELN UND MESSEN VON ATMOSPHÄRISCHEN PARTIKELN

Der DWD sammelte und analysierte an drei verschiedenen Standorten im Schwarzwald – Horben-Bohrer, Hofsgrund und Todtnauberg (Abb. 4) – sowie am Referenzstandort Freiburg im DWD-Klimagarten während der Heizsaison 2013/14 Luftstaubproben. Der Schwerpunkt der Probenahme und Messung von atmosphärischen Aerosolen lag im Größenbereich der Partikel von 2.5 – 10 μm (Grobstaub). Zur Anwendung kam dabei ein Passivsampler (Sigma-2, VDI 2119-2013, Abb. 3). Auf einer transparenten und mit einem witterungsbeständigen Adhäsiv beschichteten Folie wurden die Partikel gesammelt und mittels Lichtmikroskopie identifiziert und vermessen.

Abb. 3
Passivsampler Sigma-2

Fig. 3
Tube à diffusion passive Sigma-2

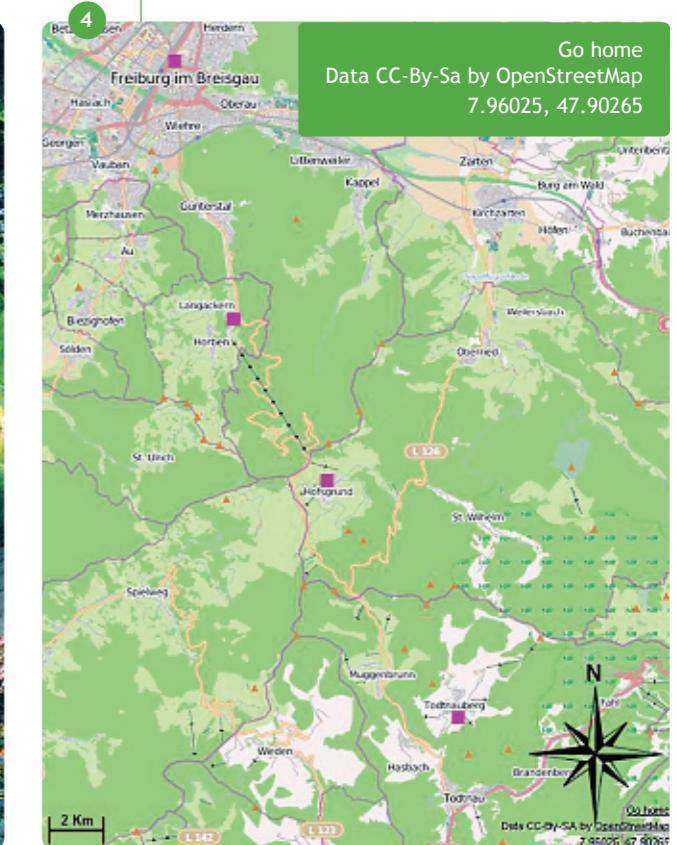


1.1.4. COLLECTER ET MESURER LES PARTICULES ATMOSPHÉRIQUES

Le DWD a collecté et mesuré des échantillons de particules d'air à trois endroits différents en Forêt-Noire – Horben-Bohrer, Hofsgrund et Todtnauberg (Fig. 4) – ainsi que sur le site de référence de Freiburg dans le jardin climatique du DWD pendant la saison de chauffe 2013/14. L'accent des mesures a été mis sur les échantillons et mesures des aérosols atmosphériques de 2.5 – 10 μm (particules en suspension). Des tubes à diffusion passive (Sigma-2, VDI 2119-2013, Fig. 3) ont été utilisés. Sur un récepteur transparent et recouvert d'un adhésif résistant aux influences atmosphériques, les particules ont été collectées puis identifiées au moyen de la microscopie optique automatique puis mesurées.

Abb. 4
Geografische Lage der drei Probenahme-Standorte im Schwarzwald sowie der Referenzstation in Freiburg

Fig. 4
Situation géographique des trois sites de prélèvement en Forêt Noire ainsi que le site de référence à Freiburg



1.2. ERGEBNISSE

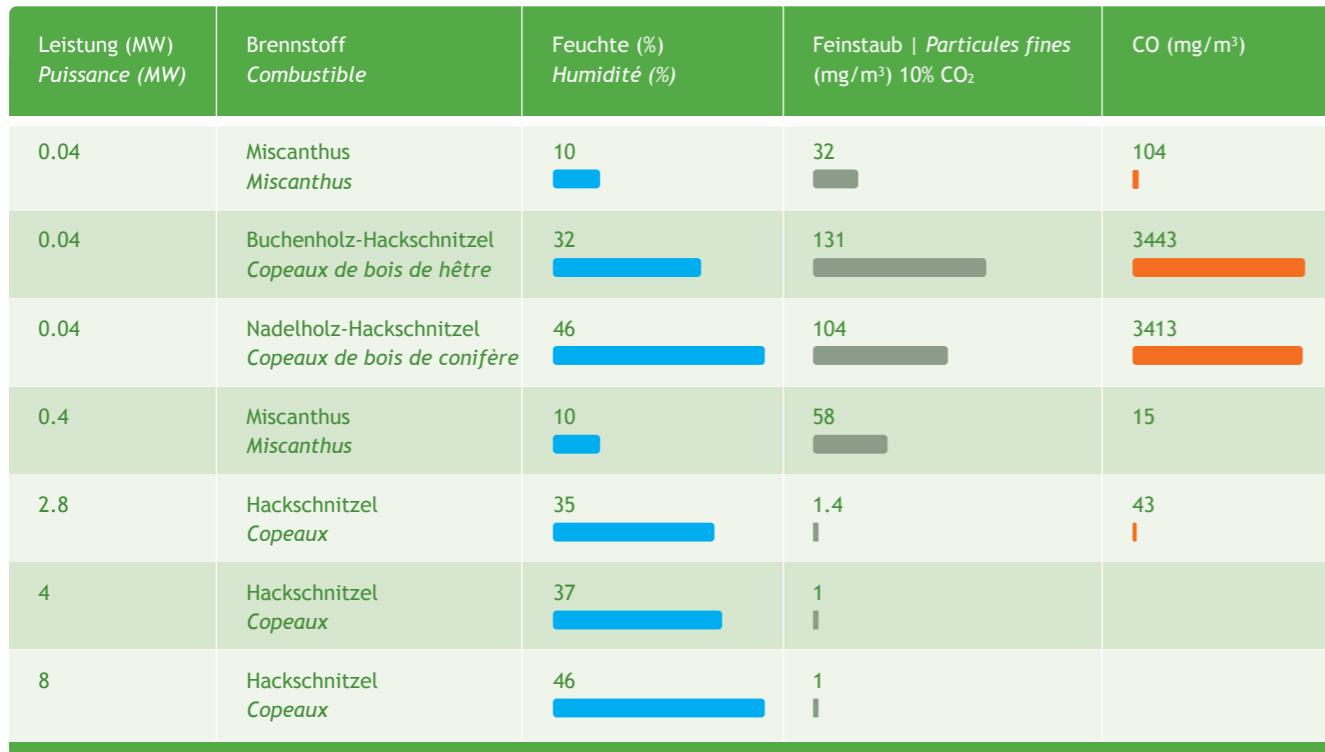
1.2.1. EMISSIONEN AUS BIOMASSE-VERBRENNUNG

Emissionen aus der Biomasse-Verbrennung hängen sowohl von dem Brennstoff und der Feuchte als auch von der Leistung der betreffenden Anlage ab. Bei größeren Verbrennungsanlagen (ab 400 kW) sind die Emissionen in der Regel niedriger, da einerseits die Verbrennungsbedingungen besser kontrolliert werden und andererseits gute Filtervorrichtungen vorhanden sind (Abb. 5).

RÉSULTATS

1.2.1. EMISSIONS ISSUES DE LA COMBUSTION DE BIOMASSE

Les émissions issues de la combustion de biomasse dépendent autant du combustible et de l'humidité que de la puissance de l'installation de combustion. Pour des installations de combustion plus importantes (à partir de 400 kW), les émissions sont moins importantes en règle générale, puisque d'une part les conditions de combustion sont mieux contrôlées et d'autres part, elles disposent d'équipements de filtration efficaces (Fig. 5).



5

Abb. 5
Übersicht der Messergebnisse des GRE über die Emissionen von Feinstaub und Kohlenmonoxid

Fig. 5
Aperçu des résultats de mesures du GRE concernant les émissions de particules fines et de monoxyde de carbone

6

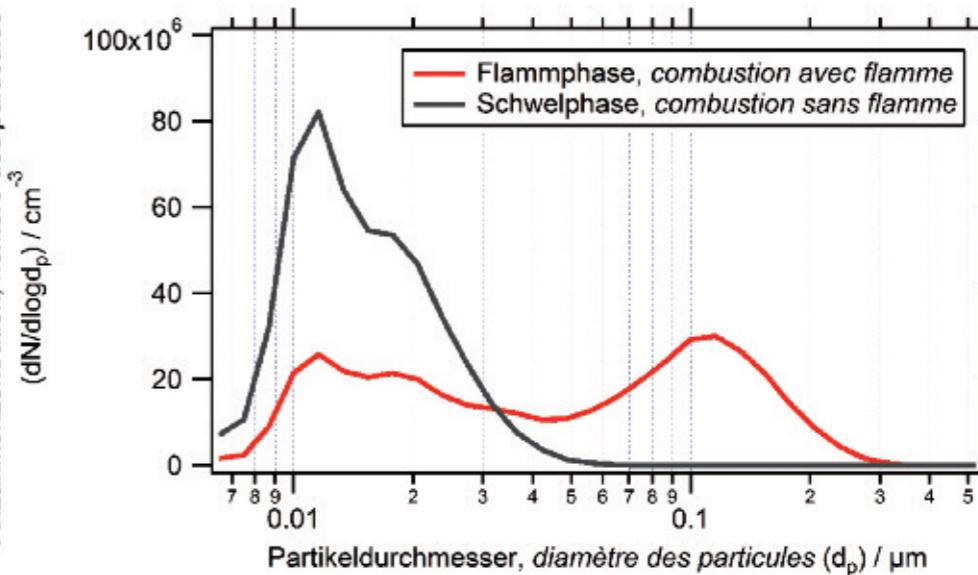
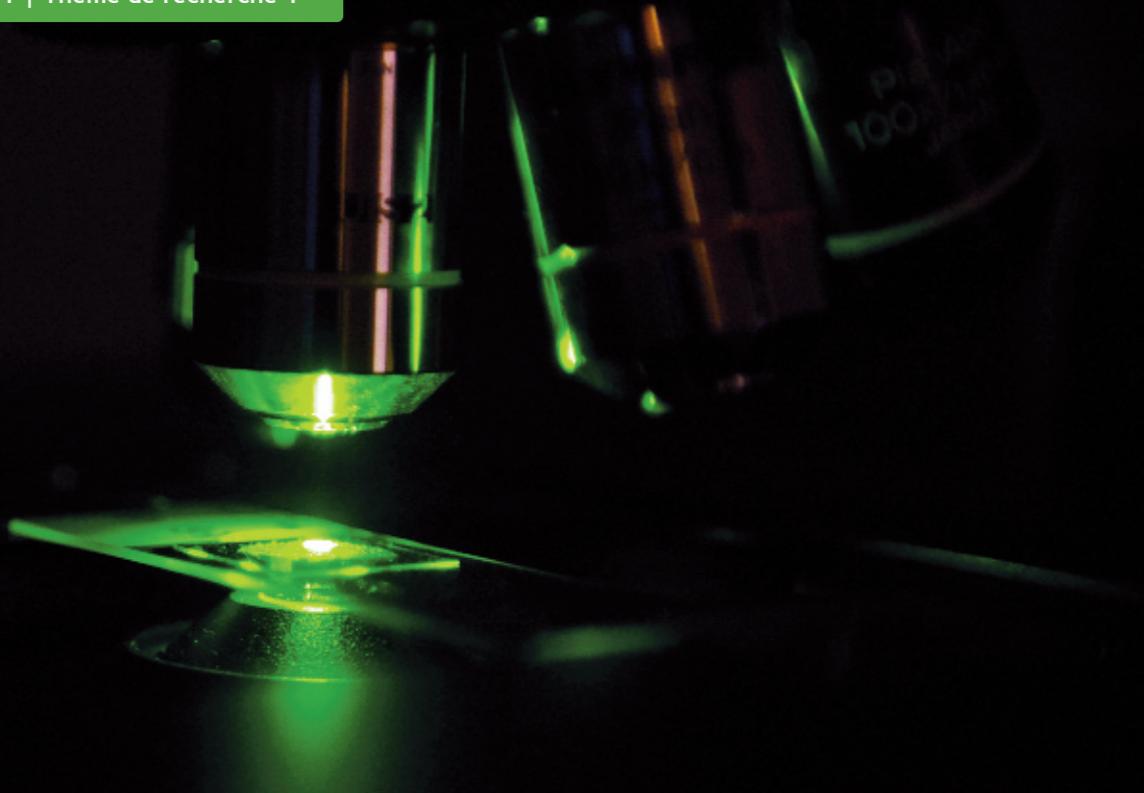


Abb. 6
Partikelanzahl und ihre Größenverteilungen während der Flamm- (rot) und Schwellphase (grau) gemessen bei der Verbrennung von Buchen-Scheitholz durch das MPIC

Fig. 6
Nombre de particules et leur taille pendant la phase de combustion homogène (rouge) et la phase de combustion hétérogène (gris) pour la combustion de bûches de hêtre par le MPIC

Das MPIC hat beim Brennvorgang am Scheitholzofen verschiedene Brennphasen unterschieden, die sich in Bezug auf die Emissionen pro umgewandelter Energie (mg/MJ) zum Teil wesentlich unterscheiden. Kohlenmonoxid (CO) wird insbesondere während der Schwellphase emittiert, wenn die Verbrennung unvollständig abläuft. Die emittierte Masse kleinster Partikel (PM₁) ist in der Schwellphase deutlich geringer als in den vorhergehenden Phasen; die Gesamtzahl der Partikel jedoch nimmt in der Schwellphase deutlich zu (Abb. 6). Dies kann dadurch erklärt werden, dass während der Flammphase im Gegensatz zur Schwellphase etwas mehr Ruß emittiert wird, auf dem organische Dämpfe aus der Gasphase kondensieren können. In der Schwellphase dagegen fehlen solche Partikel, auf denen der Dampf kondensieren kann, und es bildet sich eine große Anzahl neuer, kleiner Partikel. Variationen der Brennbedingungen, wie zum Beispiel das Überladen des Ofens, haben einen deutlich größeren Einfluss auf die Emissionen als die Verwendung unterschiedlicher Holzsorten.

Le MPIC a distingué différentes phases de combustion au niveau du poêle pendant le processus de combustion. Elles diffèrent considérablement au niveau de leur émissions massiques de polluants par énergie produites (mg/MJ). Le monoxyde de carbone (CO) est émis principalement pendant la phase de combustion hétérogène (absence de flammes) lorsque la combustion est incomplète. Les émissions des particules les plus petites (PM₁) sont nettement plus faibles pendant la phase de combustion hétérogène que pendant les autres phases ; cependant la quantité totale de particules émises pendant la combustion hétérogène diminue considérablement (Fig. 6). Ceci s'explique par une émission plus importante de suie pendant la phase de combustion homogène (avec flammes) sur laquelle les vapeurs organiques peuvent venir se condenser. Pendant la phase hétérogène, les particules sur lesquelles la vapeur peut se condenser manquent et un grand nombre de nouvelles particules peuvent alors se former. Des variations des conditions de combustion, comme par exemple la surcharge du poêle, ont une influence bien plus importante sur les émissions que l'utilisation des différents types de bois.



Objektiv eines optischen Mikroskopes | Objectif de microscope optique

1.2.2. MORPHOLOGIE UND FLUORESENZ

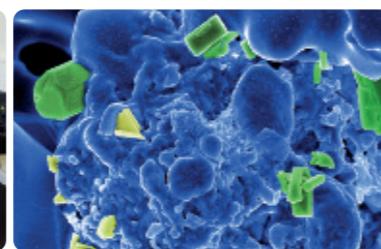
Die Forschergruppe des MIPS hat die entstandenen Aschen und Feinstäube mittels Mikroskopie morphologisch, also auf ihre Gestalt hin untersucht. Ein optisches Mikroskop ermöglichte es sowohl Bilder unter Weißlicht zu gewinnen als auch verschiedene Formen der Fluoreszenz zu bestimmen. Durch Zusammensetzen der Weißlicht- und der Fluoreszenz-Aufnahme konnte die Arbeitsgruppe fluoreszierende Partikel identifizieren.

Um die vorliegende Fluoreszenz zu erklären, wurde zunächst mittels Bildverarbeitung ein Wert generiert, der die quantitative Fluoreszenz pro Partikel beschreibt. Die quantitative Korrelation von Fluoreszenz und Polzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffverbindungen (PAK-Konzentration) wurde als Untersuchungsmethode an jeweils drei Partikel-Größenfraktionen aus drei verschiedenen Brennexperimenten mit Erfolg angewendet.

1.2.2. MORPHOLOGIE ET FLUORESCENCE

L'équipe du MIPS a utilisé ses compétences pour essayer de caractériser morphologiquement les cendres et les particules fines de biomasse. Un microscope optique a permis l'observation en lumière blanche et en fluorescence d'échantillons variables. La combinaison d'observation en lumière blanche et en fluorescence permet d'identifier les pourcentages de particules fluorescentes.

L'approche utilisée pour analyser cette fluorescence a été d'abord de décrire, à l'aide du traitement d'image, par des données quantifiables, cette fluorescence par particules. La corrélation quantitative de cette fluorescence et des concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) par particule a été démontrée lors de trois expériences. Cette nouvelle méthode d'analyse permet donc de caractériser les HAP dans les particules de combustion de biomasse.



EINE ANALYSEMETHODE

Mit der Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS) werden Konzentrationen ausgewählter Schwermetalle und anderer Spurenelemente mit hoher Präzision und niedriger Nachweisgrenze bestimmt. Im Vergleich zu den zugehörigen Rostaschen sind die Elemente Zink, Cadmium, Blei und Arsen in den Flugaschen um das Hundertfache höher. Dies kommt daher, dass sie bei der im Brennraum herrschenden hohen Temperatur verdampfen. Im Abgas kondensieren sie während der Abkühlung auf den Flugaschen.

UNE MÉTHODE D'ANALYSE

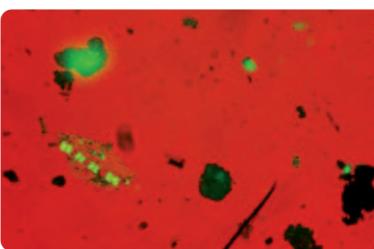
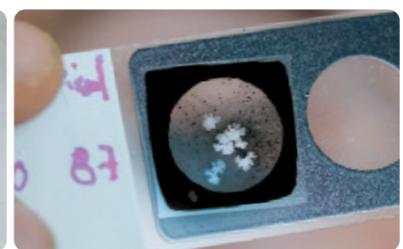
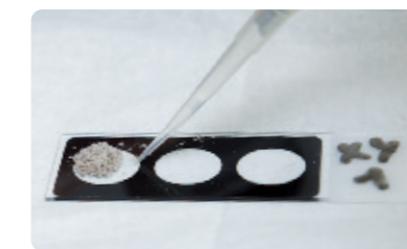
A l'aide de la spectrométrie d'absorption atomique (AAS), les concentrations de différents métaux lourds et d'autres éléments avec une grande précision et un seuil de détection bas ont été déterminées. Par rapport aux cendres résiduelles, les taux des éléments zinc, cadmium, plomb et arsenic sont multipliés par cent. La conséquence est l' entraînement de ces éléments dans les gaz de combustion (température élevée). Ces éléments se condensent au cours du refroidissement des fumées sur les cendres volantes.

1.2.3. CHEMISCHE UND MINERALOGISCHE BESTIMMUNG

17 verschiedene Proben von Rost- und Flugaschen wurden mittels Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA), Atomabsorptions-Spektrometrie (AAS) und Raster-elektronenmikroskopie (REM) chemisch analysiert. Mit dem REM können die einzelnen, in den Asche- und Partikelproben enthaltenen Staubkörner bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung analysiert werden. Es konnte festgestellt werden, dass bei Flugaschen die kleinsten Partikel ($PM_{2.5}$) vorwiegend aus Kaliumsulfat (K_2SO_4) bestehen – einem harmlosen Salz. Die großen Partikel in den Flug- oder Rostaschen sind meist natürliche Gesteinspartikel (Quarz, Feldspat, Glimmer und Tonminerale), die schon vorher als Staub in den Brennstoff eingetragen wurden und nicht erst während der Verbrennung entstanden sind.

1.2.3. ANALYSE CHIMIQUE ET MINÉRALOGIQUE

17 échantillons de cendres résiduelles et de cendres volantes ont été analysés chimiquement par spectro-métrie de fluorescence des rayons X (XRF), par spectro-métrie d'absorption atomique (AAS) et sous un microscope électronique (REM). Les grains de poussières dans les échantillons de cendres et de particules peuvent être analysés selon leur composition chimique, à l'aide du microscope électronique. Il a été constaté que dans les cendres volantes les plus petites particules ($PM_{2.5}$) sont principalement composées de sulfate de potassium (K_2SO_4) – un sel inoffensif. Les particules les plus grandes dans les cendres volantes et résiduelles sont, la plupart du temps, des particules minérales naturelles (quartz, feldspath, mica et argiles minérales) déjà présentes dans le combustible. Ces particules ne se forment pas pendant la combustion.



1.2.4. EINFLUSS VON BIOMASSE-VERBRENNUNGSANLAGEN AUF DIE LUFTQUALITÄT

Bei der Messung um Ammertzwiller zeigen sich erhöhte Konzentrationen von Ruß und anderen Produkten aus Holzverbrennung insbesondere im Nachbarort Balschwiller, weniger in Bernwiller und kaum in Ammertzwiller (Abb. 7a). Sowohl Ammertzwiller als auch Bernwiller verfügen über eine mittelgroße kommunale Biomasse-Verbrennungsanlage zur Versorgung mehrerer Häuser mit Wärme und Warmwasser. Bezuglich der Luftqualität schneidet eine zentrale Wärmeversorgung durch eine gemeinsame Biomasse-Verbrennungsanlage besser ab als individuelle Holzverbrennung in privaten Haushalten.

1.2.4. INFLUENCE DES INSTALLATIONS DE COMBUSTION DE BIOMASSE SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

Lors des mesures à Ammertzwiller des concentrations élevées de suies et d'autres produits issus de la combustion du bois ont été constatées – notamment dans les villages alentours (notamment à Balschwiller, et moins à Bernwiller). À Ammertzwiller ces composés sont présents en plus faibles quantités (Fig. 7a). Ammertzwiller et Bernwiller disposent d'une installation communale de combustion moyenne de biomasse pour approvisionner plusieurs habitations en chaleur et en eau chaude sanitaire. En ce qui concerne le bilan de qualité de l'air, une centrale thermique collective de biomasse obtient de meilleurs résultats qu'une multitude d'installations individuelles de combustion de bois.

Auch in und um St. Peter fanden Kartierungsmessungen sowohl bei Tag (Abb. 7b) als auch bei Nacht statt. Bei Tag waren zwei verschiedene Quellen auszumachen: Im Ortskern von St. Peter wurden hohe Konzentrationen von Ruß, PM₁ und PAK gefunden, die alle auf private Holzverbrennung zurückzuführen sind. An der Hauptverkehrsstraße dagegen treten tagsüber hohe Konzentrationen an Stickoxiden und Kohlendioxid auf, die bei Nacht (d.h. bei deutlich geringerer Verkehrsdichte) wieder verschwinden. Die Emissionen aus der Holzverbrennung sind dagegen auch während der Nacht erkennbar; wie in Ammertzwiller auch zeigen sich jedoch keine erhöhten Konzentrationen derselben in der direkten Umgebung der Biomasse-Verbrennungsanlage, sondern nur in der Umgebung von privater Verbrennung.

Des mesures mobiles ont été effectuées à St. Peter de jour (Fig. 7b) et de nuit. Pendant la journée, deux sources d'émissions ont été identifiées : au centre du village de St. Peter des concentrations élevées de suies, PM₁ et de HAP ont été observées en lien avec la combustion de bois domestique. Au niveau de la principale voie de circulation, on constate pendant la journée des niveaux élevés d'oxydes d'azote et de dioxyde de carbone, qui diminuent pendant la nuit (densité de trafic nettement plus faible). Cependant, les émissions issues de la combustion du bois sont perceptibles. Comme à Ammertzwiller, les concentrations ne sont pas plus élevées dans les environs proches des installations de combustion biomasse qu'à proximité des installations de combustion domestiques.

1.2.5. CHARAKTERISIEREN VON ATMOSPHÄRISCHEMEN PARTIKELN

Die Probenauswertung des Passivsammlers (Sigma-2, VDI 2119-2013) durch den DWD lieferte eine Aussage über die Anzahl von Partikeln pro Fläche und Sammelzeitraum. Unter Berücksichtigung von Größe und mittlerer Dichte der verschiedenen Objekte konnte die Partikel-Massenkonzentration für den Sammelzeitraum berechnet und damit die Luftqualität bestimmt werden. Obwohl der Winter 2013/14 extrem mild war und keine lang anhaltenden Inversionslagen aufwies, zeigten zwei Standorte (Horben-Bohrer und Hofgrund) dennoch typische Merkmale für Partikel aus der Holzverbrennung.

1.2.5. CARACTÉRISATION DES PARTICULES ATMOSPHERIQUES

L'analyse des échantillons des tubes à diffusion passive (Sigma-2, VDI 2119-2013) par le DWD donne des informations concernant le nombre de particules par surface et période. En tenant compte de la taille et de la densité moyenne des différents échantillons, la concentration massique des particules pour la période de mesures a pu être calculée et la qualité de l'air a été déterminée. Malgré le fait que l'hiver 2013/14 ait été extrêmement doux et sans longues périodes d'inversion, deux sites de mesures (Horben-Bohrer et Hofgrund) présentaient des particules ayant les caractéristiques typiques de celles issues de la combustion de bois.

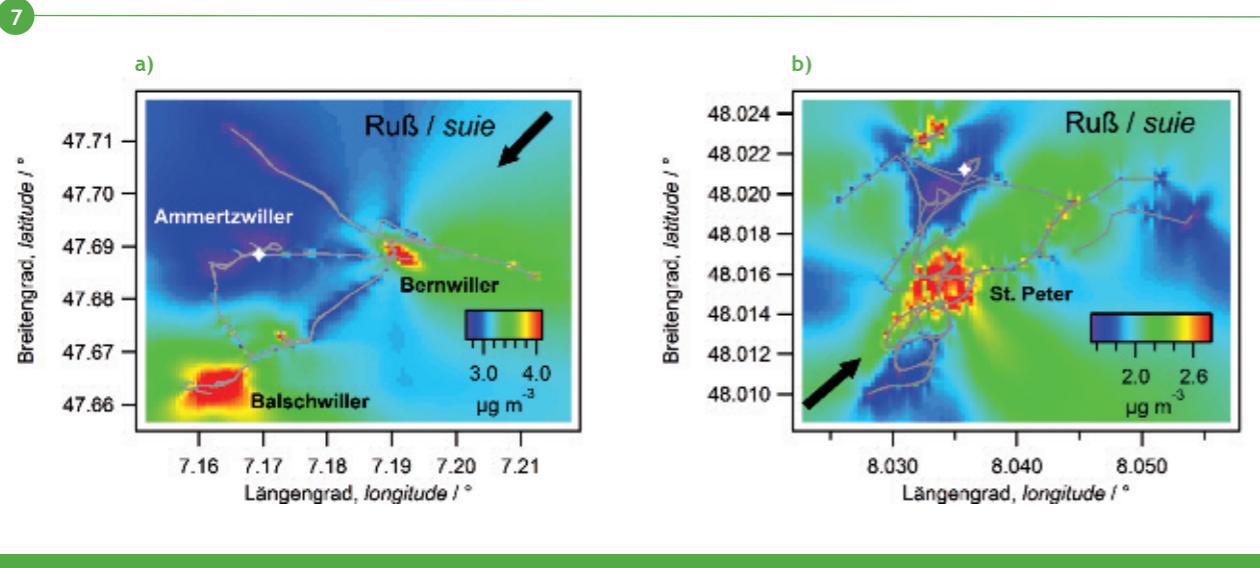


Abb. 7
Verteilungen von Ruß in der Umgebung von Ammertzwiller a) und St. Peter b)
auf Grundlage von MoLa-Daten

Fig. 7
Répartition des suies dans les environs d'Ammertzwiller a) et St. Peter b) sur la base des données du MoLa



2 FÜR DIE GESUNDHEIT

FORSCHUNGSTHEMA 2: UNTERSUCHUNGEN ZU BIOLOGISCHEN EFFEKten VON PARTIKELN UND ASCHEN AUS DER BIOMASSE-VERBRENNUNG

Die zunehmende Nutzung von Holz oder anderen organischen Brennstoffen als Energiequelle hat besonders während der Wintermonate zu einer Zunahme der Luftverschmutzung geführt. Über die gesundheitlichen Auswirkungen der kleinen und kleinsten Partikel (Feinstaub) aus Biomasse-Verbrennung auf die menschliche Gesundheit ist allerdings erst wenig bekannt. Im Labor untersuchten das IUK und die PHARM teilweise in Zusammenarbeit mit dem MIPS menschliche Lungenzellen und bestimmten die Auswirkungen von Feinstaubpartikeln auf die Morphologie, die Erbsubstanz und die Lebensdauer der Zellen, auf Entzündungsprozesse, die Aktivierung natürlicher Abwehrmechanismen sowie die Folgen einer langfristigen Exposition.

POUR LA SANTÉ

THÈME DE RECHERCHE 2 : ÉTUDES DES EFFETS BIOLOGIQUES DES PARTICULES ET DES CENDRES ISSUES DE LA COMBUSTION DE LA BIOMASSE

L'augmentation de l'utilisation de bois et d'autres combustibles organiques comme source d'énergie a conduit à une augmentation de la pollution atmosphérique, en particulier pendant les mois d'hiver. Or, les effets des petites et très petites particules (particules fines) provenant de la combustion de biomasse sur la santé humaine sont peu connus. En collaboration avec le MIPS, l'IUK et la PHARM ont étudié des cellules humaines de poumon en laboratoire et identifié les impacts des particules fines sur la morphologie cellulaire, les effets sur le matériel génétique et la croissance cellulaire, les impacts sur les processus inflammatoires, l'activation des mécanismes immunitaires naturels ainsi que les effets d'une exposition prolongée.

2.1.

ERGEBNISSE

2.1.1. FLUORESzenZ-MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN

Mithilfe konfokaler Fluoreszenz-Mikroskopie durch das IUK in Zusammenarbeit mit dem GRE und MIPS konnte gezeigt werden, dass Feinstäube aus der Misanthus-, Hackschnitzel- und Buchenholz-Verbrennung durch Lungenepithelzellen aufgenommen werden und diese teilweise morphologisch – also gestaltbezogen – verändern. Wenn man Lungenepithelzellen fotomikroskopisch betrachtet, wiesen Zellen, die mit Partikeln aus der Verbrennung von Misanthus versetzt wurden, kaum morphologische Veränderungen auf. Bei gleichen Versuchen mit anderen Proben konnten zum Teil deutliche Veränderungen sichtbar gemacht werden. Den stärksten Einfluss zeigten bei Vergleichsmessungen Steinkohle-Flugasche oder Feinstaubpartikel aus der Buchenholz-Verbrennung (Abb. 8).

RÉSULTATS

2.1.1. ÉTUDES PAR MICROSCOPIE DE FLUORESCENCE

À l'aide de la microscopie confocale de fluorescence, l'IUK a démontré en collaboration avec le GRE et le MIPS que les particules fines issues de la combustion de misanthus, de copeaux de bois et de hêtre étaient absorbées par les cellules épithéliales du poumon et en modifiaient la morphologie et la structure. Lors de l'observation des cellules épithéliales de poumon au microscope, les cellules qui étaient exposées à des particules issues de la combustion de misanthus présentaient peu de modifications morphologiques. Des essais identiques avec d'autres échantillons ont partiellement révélé des modifications sensibles. Les modifications les plus marquées ont été constatées après l'exposition aux cendres volantes de charbon ou aux particules fines issues de la combustion du bois de hêtre (Fig. 8).

Abb. 8
Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen von humanen Lungenepithelzellen, die mit Feinstäuben aus der Buchenholz-Verbrennung für 24 h exponiert wurden.

Links: unbehandelte Zellen;
rechts: Feinstaub-exponierte Zellen

Färbung:
blau = Färbung der Zellkerne
grün = Färbung der Zellstruktur
rot = Färbung der ultrafeinen Partikel

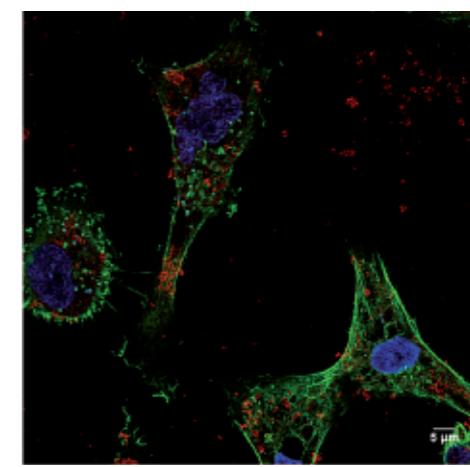
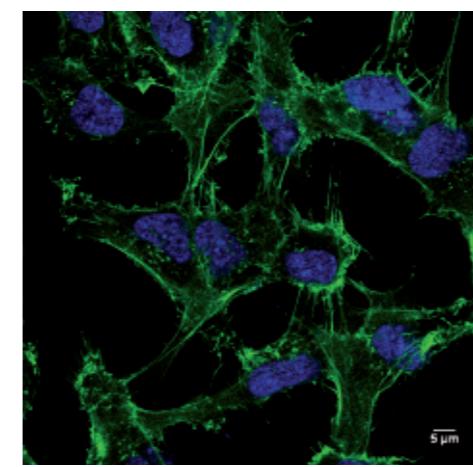


Fig. 8
Images microscopiques en fluorescence de cellules épithéliales du poumon humain après 24 heures d'exposition aux particules fines issues de la combustion du bois de hêtre.

À gauche : cellules non traitées ;
à droite : cellules exposées aux particules fines

coloration :
bleu = coloration des noyaux cellulaires
vert = coloration de la structure cellulaire
rouge = coloration des particules ultrafines

2.1.2. DIE AUSWIRKUNGEN VERSCHIEDENER FEINSTAUBPARTIKEL AUF DIE ZELLTOXIZITÄT UND GENOTOXIZITÄT

Das IUK untersuchte die Zelltoxizität und Genotoxizität diverser Verbrennungspartikel aus Biomasse in menschlichen Lungenepithelzellen und verglich die Effekte mit denen von Steinkohle-Flugasche als Referenzmaterial. Erst bei einer hohen Konzentration zeigten die Partikel aus Buchenholz-Verbrennung und aus der Verbrennung von Steinkohle eine Wirkung auf die Zellen. Auch Kalziumkarbonat, ein wichtiger Bestandteil verschiedener Flugaschen, zeigte eine stark konzentrationsabhängige Wirkung. Während die Partikelgröße keinen Einfluss auf die Zellschädigung (Zelltoxizität) hatte, konnte für die DNA-Schädigung (Genotoxizität) eine Abhängigkeit von der Partikelgröße festgestellt werden. Hierbei schädigten kleinste Partikel die DNA bereits ab einer geringen Konzentration ($30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), während größere Partikel erst bei hoher Konzentration genotoxisch wirkten ($100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Während bei Versuchen mit Miscanthus-Partikeln keine Schädigung der Zellen festgestellt werden konnte, verursachten die Verbrennungs-Partikel von Buchenholz zelltoxische und genotoxische Effekte. Im Vergleich schädigen die Verbrennungs-Partikel von Nadelhölzern die Zellen nur gering.

2.1.3. EXPOSITION VON ZELLEN AN DER LUFT-FLÜSSIGKEITS-GRENZSCHICHT

Feinstaubpartikel werden über die Atemwege ins Lungengewebe aufgenommen. Um diesen Zustand möglichst realitätsnah zu simulieren, etablierte das IUK ein innovatives Expositionssystem, über welches Feinstaubpartikel in einem Luftstrom den Versuchszellen zugeführt wurden (Abb. 9). Mit diesem Expositionssystem ließen sich toxische Effekte durch Verbrennungspartikel bei deutlich niedrigeren Feinstaubkonzentrationen nachweisen.

2.1.2. LES EFFETS DES DIFFÉRENTES PARTICULES FINES SUR LA TOXICITÉ CELLULAIRE ET LA GÉNOTOXICITÉ

L'IUK a étudié la toxicité cellulaire et la génotoxicité de diverses particules issues de la combustion de biomasse dans des cellules épithéliales du poumon humain et a comparé les effets à ceux des cendres volantes de charbon (matériau de référence). Les particules issues de la combustion du bois de hêtre et de la combustion du charbon présentaient seulement un effet sur les cellules à partir d'une forte concentration. Le carbonate de calcium, un constituant important de différentes cendres volantes, présentait également un effet qui dépendait fortement de la concentration. Alors que la taille des particules n'avait aucun effet sur la lésion des cellules (toxicité cellulaire), une influence de la taille des particules a pu être constatée sur les lésions du génome (génotoxicité). Les particules de très petite taille endommageaient déjà le génome à partir d'une faible concentration ($30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), alors que les particules de plus grande taille n'avaient un effet génotoxique qu'à partir d'une forte concentration ($100 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Lors des essais avec des particules de miscanthus, aucune lésion cellulaire n'a été constatée tandis que les particules issues de la combustion du bois de hêtre provoquaient des effets cytotoxiques et génotoxiques. En comparaison, les particules issues de la combustion de résineux provoquaient seulement des lésions minimales.

2.1.3. EXPOSITION DES CELLULES AU NIVEAU DE L'INTERFACE AIR-LIQUIDE

Les particules fines sont absorbées par le tissu pulmonaire via les voies respiratoires. Pour assurer une simulation aussi réaliste que possible de cet état, l'IUK a établi un modèle d'exposition innovant à l'aide duquel les particules fines sont administrées dans les cellules d'essai sous forme de flux d'air (Fig. 9). Ce modèle d'exposition a permis de prouver les effets toxiques provoqués par les particules issues de la combustion à des concentrations de particules fines nettement plus faibles.



Abb. 9
Die Kultivierungs- und Expositionseinheit der Firma Vitrocell® im Laborbetrieb mit der Apparatur zur Erzeugung der Partikelsuspensionen. Die zu untersuchenden menschlichen Lungenzellen werden auf einer speziellen Membran ausgesät und mit einem Zellkulturmedium bis knapp über den Zellrasen beschichtet. Die Konzentration der Feinstaubpartikel sowie der Volumenstrom sind variabel einstellbar. Die Anzahl der lebenden Zellen wurde 24 Stunden nach der Feinstaubexposition bestimmt (Abb. 10).

Fig. 9
Module de culture et d'exposition de la société Vitrocell® en service au laboratoire avec l'appareillage pour la génération de suspensions particulières. Les cellules pulmonaires humaines à étudier sont semées sur une membrane spéciale et recouvertes du milieu de culture cellulaire juste au-dessus du tapis cellulaire. La concentration des particules fines contenues ainsi que le débit volumétrique sont réglables de façon variable. Le nombre de cellules vivantes a été déterminé 24 heures après l'exposition aux particules fines (Fig. 10).

Abb. 10
Prozentzahl lebender Zellen in Abhängigkeit von Flugaschekonzentrationen (Holzhackschnitzel Vauban, Freiburg)

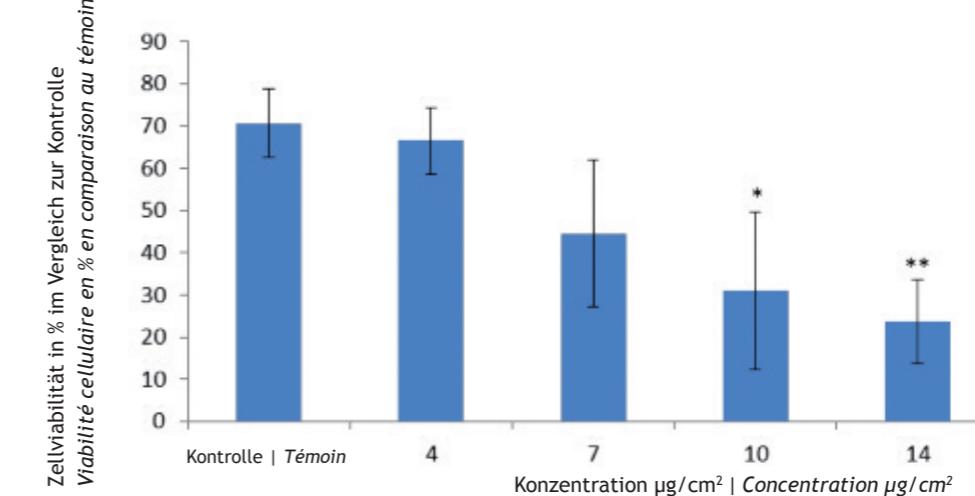


Fig. 10
Pourcentage de cellules vivantes en fonction de la concentration de cendres volantes (copeaux de bois Vauban, Freiburg)

2.1.4. DIE TOXIZITÄT DER VERBRENNUNGSPARTIKEL IN ABHÄNGIGKEIT VON PAK

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen (PAK) entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material und haben zum Teil krebserregende, erbgenetisch verändernde und fortplanzungsgefährdende Eigenschaften. Das MIPS und das GRE untersuchten den Gehalt von PAK in verschiedenen Feinstäuben, die bei der Verbrennung von Biomasse entstehen. Anschließend bestimmte das IUK den Zusammenhang von PAK-Konzentration und biologischen Effekten. Die Ergebnisse belegen, dass der PAK-Gehalt in Verbrennungspartikeln einen erheblichen Einfluss auf den Schädigungsgrad von Lungenepithelzellen ausübt (Abb. 11). Die Toxicität wird als $1/\text{LOEL} \times 100$ dargestellt. Je höher dieser Wert, desto stärker wirken die Partikel. Unter LOEL versteht man die niedrigste Konzentration einer Substanz, bei der noch ein Effekt beobachtet werden kann.

2.1.4. LA TOXICITÉ DES PARTICULES DE COMBUSTION EN FONCTION DU HAP

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) se forment lors de la combustion incomplète de matières organiques et présentent, pour certains, des caractéristiques cancérogènes, mutagènes et réprotoxiques. Le MIPS et le GRE ont analysé la teneur en HAP dans différentes particules fines qui sont issues de la combustion de biomasse. L'IUK a ensuite déterminé le rapport entre la concentration de HAP et les effets biologiques. Les résultats confirment que la teneur de HAP dans les particules de combustion a une influence considérable sur le degré de lésion des cellules épithéliales du poumon (Fig. 11). La toxicité est exprimée en $1/\text{LOEL} \times 100$. Les particules sont d'autant plus toxiques que cette valeur est importante. Le LOEL est le plus faible effet constaté d'une substance sur les cellules.

11

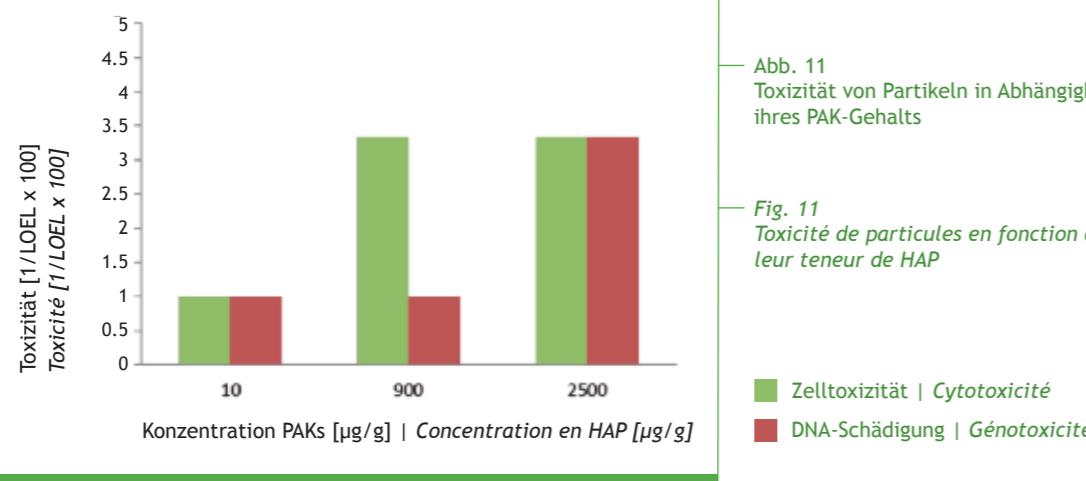
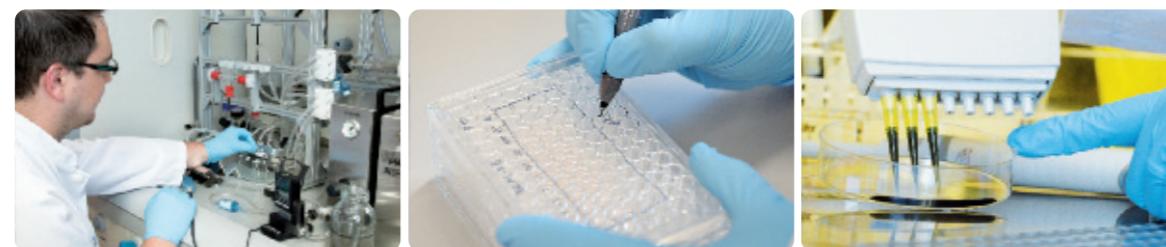


Abb. 11
Toxicität von Partikeln in Abhängigkeit ihres PAK-Gehalts

Fig. 11
Toxicité de particules en fonction de leur teneur de HAP

■ Zelltoxizität | Cytotoxicité
■ DNA-Schädigung | Génotoxicité



12

Fremdkörper (Partikel) Corps étrangers (particules)

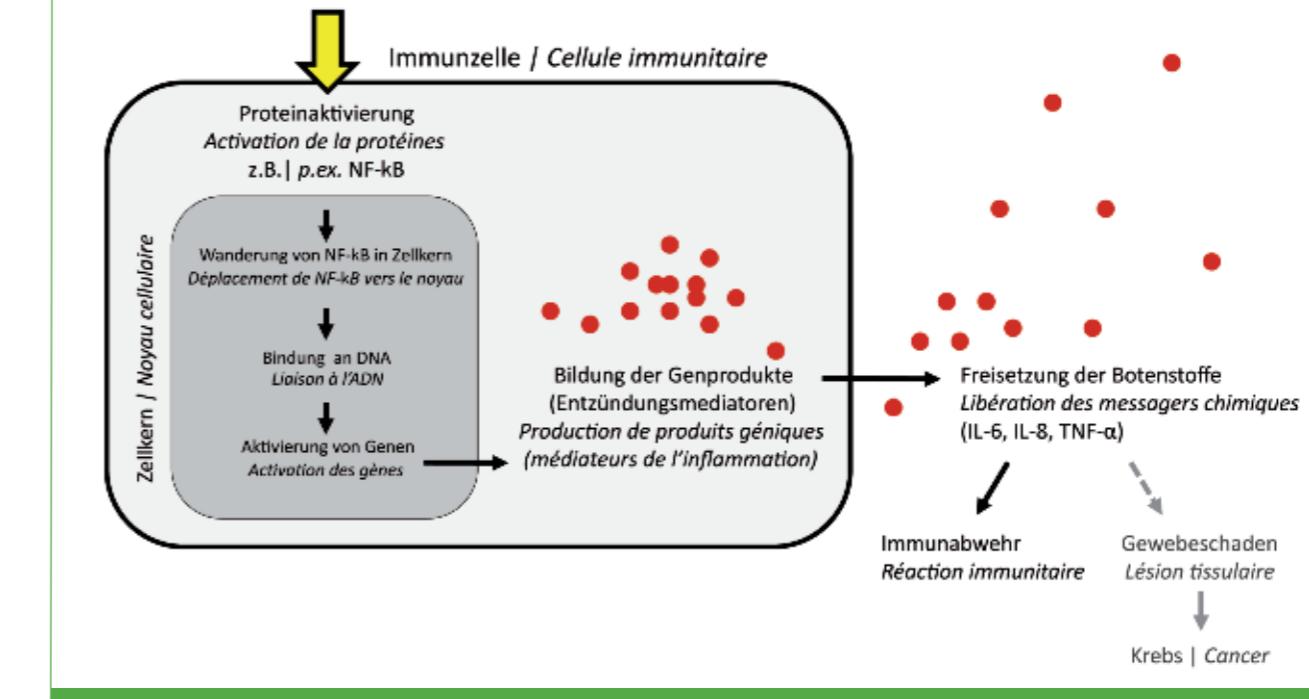


Abb. 12
Schematische Darstellung eines Entzündungsprozesses, der durch Partikel hervorgerufen wird

Fig. 12
Représentation schématique d'un processus d'inflammation par des particules

2.1.5. UNTERSUCHUNGSMODELL FÜR ENTZÜNDUNGSPROZESSE IN ZELLEN

Eine Entzündung ist ein wesentlicher Bestandteil einer Immunreaktion mit dem Ziel, Fremdkörper oder Giftstoffe zu beseitigen. Sie wird maßgeblich von Immunzellen reguliert und beinhaltet die Aktivierung bestimmter zellulärer Signalwege und Regulatoren. Ein Regulator, der das Entzündungsgeschehen steuert, sich an DNA binden und damit Gene aktivieren kann, ist das Protein NF-κB. Eine übermäßige oder anhaltende Aktivierung von Entzündungsprozessen kann umliegendes, gesundes Gewebe schädigen und Erkrankungen wie z. B. Krebs verursachen (Abb. 12).

Die Ergebnisse der PHARM deuten darauf hin, dass die verwendeten Feinstaubproben das Protein NF-κB nicht aktivieren können und deshalb keine maßgeblichen Entzündungsreaktionen auslösen. Vielmehr fanden sich Hinweise, dass Feinstaubpartikel eine bestehende Entzündungsreaktion reduzieren können.

2.1.5. MODÈLE D'ANALYSE POUR LES PROCESSUS D'INFLAMMATION DANS LES CELLULES

L'inflammation est un élément essentiel d'une réaction immunologique ayant pour but d'éliminer les corps étrangers ou les toxines du corps. Elle est régulée de façon déterminante par les cellules immunitaires et comporte l'activation des voies de signalisation cellulaire et de régulateurs spécifiques. La protéine NF-κB est un régulateur qui intervient au niveau du processus inflammatoire, qui peut se lier à l'ADN et activer des gènes. Une activation excessive ou permanente des processus inflammatoires peut endommager le tissu sain environnant et provoquer des maladies comme le cancer par exemple (Fig. 12).

Les résultats de la PHARM indiquent que les échantillons de particules fines utilisés ne peuvent pas activer la protéine NF-κB et qu'ils ne peuvent par conséquent pas déclencher de réactions inflammatoires importantes. Bien au contraire, les faits tendent à montrer que les particules fines peuvent réduire, de manière non expliquée, une réaction inflammatoire existante.

2.1.6. AUSWIRKUNGEN VON FEINSTAUB AUF DEN SCHUTZMECHANISMUS VON ZELLEN

Feinstaub sowie in Feinstaub enthaltenes Kalziumkarbonat regten Stressindikatoren in der Zelle an und lösten dadurch verschiedene Schutzmechanismen aus. Dies könnte erklären, warum die getesteten Feinstaubpartikel keine nennenswerte Bildung von aggressiven Sauerstoffradikalen, die zu einer Zellschädigung führen können, verursachten. Offensichtlich mildern die Schutzmechanismen bei einer kurzzeitigen Exposition die Schädigung der Zellen. Allerdings könnte eine längerfristige Aktivierung dieser Schutzmechanismen eine Immunantwort der Lunge beeinträchtigen, Infektionen fördern und die Entstehung von Krebs begünstigen.

2.1.7. AUSWIRKUNG VON FEINSTAUB AUF LUNGENZELLEN BEI LÄNGERER EINWIRKUNG

Im Gegensatz zu den Kurzeiteffekten ist die Langzeitwirkung von Feinstaub auf Lungenzellen bisher kaum untersucht worden. Nach Ergebnissen der PHARM führte eine langfristige Exposition von Lungenzellen mit Feinstaub zu einer deutlichen Abnahme der Zelldichte. Dieser Zellverlust konnte nicht auf eine direkte Toxizität der Partikel zurückgeführt werden. Vielmehr konnte beobachtet werden, dass Verbrennungspartikel in Lungenepithelzellen den Energiegehalt der Zelle beeinträchtigt und die Proteineusynthese gehemmt haben. Dies könnte sich auf die Zellteilung auswirken und somit die Regeneration und die Barriere-Funktion von Lungenzellen stören. Eine langfristige Feinstaubexposition könnte somit die Lunge nachhaltig schädigen.



2.1.6. EFFETS DES PARTICULES FINES SUR LES MÉCANISMES DE PROTECTION DES CELLULES

Les particules fines ainsi que le carbonate de calcium contenu dans les particules fines ont stimulé des indicateurs de stress dans la cellule et déclenchaient ensuite différents mécanismes de protection. Cela pourrait expliquer pourquoi les particules fines testées ne stimulaient pas la production de radicaux d'oxygène agressifs susceptibles d'entraîner une lésion cellulaire. Vraisemblablement, les mécanismes de protection réduisent les lésions cellulaires pour une courte exposition. Une activation prolongée de ces mécanismes de protection pourrait néanmoins affecter une réponse immunitaire des poumons, favoriser les infections et contribuer à la formation de cancers.

2.1.7. IMPACT DES PARTICULES FINES SUR LES CELLULES PULMONAIRES POUR UNE EXPOSITION PROLONGÉE

Contrairement aux effets à court terme, l'impact à long terme des particules fines sur les cellules pulmonaires n'a guère été étudié. Selon les résultats de la PHARM, une exposition prolongée de cellules de poumon à des particules fines a entraîné une nette réduction de la densité cellulaire. Il n'a pas pu être démontré que cette perte cellulaire était due à une toxicité directe des particules. Bien au contraire, les particules de combustion dans les cellules épithéliales de poumon avaient affecté la teneur en énergie de la cellule et inhibé la néosynthèse des protéines. Cela pourrait impacter la division cellulaire et perturber ainsi la régénération et la fonction de barrière des cellules pulmonaires. Une exposition prolongée aux particules fines pourrait ainsi endommager durablement le poumon.



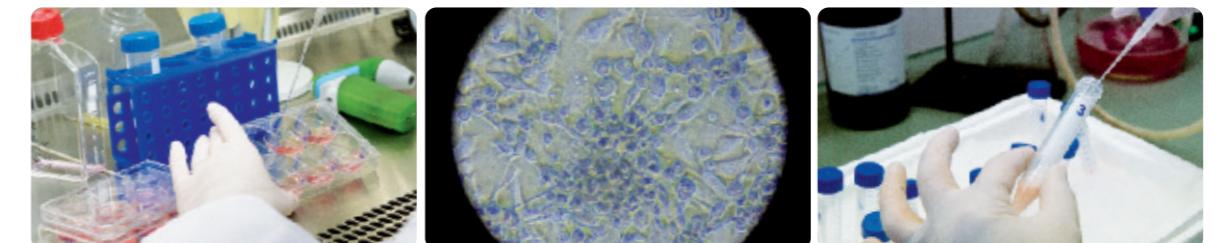
Auswertung von Daten | Évaluation des données

2.1.8. ETABLIERUNG VON 3D KULTUREN DER LUNGE

Da sich das Verhalten isolierter Zellen in einem Zellkulturgefäß deutlich von Zellen in ihrer physiologischen drei-dimensionalen (3D) Umgebung unterscheiden kann, hat die PHARM ein komplexes Zellkulturnetzwerk aufgebaut, um die gegenseitigen Wechselwirkungen unterschiedlicher Lungenzelltypen auf eine Feinstaubexposition zu erfassen. Das Modell berücksichtigt die natürlichen Bedingungen in der Lunge und schließt die wesentlichen Zellen ein, die Fremdkörper aus der Umgebung abwehren, wie zum Beispiel Phagozyten, Lungenepithelzellen und dendritische Zellen. Erste Experimente mit Partikeln aus Biomasse-Verbrennung zeigen eine gute Einsatzmöglichkeit dieser 3D-Kulturen zur Untersuchung von Entzündungsprozessen und von Zellschädigungen.

2.1.8. MISE EN PLACE DE CULTURES TRIDIMENSIONNELLES DU POUMON

Le comportement de cellules isolées dans un flacon de culture cellulaire pouvant différer sensiblement de celles des cellules dans leur environnement physiologique tridimensionnel naturel, la PHARM a établi un modèle complexe de culture de cellules pour déterminer les interactions réciproques de différents types de cellules pulmonaires à une exposition aux particules fines. Le modèle tient compte des conditions naturelles dans le poumon et intègre les principales cellules qui luttent contre les corps étrangers en provenance de l'environnement, par exemple les phagocytes, les cellules épithéliales du poumon et les cellules dendritiques. Des premières expérimentations avec des particules issues de la combustion de biomasse ont montré que ces cultures 3D du poumon pouvaient être utilisées pour l'étude des processus inflammatoires et des lésions cellulaires.





3 DER UMWELT ZULIEBE

FORSCHUNGSTHEMA 3 VERWERTBARKEIT DER ASCHEN AUS DER BIOMASSE-VERBRENNUNG IN DER ZEMENTINDUSTRIE

Der Einsatz von elektrostatischen Abscheidern, Zyklen oder Schlauchfiltern ermöglicht das Auffangen von Flugasche. Im Gegensatz zur Rostasche, die nach chemischen Kontrollen als Zusatz in Düngemitteln verwendet wird, kann Flugasche vor allem wegen erhöhten Konzentrationen einzelner Schwermetalle nicht direkt verwendet werden und muss speziell entsorgt werden. BIOCOMBUST hat die mögliche Weiterverwertung dieser Aschen in der Zementindustrie untersucht – nämlich ob sie sich als CO₂-neutraler Klinkerersatz eignen. Ein erster Schritt war eine physikalische, chemische, mineralogische und toxikologische Analyse der Flugaschen. Anschließend wurden sie in verschiedenen Anteilen Zementmischungen beigegeben und ihr Einfluss auf die Eigenschaften des Zements bewertet.

POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

THÈME DE RECHERCHE 3 POTENTIEL D'UTILISATION DES CENDRES ISSUES DE LA COMBUSTION DE BIOMASSE DANS L'INDUSTRIE DU CIMENT

L'utilisation d'électrofiltre, de multicyclone ou de filtres à manches permet de collecter les cendres volantes. Contrairement aux cendres de lit qui, après vérification de la composition chimique, sont utilisées comme additifs dans les engrains, les cendres volantes ne peuvent pas être utilisées directement et doivent être éliminées séparément, à cause des concentrations élevées de certains métaux lourds. BIOCOMBUST a analysé les possibilités de réutiliser ces cendres dans l'industrie du ciment, notamment en tant que substitut de clinker tout en étant plus sobre en émissions de CO₂. La première étape a été l'analyse physico-chimique, minéralogique et toxicologique des cendres volantes. Elles ont ensuite été ajoutées dans des mélanges de ciment dans des proportions variables et leur influence sur les propriétés du ciment a été évaluée.

3.1. VERSUCHSAUFBAU

Zement muss bestimmte Eigenschaften vorweisen, um Verwendung als Bindemittel in Mörtel und Beton zu finden. Ausschlaggebend sind hier in erster Linie die Verarbeitbarkeit, Festigkeit und Alterungsbeständigkeit. Die Qualität des Zements hängt unmittelbar mit dem benötigten Wasseranteil zusammen. Je niedriger der Wasseranteil, desto eher kann man mit guten Zementeigenschaften rechnen.

Die Festigkeit wird bestimmt, indem sogenannte Prismen aus Mörtelmasse hergestellt und nach unterschiedlich langen Aushärtungszeiträumen auf Belastbarkeit untersucht werden. Dies geschieht mit Hilfe eines Geräts, welches den Druck auf die Prismen so lange erhöht, bis diese zerbrechen. Der maximale Druck wird dann als Festigkeitswert verwendet.

3.1. DISPOSITIFS ET PROCÉDURES EXPÉRIMENTAUX

Le ciment sert de liant dans le béton, il doit donc avoir des caractéristiques bien définies, qui sont principalement la facilité de mise en œuvre, la stabilité et la résistance au vieillissement. La facilité de mise en œuvre dépend des propriétés d'écoulement du mortier (mélange ciment/sable/eau). La qualité du ciment dépend directement de la teneur en eau (ratio eau-liant, E/L). Plus la teneur en eau est faible et meilleure est la qualité du ciment.

La stabilité du ciment est testée en fabriquant des prismes de mortier, dont la résistance à la compression est analysée après différents temps de prise. Un dispositif augmente la pression sur les prismes jusqu'à ce qu'ils cassent. Cette pression est alors utilisée en tant que valeur caractéristique.

3.2. ERGEBNISSE

Um den Einfluss von Flugaschen auf die Zementeigenschaften zu untersuchen, wurden in Zusammenarbeit mit Holcim Flugascheproben aus St. Peter (D), Saint-Louis (F), Rixheim (F) und Ammerzwiller (F) in verschiedenen Gewichtsanteilen (30%, 5%, 2.5%) dem Portlandzement (Normo 4 SG) beigemischt und mit Referenzmischungen aus der Praxis verglichen. Die qualitative Bewertung über die benötigten Wassermengen und die Festigkeitsentwicklung findet sich in Abb. 13.

Die Mischungen mit 30% Ascheanteil liefern schlechte Ergebnisse für den Wasserbedarf und die Festigkeitsentwicklung bei allen Flugaschen aus elektrostatischen Abscheidern. Dies gilt auch für Schlauchfilter. Allerdings lässt sich das Ergebnis positiv beeinflussen, wenn die Biomasse mit zusätzlichem Kalk (Wirbelschichtfeuerung) verbrannt wurde (Schlauchfilter 1). Sie zeigt bei 30% Anteil befriedigende Ergebnisse.

3.2. RÉSULTATS

Pour analyser l'influence des cendres volantes sur les propriétés du ciment, on a mélangé en coopération avec Holcim des échantillons de cendres volantes provenant de St. Peter (D), Saint-Louis (F), Rixheim (F) et Ammerzwiller (F) dans différentes proportions en masse (30 %, 5 %, 2.5 %) avec du ciment Portland (Normo 4 SG). Des comparaisons avec des mélanges de référence ont été réalisées. Les résultats qualitatifs sur la fraction d'eau requise sont présentés dans la Fig. 13.

Les mélanges avec un pourcentage de 30 % de cendres de combustion de biomasse donnent de mauvais résultats au niveau de la teneur en eau et de la résistance mécanique pour toutes les cendres volantes d'électrofiltre. Il en est de même pour les filtres à manches. Les résultats avec de la biomasse brûlée avec du calcaire ajouté (foyer à lit fluidisé) sont en revanche amélioré (filtre à manches 1). À un pourcentage de 30 % de cendres, les résultats sont satisfaisants. Si les ratios de



Zementmischung (Anteil der Asche, der dem Portlandzement beigemischt wurde)	Mélange de ciment (Proportion de la cendre, qui a été mélangé avec du ciment Portland)	Wasserverbrauch (Wasser/Beton Verhältnis)	Festigkeit nach 1 Tag	Festigkeit nach 2 Tagen	Festigkeit nach 28 Tagen
		Teneur d'eau (rapport eau/béton)	Résistance mécanique après 1 jour	Résistance mécanique après 2 jours	Résistance mécanique après 28 jours
Referenz 1 100% Portlandzement	Référence 1 100 % de ciment Portland	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien
Referenz 2 30% Kalkstein	Référence 2 30 % de calcaire	sehr gut très bien	gut bien	gut bien	gut bien
Referenz 3 30% Ölschiefer-Flugasche	Référence 3 30 % de schiste bitumineux	sehr gut très bien	gut bien	gut bien	gut bien
30% Holz-Flugasche aus Elektrostatischem Abscheidetechnik	Séparateur électrostatique pourcentage de 30 %	sehr schlecht très mauvais	sehr schlecht très mauvais	schlecht mauvais	schlecht mauvais
2.5% Holz-Flugasche aus Schlauchfilter 1	Filtre à manches 1 pourcentage de 2.5 %	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien
5% Holz-Flugasche aus Schlauchfilter 1	Filtre à manches 1 pourcentage de 5 %	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien
30% Holz-Flugasche aus Schlauchfilter 1	Filtre à manches 1 pourcentage de 30 %	befriedigend satisfaisant	befriedigend satisfaisant	gut bien	befriedigend satisfaisant
2.5% Holz-Flugasche aus Schlauchfilter 2	Filtre à manches 2 pourcentage de 2.5 %	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien
5% Holz-Flugasche aus Schlauchfilter 2	Filtre à manches 2 pourcentage de 5 %	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien
30% Holz-Flugasche aus Schlauchfilter 2	Filtre à manches 2 pourcentage de 30 %	sehr schlecht très mauvais	sehr schlecht très mauvais	sehr schlecht très mauvais	schlecht mauvais
30% Miscanthus- oder Holz-Flugasche aus Zyklon	Multicyclone pourcentage de 30 %	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien	sehr gut très bien

13

Abb. 13
Bewertung der Referenzmischungen
und der verschiedenen Aschetyphen
bezüglich der Eignung als Zementzusatz

Fig. 13
Qualité des mélanges de référence et
des différents types de cendres
quant à leur potentiel d'utilisation
comme additif pour ciment

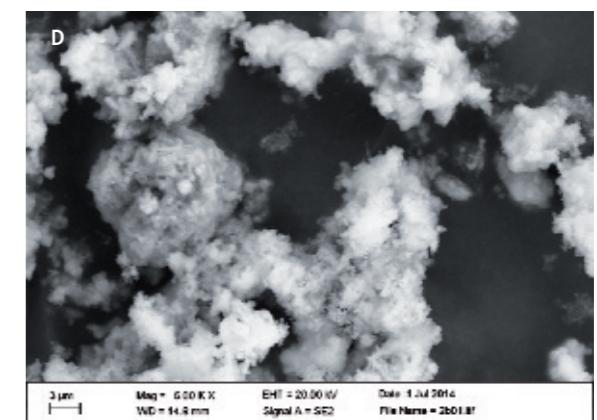
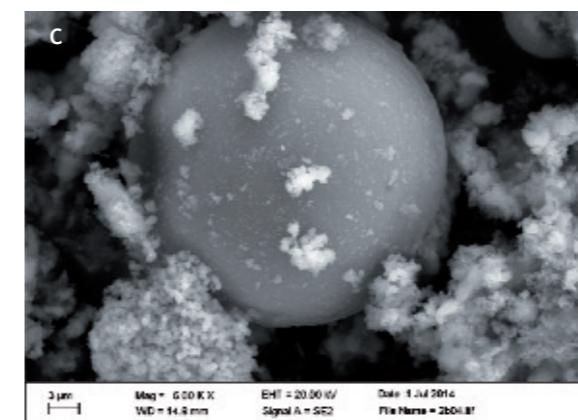
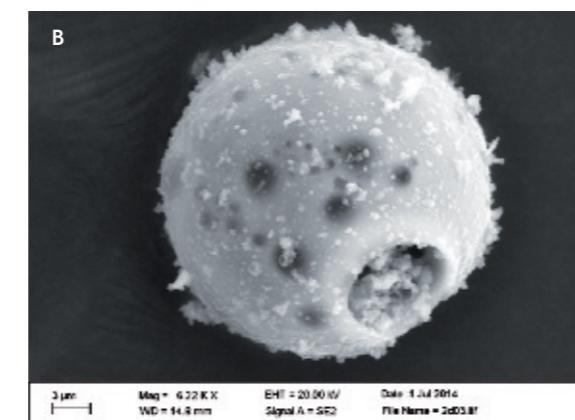
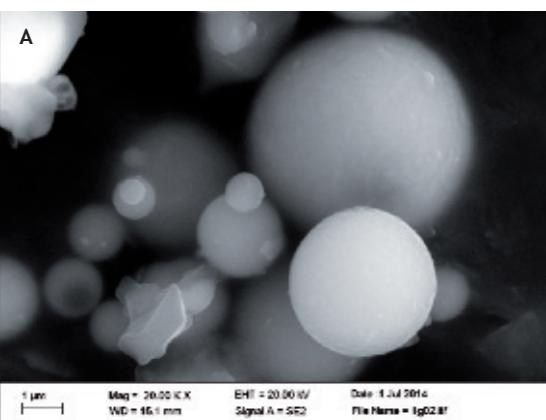
mélange sont inférieurs, les propriétés dépassent celles des produits de substitution traditionnels qui sont mélangés à raison de 30 % (référence 2-3). L'usage des cendres provenant de multicyclone est tout à fait positif, même meilleur que les mélanges de référence établis avec des cendres de schiste bitumeux et de calcaire.

Le potentiel d'utilisation des cendres comme matériau à mélanger au ciment semble entre autres dépendre de l'adjonction de calcaire ou d'hydroxyde de calcium au combustible pour le miscanthus et de la technique d'extraction des fumées qui est utilisée. Les images de microscopie électronique ci-dessous montrent que les cendres de multicyclones (Fig. 14 B) ont un fort potentiel d'utilisation. La comparaison de la morphologie des particules issues de la combustion de biomasse et piégées dans un multicyclone avec celle des cendres volantes issues de la combustion de charbon (Fig. 14 A), qui sont déjà utilisées avec succès comme additif dans le ciment, montre des similitudes, laissant présager un effet similaire. Les particules provenant de techniques de séparation combinées (Fig. 14 C) et d'électrofiltre (Fig. 14 D) ont d'autres formes.

Abb. 14
Rasterelektronenmikroskopische
Aufnahme von Flugaschepartikeln:
A: Zyklonashepartikel aus
Kohleverbrennung;
B: Zyklonashepartikel aus
Holzverbrennung;
C: Aschepartikel von Zyklon-
und elektrostatischem Abscheider
aus Holzverbrennung;
D: Flugasche von elektrostatischem
Abscheider aus Holzverbrennung

Fig. 14
Images de microscopie électronique
de particules de cendres volantes ;
A : particules de cendres de
multicyclones issues de la combustion
de charbon ;
B : particules de cendres cycloniques
issues de la combustion de bois ;
C : particules de cendres provenant
de multicyclone et d'électrofiltre
issues de la combustion de bois ;
D : cendres volantes d'électrofiltre
issues de la combustion de bois

14





4 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT DES BIOCOMBUST PROJEKTS

Die Vermittlung von Informationen und Wissen über das Projekt und seine Inhalte ist primäres Ziel der BIOCOMBUST Öffentlichkeitsarbeit. Um verschiedene Bevölkerungsgruppen zu sensibilisieren und über die Forschungsarbeit des Projekts aufzuklären, wurden diverse Instrumente und Medienformen eingesetzt und verschiedene Informationskanäle und Kommunikationsmaterialien genutzt.

4.1. INSTRUMENTE DER ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Neben leicht verständlichen Postern und Broschüren vermittelt die dreisprachige Projektwebsite (deutsch, französisch, englisch) unter www.biocombust.eu die Projektinhalte. Sie stellt das Projekt, seine Forschungsthemen und Ziele sowie die beteiligten Projektpartner vor. Darüber hinaus liefert sie einen Veranstaltungskalender inklusive Veranstaltungsarchiv, informiert über BIOCOMBUST-Publikationen und bietet einen Downloadbereich. Zusätzlich präsentiert sich das Projekt in verschiedenen sozialen Netzwerken (Facebook, YouTube, LinkedIn) und über eine Online-Plattform zum Thema Biomasse.

TRAVAIL DE RELATIONS PUBLIQUES DU PROJET BIOCOMBUST

La transmission d'informations et de connaissances concernant les aspects de santé de l'utilisation énergétique de la biomasse constitue le principal objectif du travail de la communication de BIOCOMBUST. Afin de sensibiliser et d'informer différents groupes de populations sur les travaux de recherche du projet, différents outils et voies d'informations ont été utilisés.

4.1. OUTILS DE COMMUNICATION

Il existe des posters et des brochures explicites et bien compréhensibles. Le site internet du projet, accessible sur le lien www.biocombust.eu (allemand-français-anglais), présente le projet, ses thèmes de recherche ainsi que les objectifs des différents partenaires du projet. En outre elle fournit le calendrier des manifestations avec des archives et informe sur les publications BIOCOMBUST avec des fichiers à télécharger. Le projet est également présenté dans différents réseaux sociaux (Facebook, YouTube, LinkedIn) et sur une plateforme virtuelle au sujet « biomasse ».

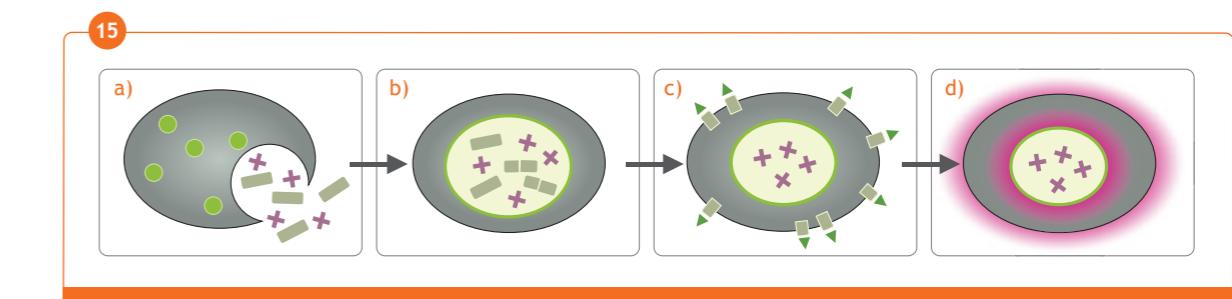


Abb. 15
So funktionieren Fresszellen (Phagozyten)

- a) Die Phagozyten nehmen organisches Fremdmaterial (-) und Feinstaub (+) auf, welches in Bläschen eingeschlossen wird
- b) Fremdpartikel werden in den Phagozyten verdaut
- c) Organisches Fremdmaterial (Proteine) wird gespalten, an die Oberfläche der Phagozyten transportiert und löst dort eine immunologische Abwehrreaktion aus
- d) Feinstaub kann nicht aufgespalten werden: die Phagozyten reagieren mit Stress und versenden Entzündungssignale

Fig. 15
Comment fonctionnent les macrophages (phagocytes)

- a) Les phagocytes absorbent les matières étrangères organiques (-) et les particules fines (+) dans des vésicules
- b) Les particules étrangères sont digérées par les phagocytes
- c) Les matières étrangères organiques (protéines) sont fractionnées, transportées à la surface des phagocytes où elles déclenchent une réaction immunitaire
- d) Les particules fines ne peuvent pas être fractionnées : les phagocytes réagissent avec des signes de stress et transmettent des signaux d'inflammation

Die Facebook Seite des Projekts enthält einen »Science Blog«, der aktuelle Informationen zu projektspezifischen Inhalten aufbereitet. Hier werden gezielt einzelne Ausschnitte der Projektarbeit beleuchtet wie zum Beispiel die Sammlung von Partikeln in der Umgebungsluft, die mikroskopische Analyse von Aschen oder vereinfachtes Fachwissen, das für die BIOCOMBUST Forschung grundlegende Bedeutung hat (zum Beispiel Abb. 15).

Le profil Facebook du projet contient un « Blog Scientifique » avec des actualités sur des contenus spécifiques au projet. Les parties du projet sont présentées de façon ciblée, par exemple la collecte des particules dans l'air ambiant ou l'analyse microscopique des cendres et plus généralement des connaissances simples qui présentent une importance fondamentale pour le projet BIOCOMBUST (par exemple Fig. 15).

4.2. DAS KOMMUNIKATIONSKONZEPT »WISSENSCHAFT HAUTNAH«

Die Öffentlichkeitsarbeit entwickelte ein speziell auf das Projekt BIOCOMBUST ausgerichtetes Kommunikationskonzept unter dem Slogan »Wissenschaft hautnah«. Ein visuelles Erkennungsmerkmal, ein orangener Stempel, markiert alle Kommunikationsmaterialien dieser Reihe, die die wissenschaftliche Forschung in einen besonders lebendigen und erfahrbaren Kontext stellen.

4.2. LE CONCEPT DE COMMUNICATION « LA SCIENCE VÉCUE DE PRÈS »

Le travail de communication a donné naissance à un concept spécialement axé sur le projet BIOCOMBUST sous le label « La science vécue de près ». Un signe distinctif visuel, un cachet orange, identifie tout les outils de communication de cette série qui présente la recherche scientifique dans un contexte particulièrement vivant et compréhensible.

Ausgangspunkt dieses Kommunikationskonzepts ist die Tatsache, dass wissenschaftliche Forschung viel Zeit in Anspruch nimmt und Ergebnisse nicht im Halbjahrestakt veröffentlicht werden können. Um dennoch bereits ab Projektbeginn zielgerichtet kommunizieren zu können und die Öffentlichkeit für die projektrelevanten Themen zu sensibilisieren, bietet »Wissenschaft hautnah« einen Blick hinter die Kulissen in den Forschungsalltag eines Wissenschaftsbetriebs und begleitet die Mitarbeiter bei ihren alltäglichen Arbeiten (Abb. 16).

WISSENSCHAFT HAUTNAH LA SCIENCE VÉCU DE PRÈS

Die an die Website angegliederte zweisprachig angelegte virtuelle Plattform »backstage« mit Quiz zum Thema Biomasse ermöglicht einen Blick hinter die Kulissen des grenzüberschreitenden Projekts und macht gebündelt viele Facetten der Forschungsarbeit sichtbar. Sie enthält über 30 eigens produzierte Kurzfilme (1-3 Minuten) auf Französisch und Deutsch, die lebendig und abwechslungsreich gestaltet sind. In den Kurzfilmen erläutern die Projektmitarbeiter, an welchen Fragestellungen und mit welchen Methoden sie arbeiten. Zusätzlich wurden Experten interviewt, die weitere Hintergrundinformationen rund ums Thema Biomasse-Verbrennung diskutieren.

4.3. VERANSTALTUNGEN

Neben der Teilnahme an vielen fachspezifischen Veranstaltungen hat sich das Projekt besonders auf Wissenschaftsmärkten einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt (Wissenschaftsmarkt Freiburg 2013, Fête de la Science 2013 in Mulhouse und 2014 in Colmar). Kinder im Alter zwischen acht und zwölf Jahren wurden im Rahmen der Science Days 2014 im Europapark Rust über

La toile de fond de ce concept est que la recherche scientifique nécessite beaucoup de temps et que ses résultats ne peuvent pas être publiés dans un rythme de 6 mois. Pour pouvoir communiquer dès le début du projet de façon ciblée en intéressant et en sensibilisant le Grand Public au thème de la combustion de la biomasse, « La Science vécue de près » a permis de montrer les coulisses de la recherche et a mis le focus sur les travaux dans le fonctionnement quotidien de la recherche et des chercheurs (Fig. 16).

La plateforme virtuelle bilingue « backstage » avec le quizz « biomasse » est accessible par le site de web du projet et permet de connaître les coulisses du projet de recherche transfrontalier BIOCOMBUST grâce à une trentaine de courts métrages produit par le projet et spécialement conçus et classés dans différents « modules ». Les partenaires du projet expliquent dans ces courts métrages leurs méthodes pour étudier les particules issues l'utilisation énergétique de la biomasse et les aspects sanitaires associés. En plus, des experts régionaux ont été interviewés pour fournir des informations complémentaires sur le thème de la biomasse.

4.3. MANIFESTATIONS

Outre la participation à de nombreuses manifestations spécifiques, le projet est également présenté à un large public, notamment à l'occasion d'exposition scientifique » (Wissenschaftsmarkt à Freiburg en 2013, Fête de la Science en 2013 à Mulhouse et en 2014 à Colmar). Les enfants âgés de huit à quinze ans ont également été sensibilisés sur la recherche BIOCOMBUST dans le



16

MESSEN || Biomasse-Verbrennungsanlage unter Beobachtung
MESURER || Surveillance des installations de combustion

UNTERSUCHUNG DER ABGASE EINER HOLZVERBRENNUNGSANLAGE MIT DEN MOBILEN FORSCHUNGSLABOR (MoLa) DURCH DAS MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR CHEMIE, MAINZ

ANALYSE DES REJETS D'UNE INSTALLATION DE COMBUSTION DU BOIS AVEC LE LABORATOIRE MOBILE (MoLa) PAR LE MAX-PLANCK-INSTITUT POUR LA CHIMIE, MAINZ

- 1 St. Peter en Zwitserland
- 2 Biomasse-Verbrennungsanlage: Seit 2009 versorgt die «Rüger Energie St. Peter e.G.» das Dorf mit warmem Wasser und Elektrizität
- 3 Im Verbrennungsanlagen werden Heiztemperaturen von über 1000 °C erreicht
- 4 Elektro-Filter zur Reinigung der abgeht Partikel, die hier nicht abgeschieden werden, gelangen in die Umwelt - diese Partikel werden im MoLa untersucht
- 5 Sonnenblitzfilter für die im Elektro-Filter abgeschiedenen toxischen Rauchgasen
- 6 Um zu verhindern, dass sich die Partikel durch das Kondensieren von Kondensaten oder durch Zersetzungsvorgänge vermehren, wird das abgeleitete Gas vor der Messung verdampft
- 7 In sieben Wege-Höhe kontrolliert ein Wissenschaftler die Prozesslinie direkt am Schornstein
- 8 Mithilfe der Abgasmessungen befindet eine Wissenschaftlerin die Reaktionsumgebung im MoLa
- 9 Auf den Reaktionsstufen im Mobile Labor werden Informationen zu Konzentration, Größe und chemischer Zusammensetzung der Abgaspartikel gesammelt; auch Spuren von Stikstoff oder Rohstoffkohlenstoff können in Echtzeit während verschiedener Phasen des Verbrennungsprozesses gemessen werden

**WISSENSCHAFT HAUTNAH
LA SCIENCE VÉCU DE PRÈS**

«Après nos premiers résultats des mesures mobiles et fixes, je dirai que la combustion dans les grandes centrales de combustion est plus performante et moins polluante que dans les petites unités domestiques. La qualité des installations de filtration contrôlée essentiellement à un meilleur bilan en terme d'émissions.»
Chimie du Max-Planck-Institut für Chemie, Post-Doc, 30 ans

Abb. 16
Ein Beispiel für die Poster
»Wissenschaft hautnah«

Fig. 16
Un exemple des posters
« La science vécue de près »

32

33

die BIOCOMBUST-Forschung informiert. Vor circa 40 Kindern der gleichen Altersgruppe hielt Professor Gieré im Rahmen der »Kinder-Uni« der Badischen Zeitung im August 2014 einen Vortrag zum Thema »Wie klein ist klein – was so alles durch die Luft schwirrt«. Für die Gewinner eines BIOCOMBUST-Quiz veranstaltete die Öffentlichkeitsarbeit eine exklusive Führung durch Labore der GEO.

cadre des Science Days en 2014 à l'Europapark à Rust. Dans le cadre de « l'Université des Enfants » du journal de Bade Badische Zeitung, en août 2014, le professeur Gieré a tenu une conférence devant environ 40 enfants du même âge sur le thème « C'est comment petit ? Tout ce qui bourdonne dans l'air ». Les gagnants du quizz biomasse lors du « Wirtschaftsmarkt » ont eu la possibilité de visiter les laboratoires de géochimie de l'université de Freiburg.



4.4. PRESSESTIMMEN BIS 31.03.2015

ZEITUNGEN / MAGAZINE | JOURNAUX / MAGAZINES

- global° Magazin für eine nachhaltige Zukunft: »Biomasse: Energiequelle und Gesundheitsproblem«, 18.12.2014 (online)
- Dernières Nouvelles d'Alsace: « De l'âtre au poumon », 6.12.2014
- neues deutschland: »Atemnot am Kaminfeuer – Biomasse wird wieder Energiequelle – nachwachsend und billig. Aber welche gesundheitliche Wirkung hat der neue, alte Brennstoff?«, 29.11.2014, S. 26
- Badische Zeitung: »Professoren und Partikel: Ein Besuch an der Kinder-Uni«, 21.08.2014, S. 24
- L'Alsace : »Ça gaze dans les laboratoires de recherche de la vallée rhénane«, 14.01.2014, S. 36



RADIO/TV | RADIO/TV

- Journal France 3 Alsace 19-20 : Reportage zu Minikonferenz « 20 ans de coopération transfrontalière sur l'air » von ASPA in Kooperation mit BIOCOMBUST, 07.05.2014
- Journal France 3 Alsace 12-13: Studiobeitrag über BIOCOMBUST Projektvorstellung, 07.05.2014

4.4. ÉCHOS DANS LA PRESSE JUSQU'AU 31.03.2015

IMPRESSUM | MENTIONS LÉGALES

Autoren | Auteurs
BIOCOMBUST-Team, Sophia Noz

Online verfügbar unter | Disponible en ligne sous
www.biocombust.eu

Layout | Mise en page
SEE YOU DESIGN · Carina Ullmann

Druckerei | Imprimerie
Les Bateliers, Strasbourg

Auflage | Édition
500

Copyright: Fotos | Photos
BIOCOMBUST, F. Drewnick, fotolia, DWD



info@biocombust.eu
0049-761 203 6416
www.biocombust.eu



Besuchen Sie uns auf
Venez visiter notre site sur
FACEBOOK

April 2015 | Avril 2015



Diese Broschüre entstand im Rahmen des EU-Forschungsprojektes »BIOCOMBUST: Gesundheitliche Aspekte der energetischen Biomassenutzung«, das vom INTERREG IV-Programm gefördert wurde.

Cette brochure a été conçue dans le cadre du projet européen de recherche « BIOCOMBUST : Aspects sanitaires de la production d'énergie à partir de biomasses », cofinancé par le programme INTERREG IV.



Von der Europäischen Union kofinanziert | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
Cofinancé par l'Union Européenne | Fonds européen de développement régional (FEDER)

Der Oberrhein wächst zusammen, mit jedem Projekt | Dépasser les frontières: projet après projet

