#### Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH



## Wood Combustion Agenda 2030 – Development Pathways for a Low Emission Future

#### **Prof. Dr. Ingo Hartmann**



Virtual Workshop on Advances in Wood Heater Research and Development January 11th and 12th, 2022 As part of the 5th Wood Heater Design Challenge

### **General framework**



- Today's accelerating and man-made climate change requires the fastest possible transition to GHG-neutral energy with the goal of largely eliminating GHG emissions in 25 years at the latest → Biomass as renewable energy
- Residential space heaters on the market:
  - Comfort and ambiance stoves
  - System-serving and power-failure-proof residential heating systems
- Almost zero emissions under practical operating conditions
- System integration: water jaket, operator feedback, automated control

### Why emission abatement?



- Biogenic solid fuels in small combustion units can contribute to GHG reduction if CO<sub>2</sub> neutrality is maintained.
- Environmental pollution caused by emissions from wood combustion units must be further reduced: Toxicology and climate!
- Some pollutants also have a GHG potential! Black carbon (soot).

Green house gases	20 Years	100 Years	
Carbon dioxid <mark>e CO</mark> 2	1	1	C
Methane CH <sub>4</sub>	84	28	lr
Nitrous oxide N <sub>2</sub> O	264	265	В
Black Carbon particles	210 - 1,500	210 - 1,500	lr

Carbon dept Incomplete wood combustion Biomass production Incomplete combustion

Source: IPCC AR5, Agostini,A., Giuntoli, J., Boulamanti, A.: carbon accounting of forest bioenergy. European Commission. Joint Reseach Centre, Ispra 2014

### "Blauer Engel" (Blue Angel) environmental label for cordwood stoves



#### Background

- Voluntary label for cordwood stoves
- Label for very environmentally friendly stoves with low CO, VOC and PM emissions

#### Contributors

- Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety,
- The German Environmental Protection Agency (Umweltbundesamt UBA)
- RAL gemeinnützige GmbH (sign authority)
- Stove manufacturer
- Environmental associations: DUH e.V. applied for the opening of a procedure for the development of the environmental label for wood log stoves

#### **Current status:** published / in force, 5 stoves awarded

https://www.blauer-engel.de/en/productworld/stoves-for-wood/stoves

### **Test method "Blauer Engel"**



- Parallel (simultaneous) measurement of CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, Org.-C (VOC), TSP (PM), number of particles, all burning cycles are scored and averaged overall
- 3 measurement sections:
  - 1: Cold start (ignition + first burning cycle)
  - 2: Nominal load (three burning cycles)
  - 3: Partial load (two burning cycles)
- Cold start and first reload with natural draft
- Test with beech cordwood, commercially available: water content 15 wt.%, dimensions according to manufacturer (e.g. L = 33 cm and D = 50 cm)
- Continuous measurement over all burning cycles

https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/en/DE-UZ%20212-202001-en-criteria\_V6.pdf

### **Emission limits**



Emission requirements reached if the average of the individual measurements of the test cycles (ignition phase, nominal load, partial load - if provided by the manufacturer) does not exceed the limits

Parameter	Test method	Maximum value (1)	Maximum value (1)						
	For measuring regulation	Emission	Emission for stoves with						
			external precipitator,						
			which has to be retrofitted						
Particle mass	DIN EN 16510-1:2018 (2)	0.015 g/m <sup>3</sup> (approx. 0.4 g/h)	0.040 g/m <sup>3</sup> (approx.1 g/h)						
concentration									
Particle number concentration	See Annex C (Measurement is mandatory from 1.1.2020)	2023/24: Target value below 5 x 10 <sup>6</sup> /cm <sup>3</sup>	No specification						
CO mass concentration	DIN EN 16510-1:2018 (2)	0.50 g/m <sup>3</sup>	0.50 g/m <sup>3</sup>						
OGC mass	DIN EN 16510 1.2019 (2)	$0.07  aC/m^3$	$0.07 aC/m^{3}$						
concentration	DIN EN 10310-1.2018 (2)								
NOx mass	DIN EN 16510-1.2018 (2)	$0.18  \mathrm{g/m^3}$	$0.18  a/m^3$						
concentration	DIN EN 10510-1.2018 (2)	0.18 g/m²	0.18 g/m²						
(1) Related to dry e	exhaust gas, standardized to	0 °C, 1013 mbar, 13 vol%	oxygen						
(2) Domestic solid	(2) Domestic solid fuel heaters - Part 1: General requirements and test methods								

### Downdraft combustion unit with integrated catalytic converter







Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt							BUÇ
Az	28412/02	Referat	Kimaschutz 8	Energie	Fördersum	ne	616.710 Euro
Antrags	titel	Enrwicklung, Baugruppen a	Uniersuchung zur Darsiellung	o und li eines bes	Insaiz neur	niger kan Ionsamen	alytisch wirksamer Kaminolens
Stichwo	rte	Kaminoles, Emil	ssionsminderung				
	Laufzeit	Projekt	beginn	Pa	ijektende	1	Projektphase(n)
	35 Monate	01.17	2011		03 2015		2
Zwis	cheriberichte						
Remillio	unasemplioner	Speciel Mark	lare Olensyste	ma		Tel	06452/929 85.0
		GmbH & Co.	KG			Fax	06452 / 929 88-20
		Herr Bodo Sp	pecht			Projet	deitung
		Bahnholstr. 2	2			Firma	Spocht
		D 35116 Hat	zfeld - Reddigh	auson		Boart	eiter Frank Werner
Koopera	ationspartner	Dautsches B	iomasseforschi	ngsont	um gemeinni	itzige Gmb	sH (DBFZ)
		Torgatoer Se.	. 116				
		Institut für Te	y chrische Cher	nio der Lie	iversität Lein	zia	
		Linnistr 3					
		04103 Loipzi	0				
Ziols In dan F worden, o Schabio	etzung und Ar sl. Vataban XEXD - 5 dach wähle gesandhäk Restslahungi verlaget	nlass des V inurfige omittions indevinite Schabble werden Kömmt, Di	orhabons amerikatissier st fle aus Verbernung 1 sollie ein besond	iten Methodi provessen it ers schabile	n und Woge aufg Kamtellen beset larmer sowie eff	ovelgt und an s in der 190ar skenker Verbec	ainom Pickelyo umgasalut grahasa (Namaidung dar munggapasasa in dinam
Ziols In dan F Werder, o Schaddo neuarlige heestadu Darss; Im Rahm Technical Feuerabil Universe dach gift Schaddo	etzung und Ar 46 Vortaben JERO - N Arch wich gewachtes dischietung veringer in Kamoole gewährlich in nachtettig erhögen kar der das Projekte wirde te Onnie der Universitä ten ach des fröjekte wirde ten das fröjekte wirde ten das fröjekte wirde ten das beite beite dischietung augebautet in deretichtung auf deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung auf deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung auf deretichtung augebautet in deretichtung auf deretichtung augebautet auf deretichtung auf dere	Alass dos V. isanigo omiscione worden körnen. Ex- tentione en en en en en tentione en en en en en tentione en en en en en beigsschrift von den Utenneh tuppig und den D dis ven der Etten is angesseter Rem stänsttiltrung und - omindet werbe. C	iorhabons cama Kanisolar so da ao Yutomang solia da boodo da lamanadich y dan AZ asecolo ti e und der au men Spedt Modal OFZ bestehes Gan a Spedt genätise i Spedt genätise das Ginaz vie stal de Ginaz vie stal de Ginaz vie stal	ilon Mohodi processe il ris schedali Virrecteralit inde de gran ngewan en Clerayali assolution i Stacturang iontikelion i ilunguoekido Assilizo schi	n und Wage aufg Kammitten besid Jammer sowie off Bagereise Arbeite <b>diern Mech</b> me Canbil & Co. goverbare geneie forzys zu entwi in Integriefen ka m Gäisen in Die n in ofwan zu er	avigi und an i s in der titldan stenker Verber on makebelaas aus der Verge <b>Delen</b> NG in Konpe wildsige Candi wildsch wicka wich der pelmik wicksten Fr	ation Poblep ungestell grahase riternstitung dar mengepranse in elsen men Skobker in Pried. asse AZ nerschrei bit. asse AZ nerschrei bit. assen at dem teuthof für angestett, eine meunfige offer darch Erstell der men Kompuscense notie mer Kompuscense de wenningsceitige bitigkeit
Ziols In dan F Schudon, d Schudon, d Schudon neuarige harshall Darss, In Rahm Technicol Schudan werden. Ergen Entwis In Schudan werden. Ergen Entwis In Schudan werden. Ergen Entwis In Schudan werden. Ergen Entwis In Schudan werden. Ergen Entwis In Schudan werden. Ergen Entwis In Schudan werden. Ergen Entwis In Schudan Werden Schudan In Schudan Werden Entwis In Schudan In Schudan	orizing und Al de annue a Nevi . Maria et esta paradata de annue a Nevi . Neve tempo paradata de annue a la constante uniquesa en actuales uniquesa esta de annue a la constante uniquesa de ante a la constante uniquesa de la constante de la const	Alass dos V hardgo entrotecos worken bishabar worken holesan worken holesan worken holesan beitsschrift war den Utteret beitsschrift war den Utteret beitsschrift war den Utteret beitsschrift war den Utteret beitsschrift war den Utteret beitsschrift war den Utteret skunsten ablaustanz warb ein babar om holesand ablaustanz warb ein babar om holesand auf des wichstellt beitsbestertet wird ein behaltet wird e	orthabors amer Kannevier er de av treiternen i a ofte eine bezond de instrumknichten e und der au er und der ausernen er und der auserne	iton Mothod generative in res achadala Varnachavalis Minis de gener res Cleraspite associations Statisticana	n und Wago zuig Karrective best laners solve oil siling and fazis i lagendan Actelos <b>diem Mech</b> en teo Ontif i A.C. Digentitus paraiti at bisgeben ta an e Glasen i filo en e in eitem zu er en in eitem zu er mis niklichtlick is Enhalddung do filod wadb ein singemätt. Am t	sonigi und an in s in der Obdam kenker Verbrech on malatbelass auss der Vergel ocien Kr3 im Konpen nichtige Canbil wich der pelmis heich der pelmis wich der pelmis wich der pelmis wich der pelmis koch Schweim Noch Schweim Noch Schweim Noch Schweim Noch Schweim Noch Schweim	inten Politigs ungesteld gestes frähresteg der erstagspraces. In einem um Stadhat ist Piel- der Aller ander State der Aller ander stat. Aller and den belatet Ge- angebetet, dies einstelfig eine Ausgebetet, dies einstelfig eine Ausgebetet, dies einstelfig eine Ausgebetet, dies einstelfig eine Ausgebetet, dies einstelfig ein Aufgebetet, dies einstelfig einstelltet, dies anderen aufgebeteten erheitlicht. dass Deständigtet werden aufgebeteten einstellicht.

"Entwicklung, Untersuchung und Einsatz neuartiger katalytisch wirksamer Baugruppen zur Darstellung eines besonders emissionsarmen Kaminofens" https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-28412\_02.pdf

### **GHG reduction by abatement of soot**





Table 2. Comparison of the reference stove "xeoos" (without catalyst) and the newly developed stove "NEKO" (with catalyst) according to the measured emission values.

parameters	emission	values "xeoos"	emission values "NEKO"			
	mg/m³,	normal conditions 13 % O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	<sup>3</sup> , normal conditions 13 % O <sub>2</sub>		
CO	1,718	(approx. 0.7 g/min)	621	(approx. 0.3 g/min)		
VOC (C1-equivalent)	156		36			
total dust concentration	19	(approx. 0.5 g/h)	9	(approx. 0.2 g/h)		



Source: Oehmichen, K., Majer, S., Hartmann, I., Lenz, V. (2017). Global warming potential of flue gas from log-fired single room heaters-double effect of catalytic emission control. GEFAHRSTOFFE REINHALTUNG DER LUFT, 77(1-2), 19-24.

### E-Stove at WSDC 2018, Washington D.C.



#### **Team Wittus**

Thermoelect GmbH, Wittus – Fire by Design, ETE EmTechEngineering GmbH und DBFZ



Fotoquelle: Kittner/BNL

- 10 20 kW heat output (Room and water)
- 250 W power by TEG

http://forgreenheat.org/2018-stovedesign/stovedesign.html

https://forgreenheat.blogspot.com/2018/12/new-york-and-canadian-companies-win.ht



Quelle: von Friling/Thermoelect GmbH



192.4

#### Emission numbers at WSDC 2018, Washington D.C., E-Stove



		TEG	Stoves Judg
Stove	PM g/kg	CO g/kg	Efficiency
E-Stove	0,87	10,1	82,9

**Condar: Condar Portable Dilution Tunnel** 

	0,19	2,24	g/kWh
	69	803	mg/m <sup>3</sup> , 13 % O <sub>2</sub>
(approx, 4.3 g/h)		(appro	x. 0.8 g/min)

tack Testi	ng Data Sun	nmary	-77
	02 %	CO ppm	Stack T, (F)

788.2

11.19

		Manifold 🕂	Pro
ToPump	←	← =	
		<b>←</b> <sup>DI</sup>	lution Air

Quelle: Holtmann/Thermoelect GmbH

Bildquelle: Norbert Senf, Summary of Studies with the Condar Portable Dilution Tunnel, Masonary Heater Association of North America, January 19, 2018

## **ZEBS: Project Funding: BMBF-DLR** EUREKA

GEFÖRDERT VOM





Project title: Abgasreinigungsanlage für emissionsfreie Biomasseöfen (engl.: "Exhaust gas purification plant for emission-free biomass stoves") EUREKA Chile - Pilot Call, Funding reference: 01DN17040A

Project acronym: ZEBS (Zero Emission Biomass Stove)

innovation across borders

**Relevance of the project to the objectives of the call for proposals** Focus: Sustainable use of natural resources

Project partner Chile AdSolem Ltda. Germany ETE EmTechEngeneering GmbH DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

## **Basic experimental set-up**

Simple cordwood stove: Justus Falun, 5 kW

Catalyst system from company ETE EmTechEngineering GmbH

Heat exchanger developed by DBFZ

Electrostatic precipitator: OekoTube-Inside by OekoSolve

**Emission measurement:** 

FTIR, Gasmet CX 4000, ANSYCO Isokinetic dust measurement ITES Paul Gothe GmbH

**Particle number concentration:** 

SMPS (Tropos) with external two stage dilution (FPS by Dekati)







Reference without cat and precipitator

- System with cat and precipitator, withou heat exchanger



Exporimont	02/	co/	voc/	СН4/	C2H2 /	Sum volatile	NOx /	PM /	SMPS PM /	SMPS PN /
experiment	Vol%	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	Aromatics / mg/m <sup>3</sup>	mg/m³	mg/m³	mg/m³	1/cm³
Average numbers without cat and ESP	12,7	1635	217	60	12	65	128	78	91	1,02E+07
Average numbers with cat and ESP	12,1	573	171	69	4	45	132	42	18	2,08E+06
Abatement in %	4,5	64,9	21,0	-15,1	67,7	31,3	-3,6	46,9	80,0	79,7



٠

•

•





- Emission abatement at wood combustion units by new combustion chamber design, electronic combustion control, catalysts and precipitators is necessary
- For the long-term very low emission values comparable with oil and gas combustion systems (2050: real operation <1 and full load < 0.1 mg/m<sup>3</sup> i.N. at 13%  $O_2$ ) are needed
- First Step: "Blauer Engel" eco label for wood log stoves
- Particle number limit values will become relevant in the future: First estimate for next years:
  < 10<sup>6</sup> 1/cm<sup>3</sup>
- Extensive research work has to be carried out:
  - Research into combustion processes
  - Further furnace development
  - Catalyst and precipitator development (under high temperature conditions)
  - Comparison with toxicological studies necessary

# Deutsches Biomasseforschungszentrum



### **Smart Bioenergy – Innovations for a sustainable future**

#### **Contact:**

Prof. Dr. rer. nat. Ingo Hartmann

+49 341 2434 541

Ingo.Hartmann@dbfz.de

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

Fotos: DBFZ, Jan Gutzeit, DREWAG/Peter Schubert (Titelfolie, rechts), Pixabay / CC0 Public Domain