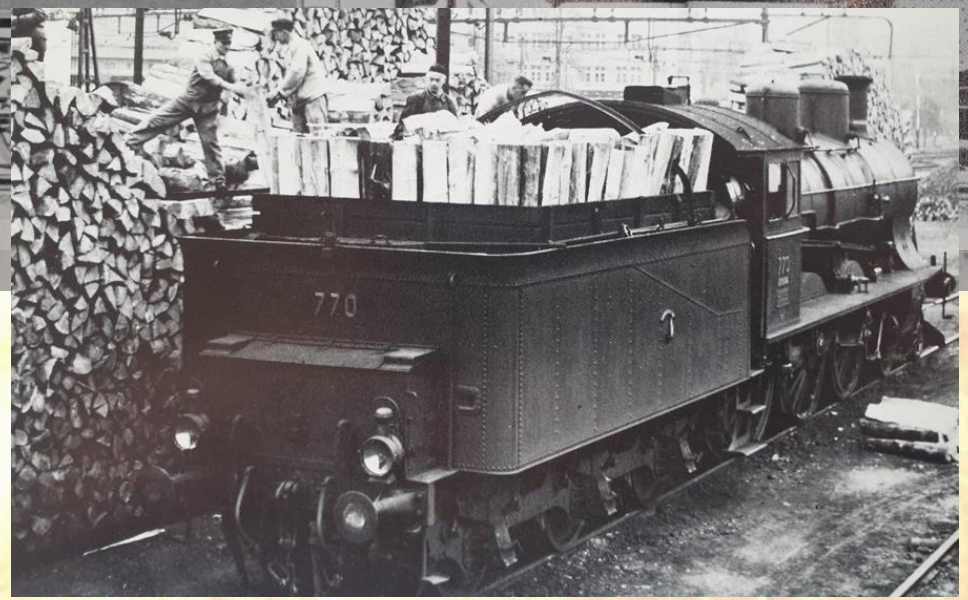
# Substitute fuel wood pellets: Modern wood firing for steam locomotives

# Wood instead of coal?


## Die Holzfeuerung der Lokomotiven.

Von *W. Kesselring*, Betriebsingenieur der Bodensee-Toggenburgbahn.

Nachdem die Feuerung der Lokomotiven mit Holz sowohl bei den Schweizerischen Bundesbahnen, als auch bei den privaten Transportanstalten, unter dem Zwang der Verhältnisse einen grössern Umfang angenommen hat, dürften einige Mitteilungen über die Erfahrungen, die mit diesem ungewohnten Heizmaterial gemacht worden sind, allgemein interessieren.[1])

Noch vor kurzer Zeit hielten die Fachleute eine Feuerung der Lokomotiven mit Holz für Leistungen, wie sie im modernen Traktionsdienst verlangt werden, wenn nicht für ganz ausgeschlossen, so doch für äusserst schwierig, und es kann nun hier gleich vorweg gesagt werden, dass die damit gemachten Erfahrungen im grossen und ganzen ausgezeichnet gute sind. Das Holz wurde bisher als Heizmaterial für Lokomotiven mit dem gleichen Vorurteil betrachtet, wie seinerzeit im Anfang der Kriegszeit der Koks, nachdem das Fahrpersonal gewohnt war, fast ausschliesslich Steinkohlenbriketts und Stückkohlen zu verfeuern. Auch damals erklärten viele Heizer, es sei unmöglich, mit Koks die erforderlichen Leistungen aus den Lokomotiven herauszubringen; doch schon nach kurzer Zeit war dieser beim Maschinenpersonal sehr beliebt und wurde bald den qualitativ immer schlechter werdenden Briketts vorgezogen.

Im grossen Ganzen ist also zu sagen, dass die Holzfeuerung der Lokomotiven als *Notbehelf* wohl wertvolle Dienste leisten kann; dass bei einigermassen zufriedenstellender Kohleneinfuhr die Bahnverwaltungen aber gerne wieder davon Umgang nehmen werden.

20. September 1919.] SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt www.dbu.de

STEAM-technologies.de

# Wood instead of coal?

| Standardanalytik | Einheit | roh |
|---|---|---|
| Wassergehalt | Gew.-% | 4,41 |
| Analysenfeuchtigkeit | Gew.-% | |
| Aschegehalt | Gew.-% | 3,09 |
| Ballast | Gew.-% | 7,50 |
| Flüchtige Bestandteile | Gew.-% | 32,16 |
| Kohlenstoff (C) | Gew.-% | 78,81 |
| Wasserstoff (H) | Gew.-% | 4,44 |
| Schwefel (S) | Gew.-% | 0,35 |
| Sauerstoff | Gew.-% | 8,91 |
| Brennwert QZ,S | MJ/kg | 31,688 |
| | kcal/kg | 7569 |
| Heizwert p konstant | MJ/kg | 30,632 |

Calorific value ratio (mass): 1,75

Calorific value ratio (volume): approx. 2

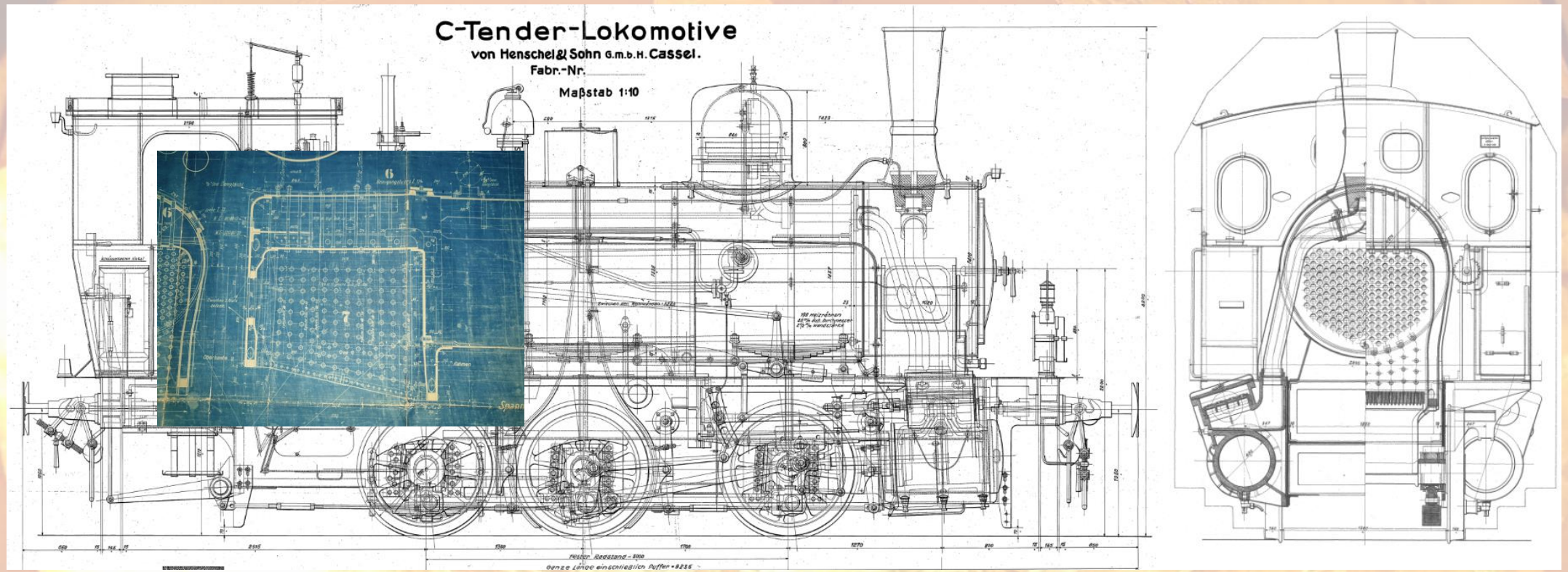
→ Range halved

**Untersuchung nach EN plus Stand August 2015** — **Probe 1 lose Ware**

| Parameter | Einheit | BG | EN Plus-A1 | 02.12.2015 115076002 |
|---|---|---|---|---|
| **Eigenschaften** | | | | |
| Durchmesser, D | mm | | 6±1 oder 8±1 | 6,2 |
| Länge, L | mm | | 3,15 ≤ L ≤ 40 | übereinstimmend |
| Gesamtwasser | Ma.-% anl | 0,1 | ≤ 10 | 7,2 |
| Aschegehalt 550°C | Ma.-% wf | 0,1 | ≤ 0,7 | 0,31 |
| Mechanische Festigkeit, DU | Ma.-% anl | | ≥ 98,0 | 99,1 |
| Feinanteil (<3,15 mm) für unbekannte VE | Ma.-% anl | 0,1 | ≤ 1,0 [1] bzw. ≤ 0,5 [2] | - |
| Feinanteil (<3,15 mm) für kleine VE bis 20 kg | Ma.-% anl | 0,1 | ≤ 1,0 [1] bzw. ≤ 0,5 [2] | - |
| Schüttdichte, BD | kg/m³ anl | | 600 ≤ BD ≤ 750 | 700 |
| Heizwert (qp,net) | MJ/kg anl | 0,2 | ≥ 16,5 | 17,48 |
| Stickstoff, gesamt | Ma.-% wf | 0,05 | ≤ 0,3 | 0,12 |
| Schwefel, gesamt | Ma.-% wf | 0,005 | ≤ 0,04 | < 0,005 |
| Chlor, gesamt | Ma.-% wf | 0,005 | ≤ 0,02 | 0,008 |
| **Spurenelemente** | | | | |
| Arsen | mg/kg wf | 0,8 | ≤ 1 | < 0,8 |
| Blei | mg/kg wf | 2 | ≤ 10 | < 2 |
| Cadmium | mg/kg wf | 0,2 | ≤ 0,5 | 0,3 |
| Chrom, gesamt | mg/kg wf | 1 | ≤ 10 | < 1 |
| Kupfer | mg/kg wf | 1 | ≤ 10 | 2 |
| Nickel | mg/kg wf | 1 | ≤ 10 | < 1 |
| Quecksilber | mg/kg wf | 0,05 | ≤ 0,1 | < 0,05 |
| Zink | mg/kg wf | 1 | ≤ 100 | 14 |

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt www.dbu.de

# Test loco „Niedersachsen“




- **Henschel Bismarck**
- **H= 83 m² (893 sq ft heating surface)**
- **R= 1,6 m² (17,2 sq ft grate area)**
- **$\dot{m}$= 4,7 t/h**
- **$P_i$= 400 HPi**
- **$Q_{furnace}$ > 5 MW**

# Instrumentation

# Comparative measurements

Stationary test coal firing heating surface loads 38 & 55 kg/m²h and comparison run with brake locomotive

**Test run:**
**v= 30 km/h**
**ε= ca. 32 % (real cut off)**
**$p_{SC}$= 7 bar**
**nominal boiler output ($B_H$= 57 kg/m²h)**
**$P_e$= 210 kWe/ 285 HPe**
**$P_i$= 240 kWe/ 325 HPi**
**→ 81 % of ratet performance**

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt www.dbu.de

STEAM-echnologies.de

# Conversion of the furnace

gefördert durch
DBU
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

STEAM-technologies.de

# The first pellet fire

gefördert durch
DBU
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

STEAM-echnologies.de

# Burning behaviour

**End of trip**

**After 1 h break**

**1 minute after refilling**

**3 minutes after refilling**

# Test runs


Effektive Leistung und Geschwindigkeit
km/h
Leistung/ kW
Geschwindigkeit/ km/h
350,0
300,0
250,0
200,0
150,0
100,0
50,0
0,0
45,0
40,0
35,0
30,0
25,0
20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
Effektive Leistung
Geschwindigkeit
Fahrtverlauf -->
P_mom
P_30s
P_5s

# Test runs

Train weight 452 t (without loco). Temporary smoke before the optimisations.

# Optimisations

- **Special grate**
- **Laval blower jets**
- **Brick arch/ secondary air distrubution**

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt www.dbu.de

# Results

***For $P_i$= 240 kWi/ nominal boiler output:***

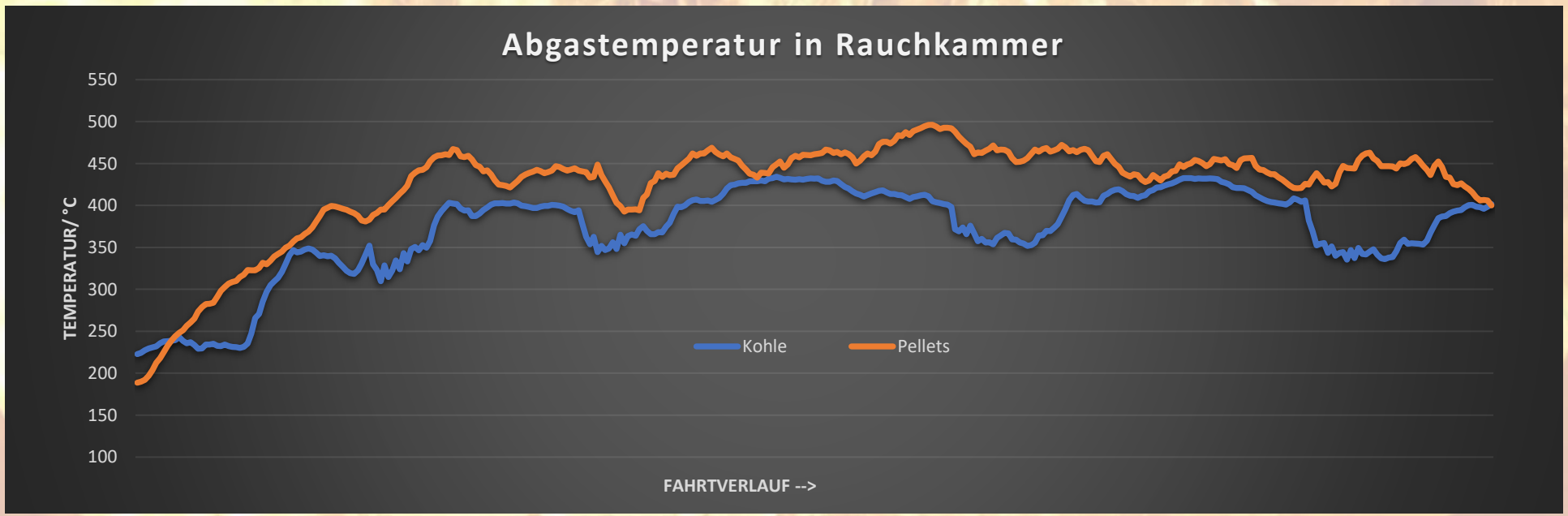
- **Coal: 431 kg/m²h (4,627 kg/sq ft h) | 11.5 kg/min | 3.5 shovels/min**
- **Pellets: 600 kg/m²h (6,456 kg/sq ft h) | 16 kg/min | 5 shovels/min**

→ **Ratio 1,4 at test run (1,5 at stationary test) / CV 1,75)**

→ **Boiler efficiency significantly higher (hardly any loss due to unburnt fuel)!**

- **Exhaust gas temperature higher and more even (better superheating)**

→ **Better overall efficiency at high output (ηi approx. 5 %)**



# Results

- About 1,300 km on 21 days
- No problems with flying sparks even in very dry conditions

Heritage runs with low load:

- approx. 15 kg/km | 2.3 shovels/min
- Efficiency worse than with high load
- On average 1.5 x higher consumption

→ Operating range reduced by 40 %

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt www.dbu.de

STEAM-echnologies.de

# Overview

**Disadvantages:**

- More frequent firing, less time for track observation (with manual firing)
- Range reduced
- Firing requires more attention of the fireman
- Fuel must be stored in a dry place
- Smell of poor combustion is more unpleasant than with coal
- Requires (manageable) conversion work

**Advantages:**

- Future-proof, readily available and environmentally friendly fuel
- Normally very stable in price
- No coal dust, cab and staff remain clean
- Almost smoke-free combustion if operated correctly
- Almost no cinder emission, train has to be cleaned much less often
- Ash content < 0.7 %, very little combustion residue, no clinker formation
- Ash is not hazardous waste, can be used as fertilizer
- Boiler tubes and walls remain clean
- Compared to coal, practically sulphur-free fuel (gentle on materials)
- Power can be adjusted very quickly
- With a well-insulated boiler, there is no need to rest fire (relighting is very quick)
- Improved efficiency at high output
- Firing with solid fuel is retained

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt www.dbu.de

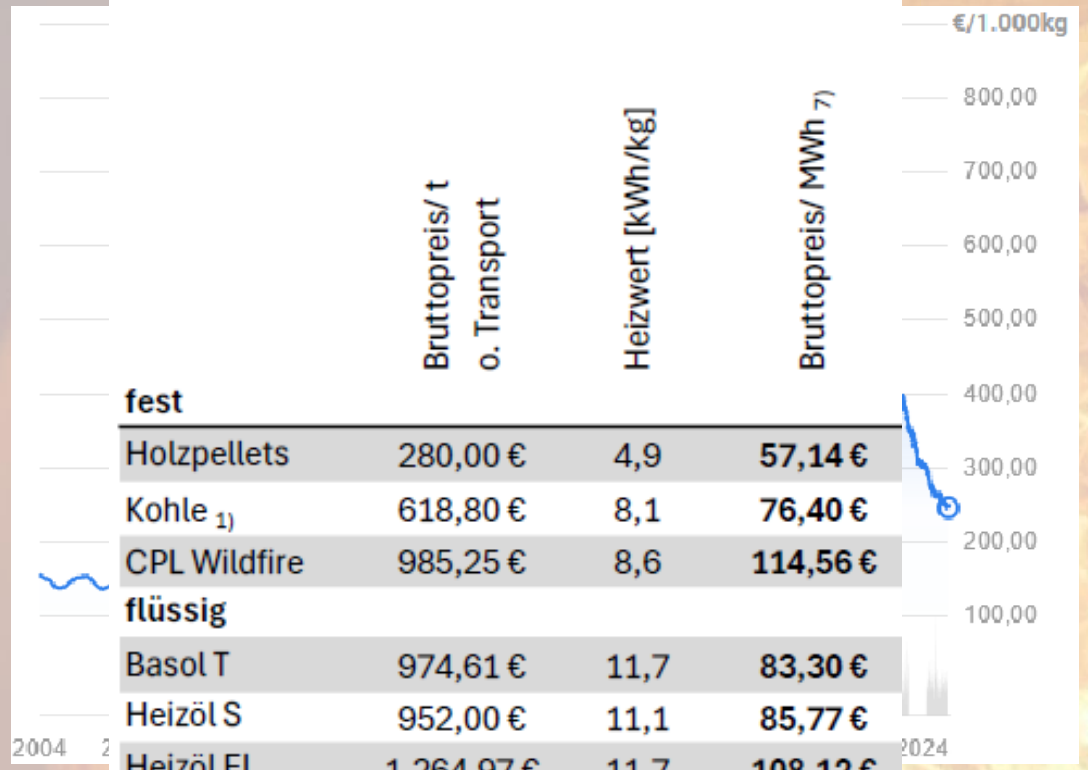
STEAM-echnologies.de

# Perspective

**Brennstoffe Dampflok**

Stand 11.03.24, VDMT, Maik Drechsel

| | Bruttopreis/ t o. Transport | Heizwert [kWh/kg] | Bruttopreis/ MWh 7) |
|---|---|---|---|
| **fest** | | | |
| Holzpellets | 280,00 € | 4,9 | **57,14 €** |
| Kohle 1) | 618,80 € | 8,1 | **76,40 €** |
| CPL Wildfire | 985,25 € | 8,6 | **114,56 €** |
| **flüssig** | | | |
| Basol T | 974,61 € | 11,7 | **83,30 €** |
| Heizöl S | 952,00 € | 11,1 | **85,77 €** |
| Heizöl EL | 1.264,97 € | 11,7 | **108,12 €** |
| Tallöl 2) | > 1.300 € | 10,4 | **> 125,00 €** |






- Most favourable steam locomotive fuel, even in the long term
  - Large steam locomotive with mechanical firing?
- Larger pellets relieve the fire man noticeably (manual firing)



gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt
STEAM-technologies.de

# Summary

- Pellets can generally be used as fuel for all locomotive sizes/ power ratings -> proven in practice
- Especially for medium tank locomotives with medium to high performance requirements (little adaptation effort)
  - For low requirements/ small locomotives: Logs/wood briquettes (secondary air!)
- High performance/ large locomotives: Mechanical stoker
  - Operating environment must fit or be adapted

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt www.dbu.de

# Thank you!

**Eine Dokumentation des Forschungsprojektes findet sich auf YouTube:**


Moderne Dampflok für die Zukunft | Feuerung mit Holz-Pellets

Powered by Steam

YouTube

**Kontakt:**
Steam-Technologies
Maik Drechsel
Erdweg 5, D-32120 Hiddenhausen
Tel.: +49 17632 653032
Mail: info@steam-technologies.de
www.steam-technologies.de

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt

STEAM-technologies.de