

Energie-Region Zürcher Weinland: Schwerpunktthema 2022 - 2023
Startveranstaltung, 17. Mai 2022, Buch am Irchel

«Wärme, Strom und Pflanzenkohle aus Holz»



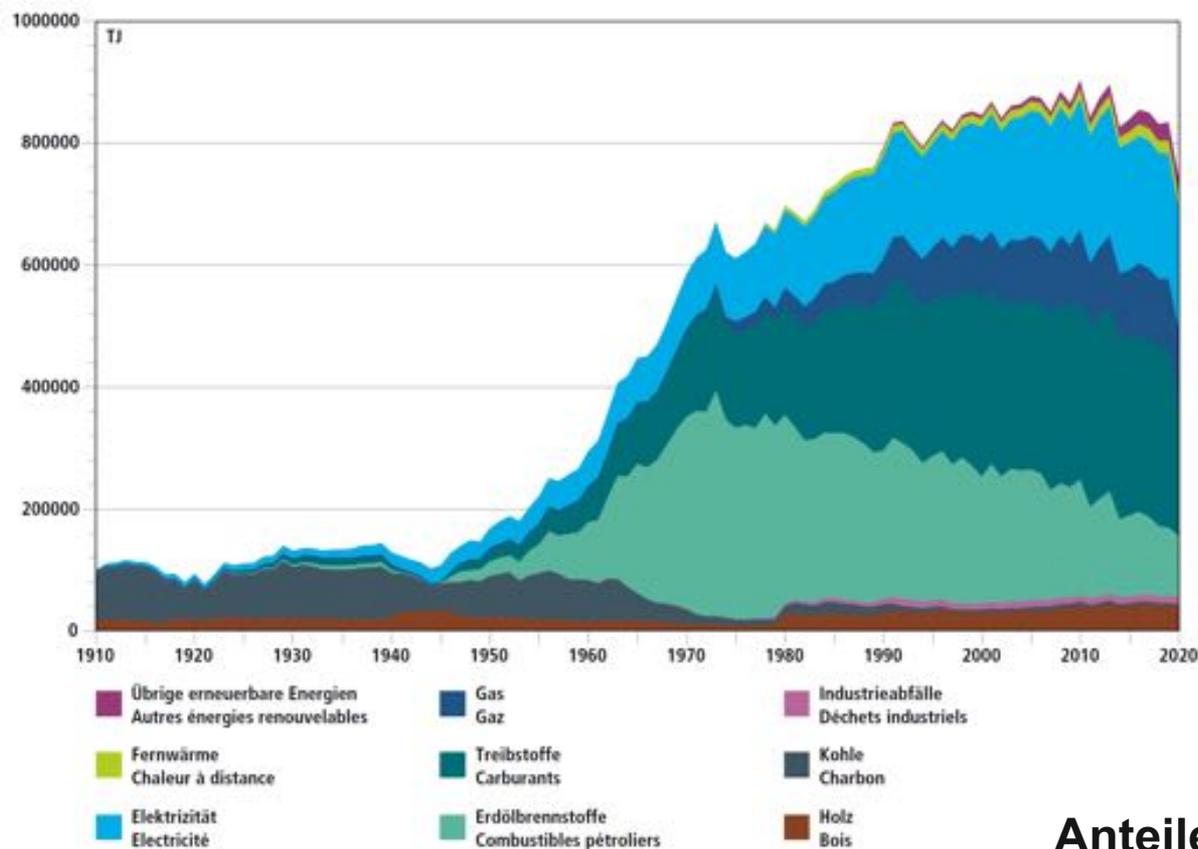
Andreas Keel
Geschäftsführer
Holzenergie Schweiz

Agenda

1. Einleitung/Aktualität
2. Wärme-Kraft-Kopplung WKK
3. Pflanzenkohle
4. Unser Angebot

Energielandschaft Schweiz

Energieverbrauch seit 1910



BFE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2020.

Anteile

5.3 % Gesamtenergieverbrauch

11 % Wärmeenergieverbrauch

Holzenergienutzung 1990 - 2020

Trend zu Automaten, aber...

	Jahr	Anzahl Anlagen	Holzverbrauch [m ³]
Stückholzheizungen	1990	689'184	2'416'030
	2020	497'230	1'139'252
Schnitzelheizungen insgesamt	1990	3'287	424'804
	2020	11'931	1'895'854
Pelletheizungen	1990	0	0
	2020	29'875	630'762
Altholzfeuerungen/ WKK (ohne KVA)	1990	22	175'006
	2020	100	1'475'424
KVA	1990	26	235'505
	2020	30	440'350
TOTAL	1990	692'519	3'251'345
	2020	539'166	5'581'642

Nutzung und Potenzial (m³/Jahr)

Ende der Fahnenstange noch nicht erreicht

Nutzung 2020 5.6 Mio. m³

Zusätzlich möglich:

+ Waldholznutzung 1.0 Mio. m³

+ Landschaftsholz 0.4 Mio. m³

+ Restholz Holzverarbeitung 0.1 Mio. m³

+ Altholz 0.3 Mio. m³

+ Exporte (v.a. Bu) 0.3 Mio. m³

Total zusätzlich 2.1 Mio. m³

Total insgesamt 7 - 8 Mio. m³

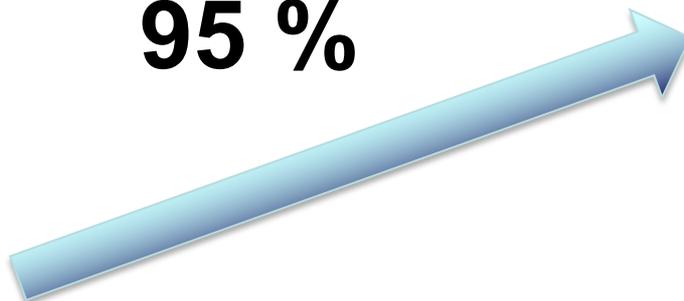
→ **Jährlicher Zuwachs Schweizer Wald: 10.0 Mio. m³**

Wärme und Strom

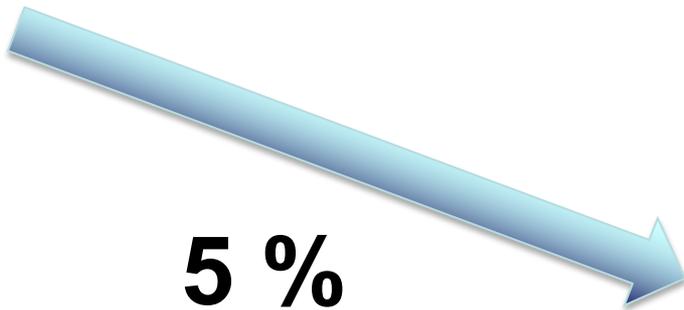
Aktuelle Situation



95 %



5 %



Wärmepumpen

Gut für niedrige Temperaturen (Fussbodenheizung)

Strommix Schweiz (62% erneuerbar, Quelle BFE)

- Grosswasserkraftwerke	56%
- Photovoltaik, Wind, Kleinwasserkraftwerke, Biomasse	6%
- Kernkraftwerke	17%
- Abfälle, fossile Energien	2%
- «nicht überprüfbare» Energieträger (Importe)	19%

Studie Empa 2019

Szenario: Mobilität 25% elektrisch, Heizung 75% Wärmepumpen

→ zusätzlicher Strombedarf 13.7 TWh/Jahr bzw. 5.9 GW Leistung
zum Vergleich: Leistung AKW Gösgen ca 1 GW!

Klimawandel

CO₂ reduzieren *und* speichern!

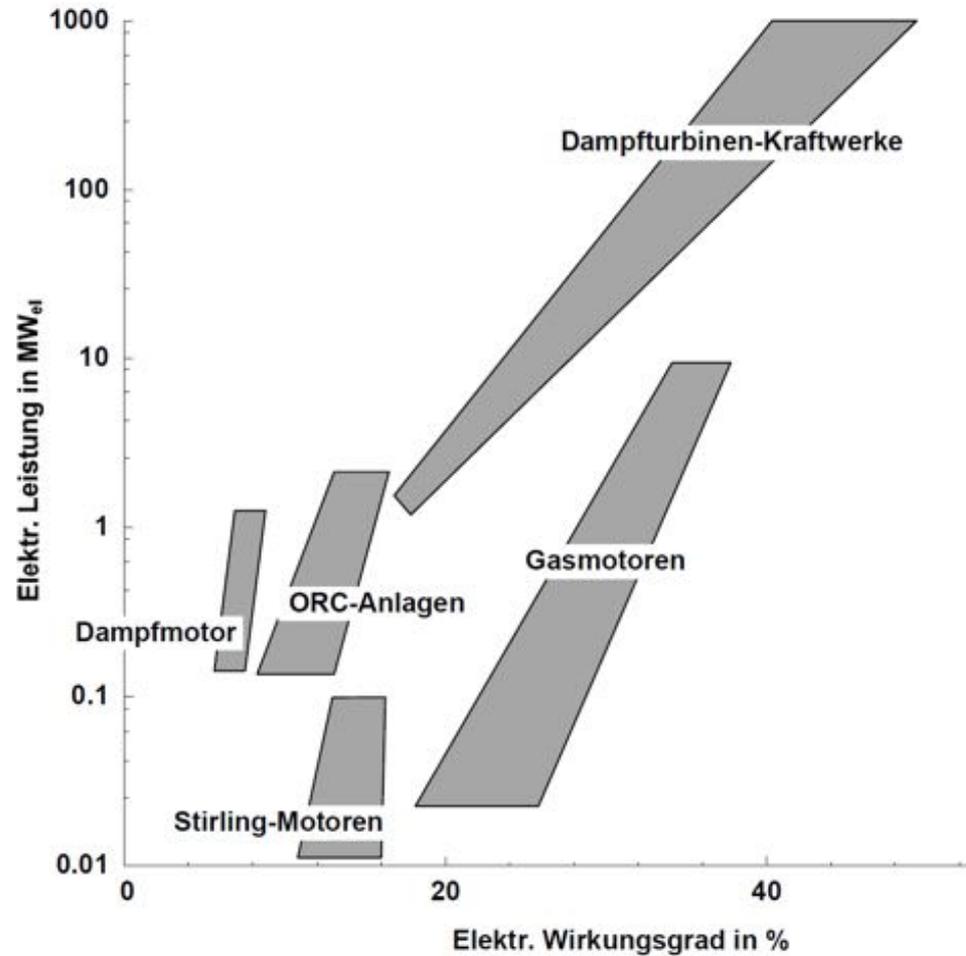


Technologie WKK

Übersicht

System	Technologie	Leistung elektrisch [kW]	Leistung thermisch [kW]	Elektrischer Wirkungsgrad	Stand der Technik	Bemerkungen
Verbrennung	Dampfturbine	> 500	> 5'000	15 - 20%	bewährt	<ul style="list-style-type: none"> • grosse Mengen Wärme ganzjährig • geeignet für grosse, bestehende FL-Netze • geeignet bei Umrüstung KVA auf Holz
	Dampfmotor	> 400	> 4'000	15 - 20%	bewährt	<ul style="list-style-type: none"> • grosse Mengen Wärme ganzjährig • geeignet für grosse, bestehende FL-Netze • geeignet bei Umrüstung KVA auf Holz
	ORC	> 300	> 2'000	12 - 25%	bewährt	<ul style="list-style-type: none"> • grosse Mengen Wärme • geeignet für tieferen Leistungsbereich • häufigstes System
	Stirling-Motor	> 15	> 60	15 - 30%	nicht erprobt	<ul style="list-style-type: none"> • Forschung und Entwicklung • Erste Prototypen
	Gasturbine	> 200	> 3'000	15 - 20%	z.Zt. erprobt	<ul style="list-style-type: none"> • Forschungsstadium • Düdingen Schmid AG, kam nicht zum Fliegen
Vergasung	Festbett-Gegenstrom	> 100	> 200	20 - 30%	noch nicht marktreif	<ul style="list-style-type: none"> • Hauptproblem: Gasqualität (Teer) • wäre gut geeignet für kleine Leistungen
	Festbett-Gleichstrom	> 10	> 35	20 - 30%	marktreif	<ul style="list-style-type: none"> • gute Erfahrungen in allerjüngster Zeit (Glock etc.) • geeignet für ganz kleine Leistungen • wenig Abwärme • wichtig: Brennstoffqualität
	Wirbelschicht	> 1'000	> 20'000	15 - 25%	Schwelle zur Marktreife	<ul style="list-style-type: none"> • grosse Mengen Wärme ganzjährig • Beispiel Güssing (A)
Pyrolyse		> 50	> 100	10 - 30%	marktreif	<ul style="list-style-type: none"> • Hauptproblem: Gasqualität (Teer) • wäre gut geeignet für kleine Leistungen

Leistungsbereiche und Wirkungsgrade



Anlagepark Holz-WKK



**OekoFEN Pellet Stirlingmotor,
MFH Worb
 $0.6 \text{ kW}_{\text{el}}$, 9 kW_{th}**



**Holzkraftwerk (Dampf) Axpo
Tegra, Domat/Ems
 $16'000 \text{ kW}_{\text{el}}$, $82'000 \text{ kW}_{\text{th}}$**

Übersicht WKK (1)

Aktueller Anlagenbestand

Anlage	Typ	Brennstoff	Elektrische Leistung [kW]	Thermische Leistung [kW]
Aarberg BE	Dampfurbine	Altholz	10'000	33'000
Aubrugg ZH	Dampfurbine	Waldholz	11'000	42'000
Basel BS	Dampfurbine	Waldholz, Altholz, Landschaftspflegeholz	19'700	36'000
Basel BS	Dampfurbine	Waldholz, Restholz, Altholz	7'300	17'300
Bern BE	Dampfurbine	Waldholz, Altholz, Restholz	6'000	27'000
Dierikon LU	Dampfurbine	Altholz	500	3'250
Domat-Ems GR	Dampfurbine	Waldholz, Restholz, Altholz	16'000	81'500
Galgenen SZ	Dampfurbine	Altholz, Waldholz	6'500	24'400
Haltikon SZ	Dampfurbine	Restholz, Altholz, Waldholz	5'500	20'000
Otelfingen ZH	Dampfurbine	Altholz	2'600	17'000
Ruyères VD	Dampfurbine	Altholz, Restholz	4'000	12'000
Sisseln AG	Dampfurbine	Waldholz	8'500	36'000
Weiningen ZH	Dampfurbine	Altholz, Waldholz	3'200	7'000
Balterswil TG	ORC-Turbine	Waldholz, Restholz	610	2'960
Buttsholz LU	ORC-Turbine	Restholz	1'300	10'500
Crisser VD	ORC-Turbine	Altholz	510	6'000
Dathwil AG	ORC-Turbine	Flurholz, Waldholz	620	3'600
Gossau SG	ORC-Turbine	Restholz, Rinde	1'000	6'000
Ilanz GR	ORC-Turbine	Altholz, Waldholz	350	2'200
Nesslau SG	ORC-Turbine	Waldholz	630	4'000
Porentruy JU	ORC-Turbine	Waldholz (Schlagsbaum)	1'300	10'000
Schwyz SZ	ORC-Turbine	Altholz	1'500	6'800
Speicher AR	ORC-Turbine	Waldholz	630	6'200
Wittenbach SG	ORC-Turbine	Waldholz	630	5'800

Übersicht WKK (2)

Aktueller Anlagenbestand

Anlage	Typ	Brennstoff	Elektrische Leistung [kW]	Thermische Leistung [kW]
Charmey FR	Vergaser/ORC-Turbine		770+120	4'500
Puidoux VD	Vergaser/ORC-Turbine		770+120	4'500
Düdingen FR	Heissgasturbine	Waldholz	105	465
Barberêche FR	Vergaser	Waldholz	27	70
Buch am Irchel	Vergaser	Waldholz	240	330
Buttsholz LU	Vergaser	Waldholz	340	650
Escholzmatt LU	Vergaser	Restholz	125+125	240+240
Ettiswil LU	Vergaser	Restholz	30	66
Gasel BE	Vergaser	Waldholz	125+125	240+240
Maibün FL	Vergaser	Waldholz	53+53+53	110+110+110
Rheinelden AG	Vergaser	Pellets	165	260
Rhenklingen TG	Vergaser	Waldholz	53	110
Schleitheim SH	Vergaser	Waldholz	18	44
Sissach BL	Vergaser	Waldholz	53	110
Stans NW	Vergaser	Waldholz, Altholz	1'380	5'700
Tagelswangen ZH	Vergaser	Waldholz	53	110
Zeglingen BL	Vergaser	Restholz	125	240
Worb BE	Stirling-Motor	Pellets	0,6	9

(total elektrische Leistung 117 MW, zum Vergleich: AKW Leibstadt 1'275 MW)

Dampfturbine

Axpo Tegra Domat/Ems



ORC

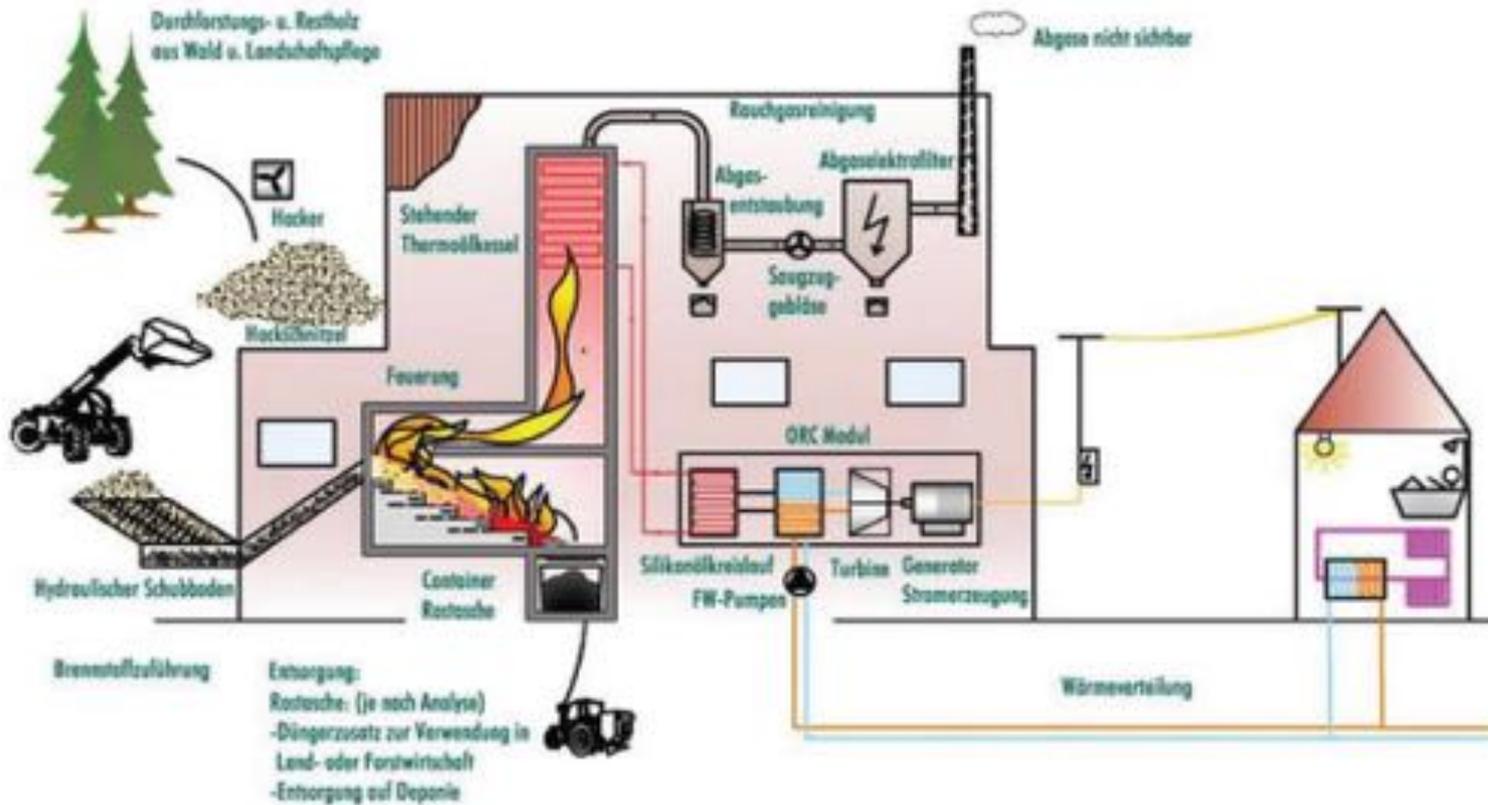
Nesslau SG



ORC

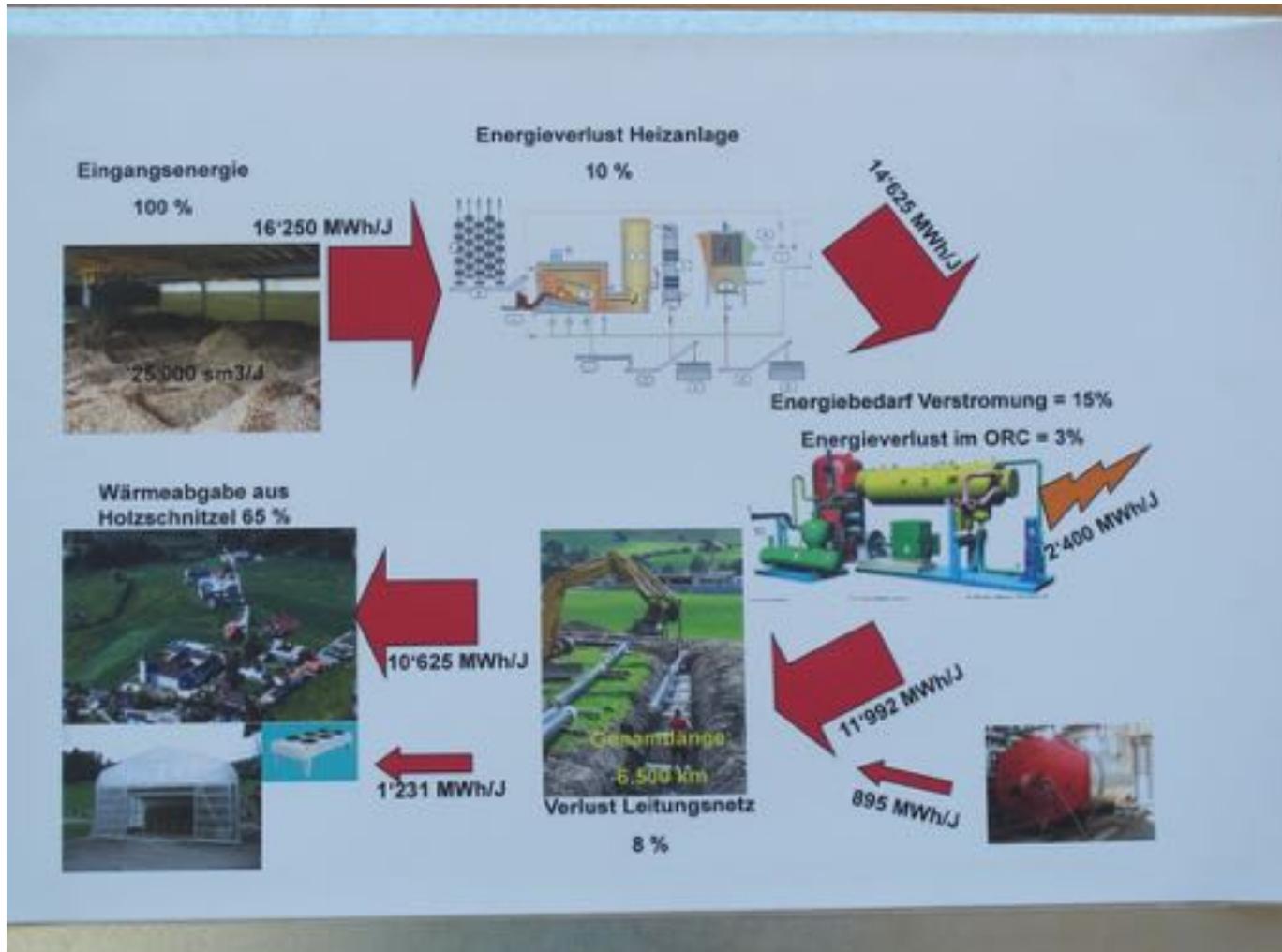
Nessler SG

Prinzipschema Holzhoekschnitzelheizkraftwerk mit Fernwärmenetz



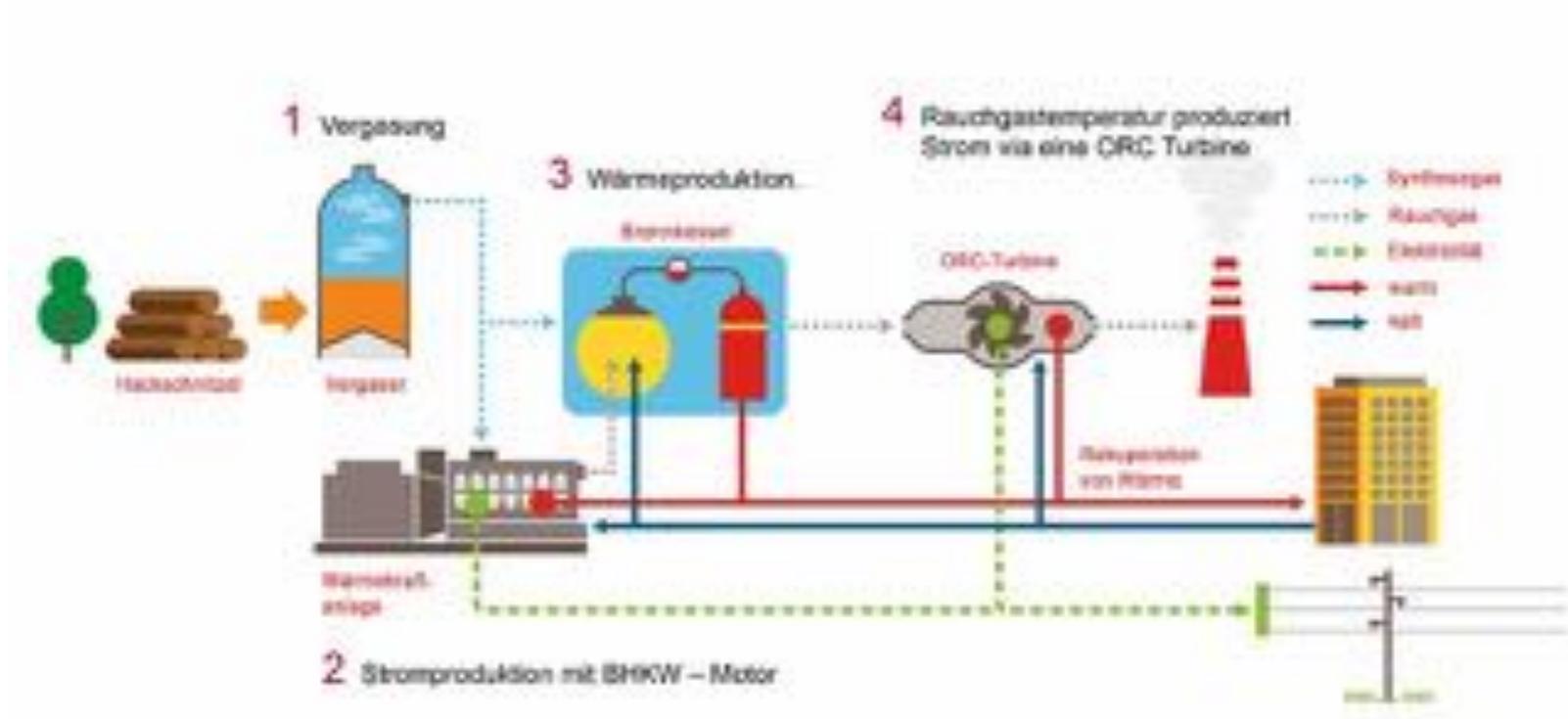
ORC

Nesslerau SG

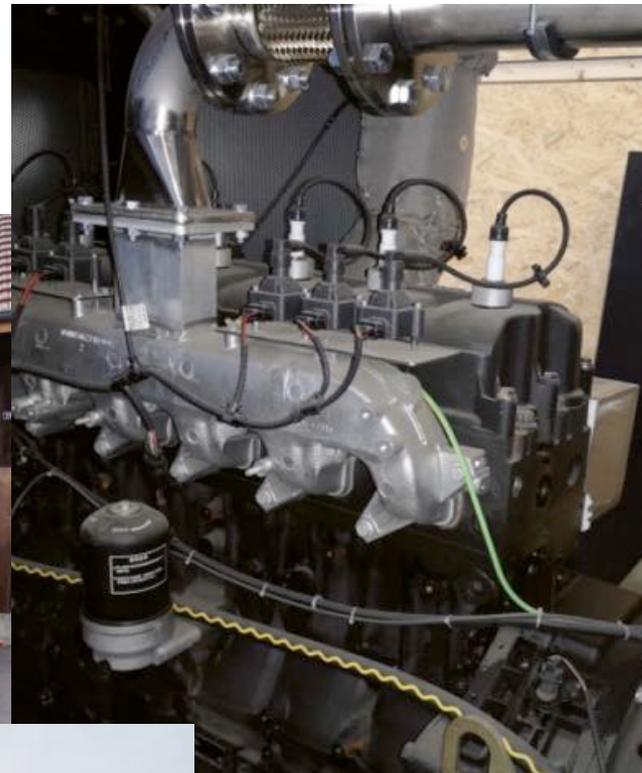


Vergasung/ORC

Puidoux-Gare VD



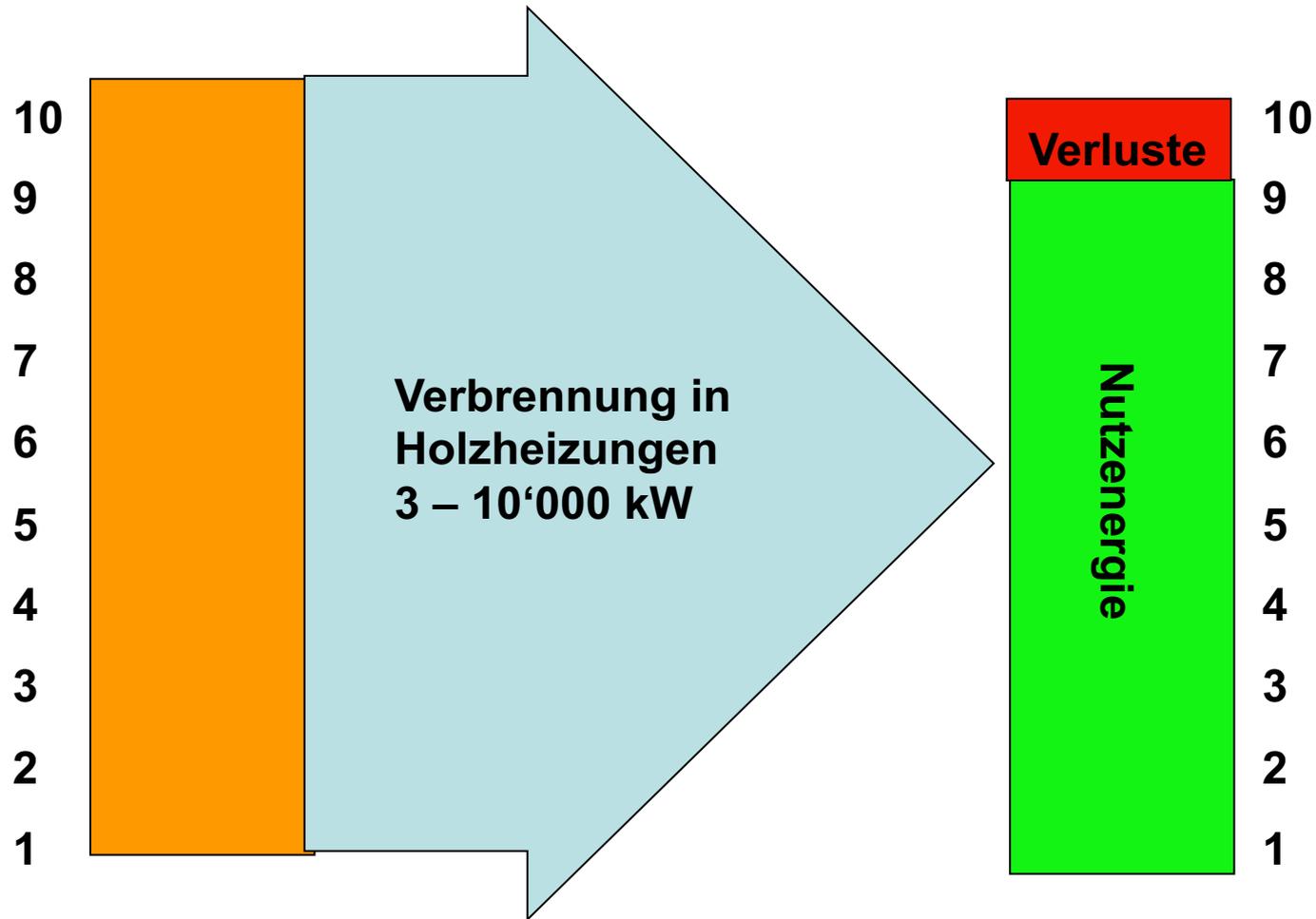
Holzvergaser Rheinklingen TG



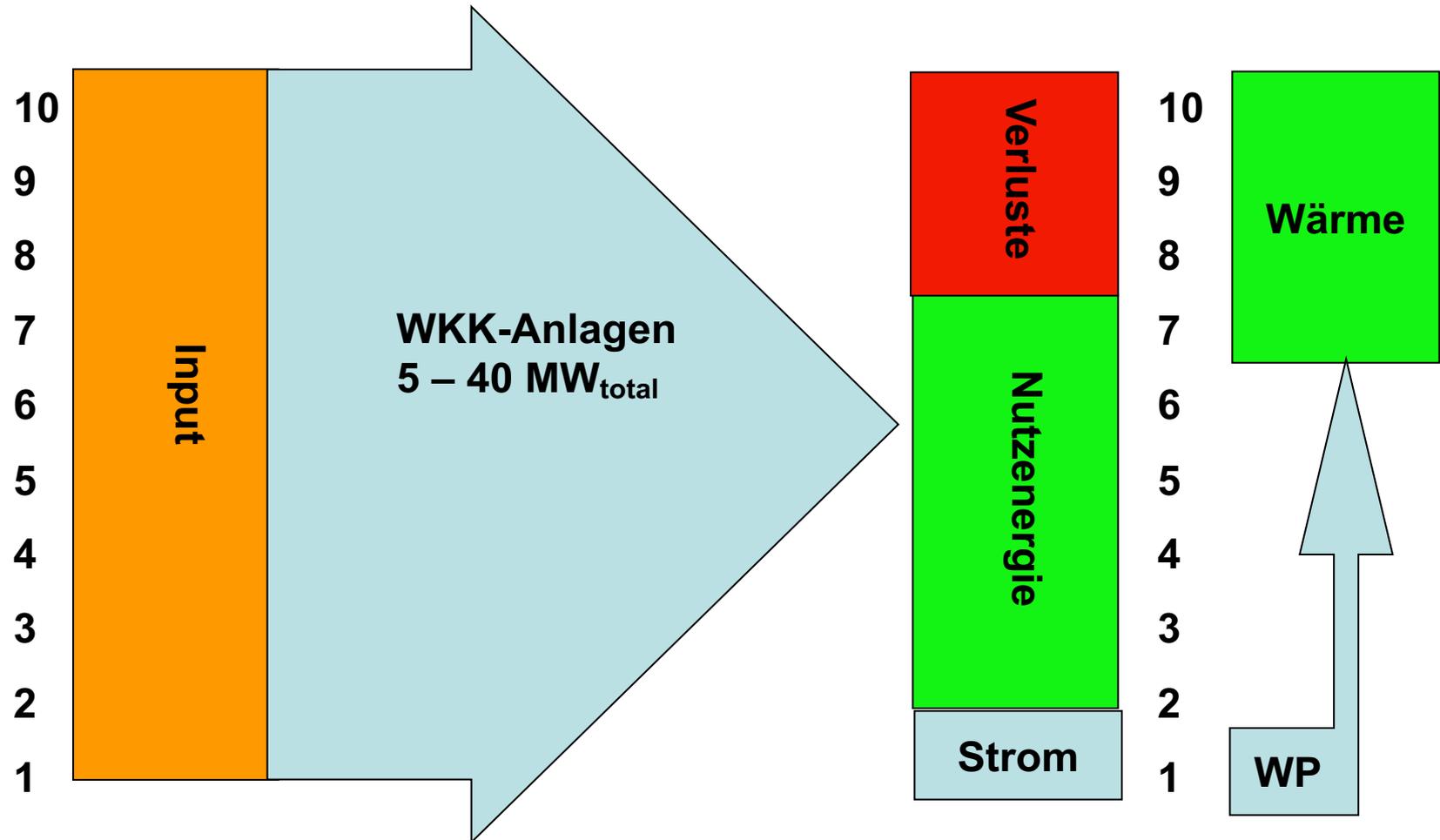
Was geht?



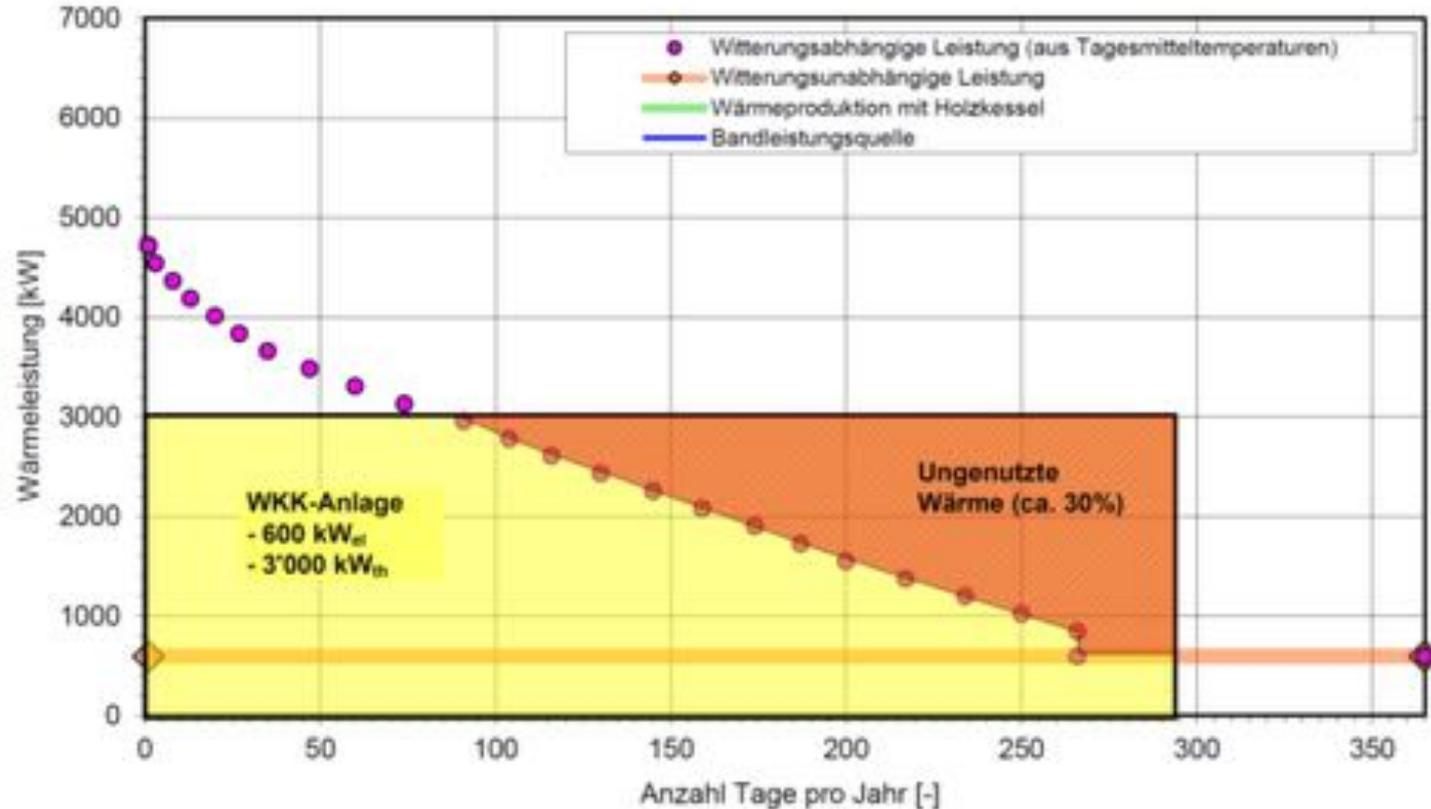
Wärme oder Strom?



Wärme oder Strom?

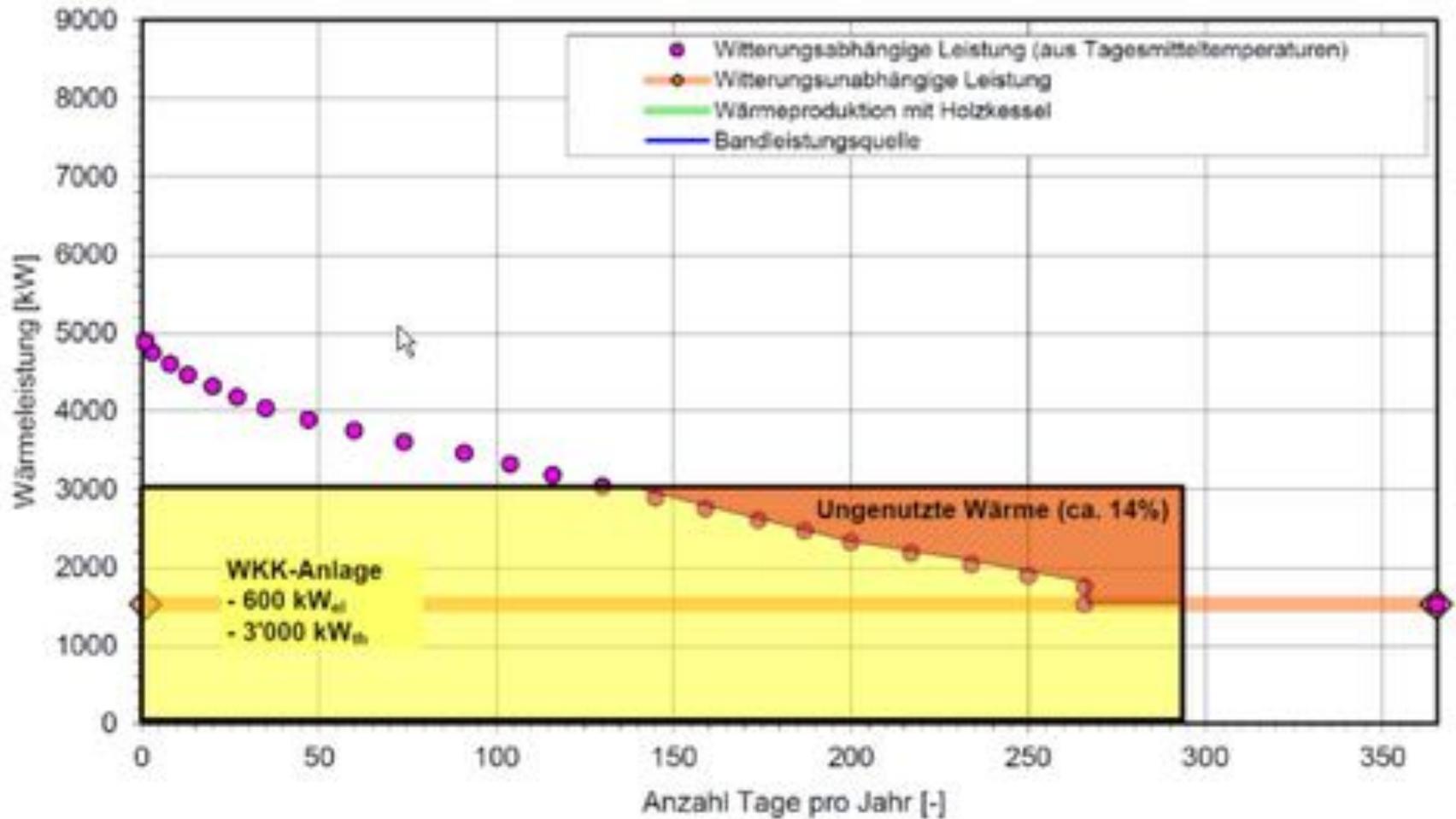


Jahresdauerlinie «normal»

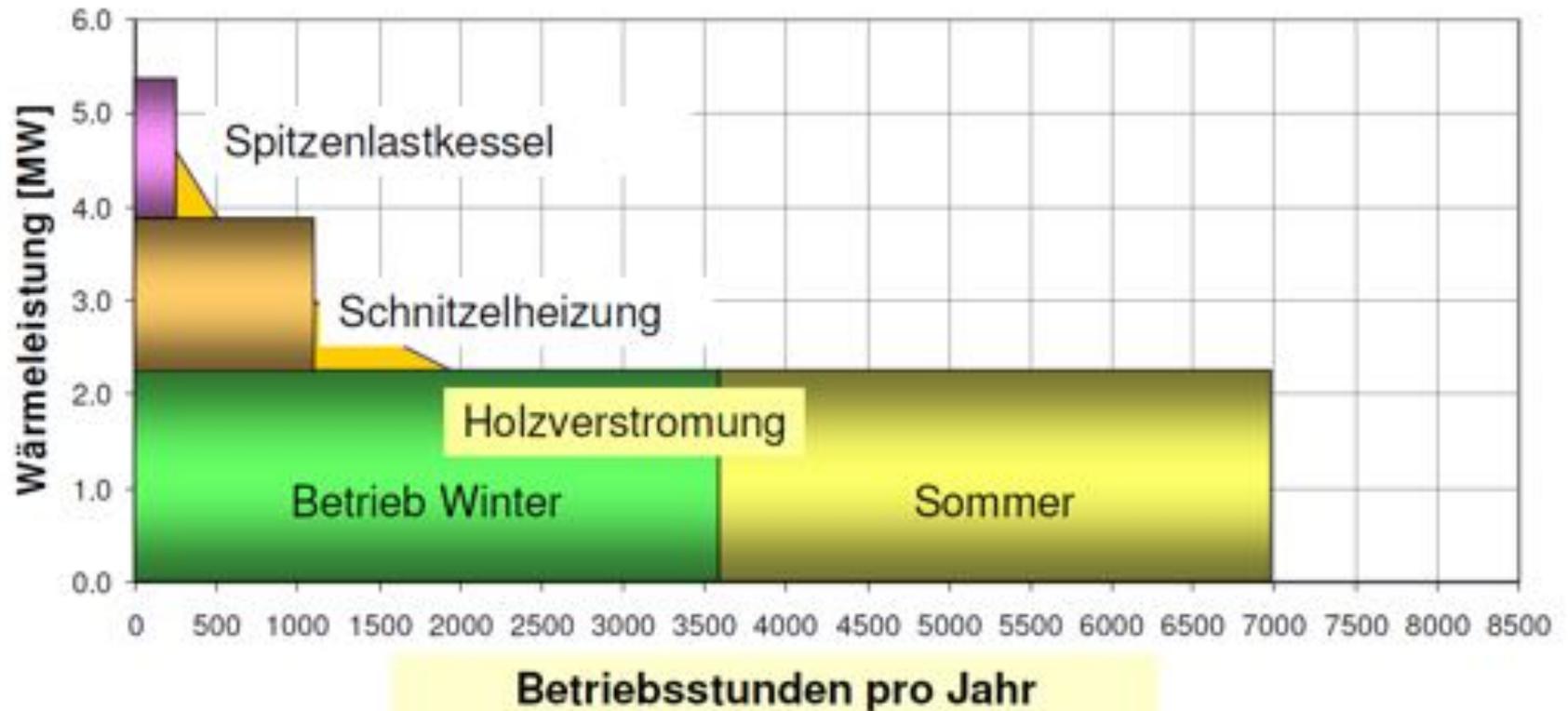


Ziel: max. Stromertrag → > 7'500 h pro Jahr!

Jahresdauerlinie «ideal»

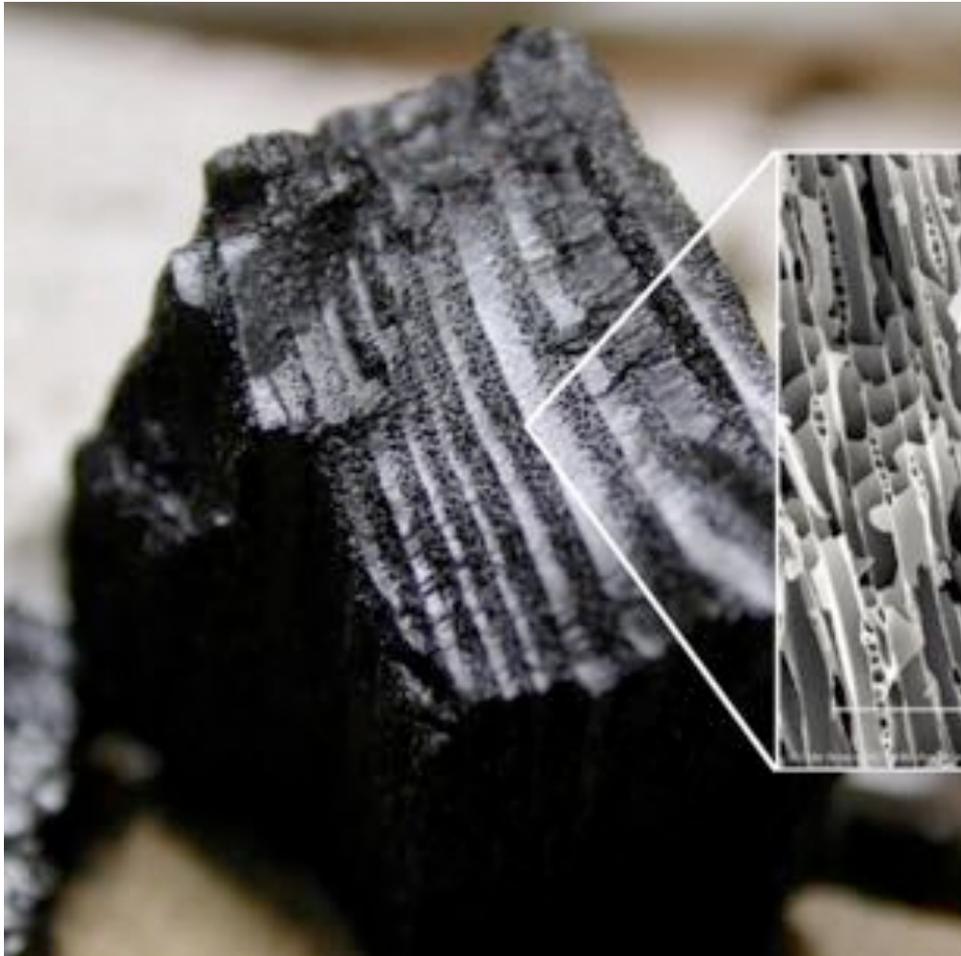


Holzvergaser Nidwalden Stans

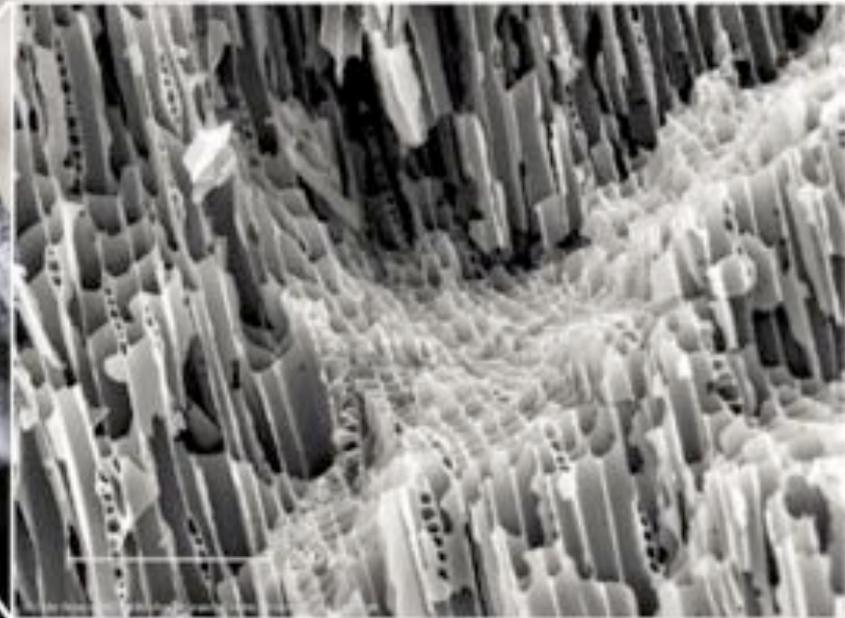


Pflanzenkohle

Beschaffenheit



Oberfläche:
300 m² pro Gramm!



Bildquelle:
Kaskad-E.ch

Bildquelle:
Ithaka-Institute

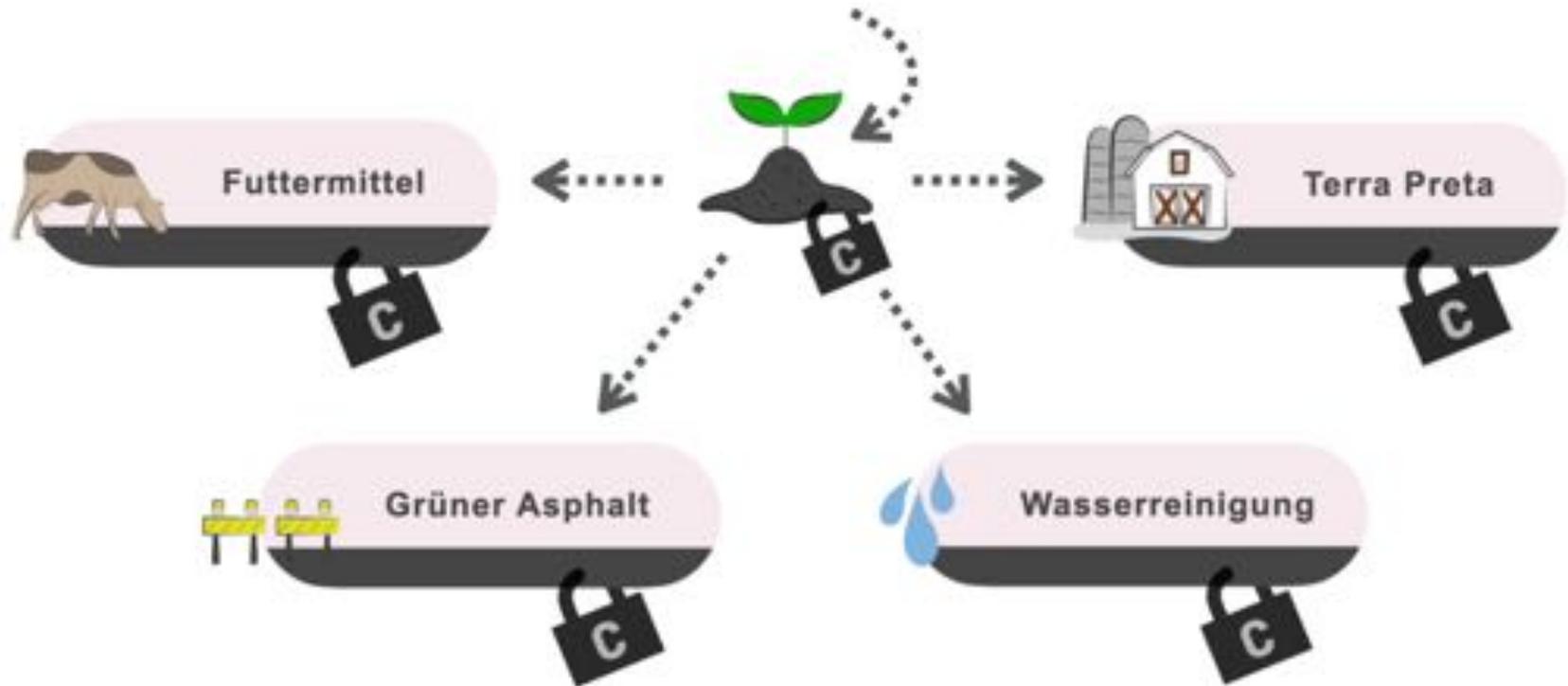
Pflanzenkohle

Anwendungsmöglichkeiten

- Zugabe Tierfutter
→ Qualitätsverbesserung Boden
- Zugabe Tierfutter
→ Verbesserung der Gesundheit der Tiere
- Zugabe Tierfutter
→ Reduktion des Ausstosses an Treibhausgasen
- Zugabe Gülle und Kompost
→ Reduktion Geruchs- und Treibhausgasemissionen
- Einbringung in Boden (über Tierfutter, Kompost etc.)
→ Reduktion Bodenverdichtung, Wasserhaushalt
- Einbringung in Boden (über Tierfutter, Kompost etc.)
→ Speicherung von Wasser, Nährstoffen und CO₂
- Einsatz in Filtertechnologie

Pflanzenkohle

Anwendungsmöglichkeiten



Pflanzenkohle

Anwendungsmöglichkeiten

Anwendungen



Wasser-/Abwasserfiltration



Lebensmittelfarbstoff



Kosmetik,
Körperpflege



Stahlindustrie Koks



Luftfilter

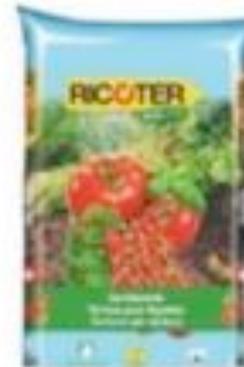
Deodorant
in Kleidern



Haus- und
Menschengesundheit



Grillkohle-Briketts



Gartenerde



Energiespeicher Super-
Kondensatoren



Baumaterialien

Pflanzenkohle

Qualitätssicherung



EBC-Zertifizierungs-kategorie	EBC-Futter	EBC-AgroBio	EBC-Agro	EBC-Urban	EBC-Gebrauchsmaterial	EBC-Rohstoff	
Elementaranalyse	Angabe von Ctot, Corg, H, N, O, S, Asche						
	H/Corg	< 0.7					
Physikalische Parameter	Wassergehalt, Trockensubstanz, Schüttdichte (Ø < 3mm Partikelgröße), WHC, pH, Salzgehalt, elektrische Leitfähigkeit des Feststoffes						
TGA	Muss für das erste Batch einer Pyrolyseanlage vorgelegt werden.						
Nährstoffe	Angabe von N, P, K, Mg, Ca, Fe						
Schwermetalle	Pb	10 g t-1 (88% TS)	45 g t-1 TS	120 g t-1 TS	120 g t-1 TS	120 g t-1 TS	
	Cd	0.8 g t-1 (88% TS)	0.7 g t-1 TS	1.5 g t-1 TS	1.5 g t-1 TS	1.5 g t-1 TS	
	Cu	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	100 g t-1 TS	100 g t-1 TS	100 g t-1 TS	
	Ni	25 g t-1 TS	25 g t-1 TS	50 g t-1 TS	50 g t-1 TS	50 g t-1 TS	
	Hg	0.1 g t-1 (88% TS)	0.4 g t-1 TS	1 g t-1 TS	1 g t-1 TS	1 g t-1 TS	
	Zn	200 g t-1 TS	200 g t-1 TS	400 g t-1 TS	400 g t-1 TS	400 g t-1 TS	
	Cr	70 g t-1 TS	70 g t-1 TS	90 g t-1 TS	90 g t-1 TS	90 g t-1 TS	
	As	2 g t-1 (88% TS)	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS	13 g t-1 TS	
Organische Schadstoffe	16 EPA PAK	Angabe	4+2 g t-1 TS	6.0+2.2 g t-1 TS	Deklaration	Deklaration	not required
	8 EFSA PAK	1.0 g t-1 TS				4 g t-1 TS	
	Benzo(a)pyren, Benzo(a)fluoranthren	< 1.0 g t-1 TS für jede der beiden Substanzen					
	PCB, PCDD/F	Siehe Kapitel 10	Einmalige Analyse für erstes Batch einer Produktionsanlage. Für PCB: 0.2 mg kg-1 TS, für PCDD/F: 20 ng kg-1 β-TEQ OMS).				

Pflichtangabe, keine Grenzwert für Zertifizierung

Checkliste Abklärungen

Mandat Bundesamt für Energie BFE

- Situationserfassung: Wärmeabsatz übers Jahr, Leistungskurve
- Platzverhältnisse
- Technologie
- Wirtschaftlichkeit
 - Investitionskosten
 - Wärmegestehungskosten
 - Stromgestehungskosten
- **Verfügbarkeit und Qualität Brennstoff**
- Finanzierung (Beiträge, CO₂-Zertifikate)
- Empfehlungen



Berechnung Wirtschaftlichkeit

		Holzvergaser			
Feuerungsleistung	[kWth]	110	Stellenprozent	[%]	25
Leistung Strom	[kWel]	33	Kosten/Mitarbeiter	[CHF/a]	100'000
Investitionskosten brutto	[CHF]	550'000	Lohnkosten	[CHF/a]	25'000
Beiträge	[CHF]	270'000	Unterhalt	[%]	1.0
Investitionskosten netto	[CHF]	280'000	Übrige Betriebskosten	[CHF/a]	2'800
Zinssatz	[%]	3.0	Versicherung	[CHF/a]	10'000
Abschreibungsdauer	[Jahre]	15	Baurechtszins	[%]	0.50
Annuität	[%]	8.4		[CHF/a]	1'400
Vollbetriebsstunden	[h/a]	8'000	Betrieb & Wartung	[CHF/a]	39'200
Rohstoff Input	[kWh/a]	880'000	Kapitalkosten	[CHF/a]	23'455
Wirkungsgrad Wärme netto	[%]	90	Total Aufwand	[CHF/a]	142'655
Wärme output netto	[kWh/a]	792'000		[CHF/kWel]	4'323
Wirkungsgrad Strom	[%]	30	Ertrag		
Strom output	[kWh/a]	264'000	Wärmeverkauf	[kWh/a]	792'000
Strom Eigenverbrauch	[%]	10	Wärmepreis	[CHF/kWh]	0.09
Aufwand				[CHF/a]	71'280
Anteil Hackschnitzel	[%]	100	Stromverkauf Rückspeisung	[kWh/a]	237'600
	[kWh/a]	880'000	Strompreis Rückspeisung	[CHF/kWh]	0.07
	[MWh/Sm3]	0.979	Ertrag Rückspeisung	[CHF/a]	16'632
	[m3]	899	Strom Eigenverbrauch	[kWh/a]	26'400
	[m3/t]	3.29	Strompreis Eigenverbrauch	[CHF/kWh]	0.18
	[t]	273	"Ertrag" Eigenverbrauch	[CHF/a]	0
	[CHF/m3]	90	Grundvergütung	[CHF/kWh]	0.1
	[CHF/t]	296	"Ertrag" Grundvergütung	[CHF/a]	23'760
Anteil Altholz	[CHF]	80'000	Strom	[kWh/a]	
	[%]	0	Strompreis	[CHF/kWh]	
	[kWh/a]	-		[CHF/a]	40'392
	[MWh/Sm3]	0.939	Total Ertrag	[CHF/a]	111'672
	[m3]	-	Ergebnis	[CHF/a]	-30'983
	[m3/t]	4.38	Aufwand abzüglich Wärmeertrag	[CHF/a]	47'615
	[t]	-	Stromgestehungskosten	[CHF/kWh]	0.1804
	[CHF/m3]	0			
	[CHF]	0			
Brennstoffkosten	[CHF/a]	80'000			
	[CHF/kWh]	0.0909			

Produktion Pflanzenkohle

Finanzierungsmöglichkeit

Programm Pflanzenkohle

Die Zertifizierung der Senkenleistung bietet Pflanzenkohlproduzenten eine zusätzliche Einnahmequelle.

Entwickler: **First Climate (Switzerland) AG**

Registriert als Programm nach **ISO 14064-2**

- Teilnehmer = **Investor in Pyrolyseanlage**
- Mustervorhaben: **Auen Pflege Dienst AG, Flaach**

Ausstellung von Zertifikaten für sequestrierten Kohlenstoff

- Finanzielle **Förderung für Produzenten** von Pflanzenkohle

Standard:
ISO 14064

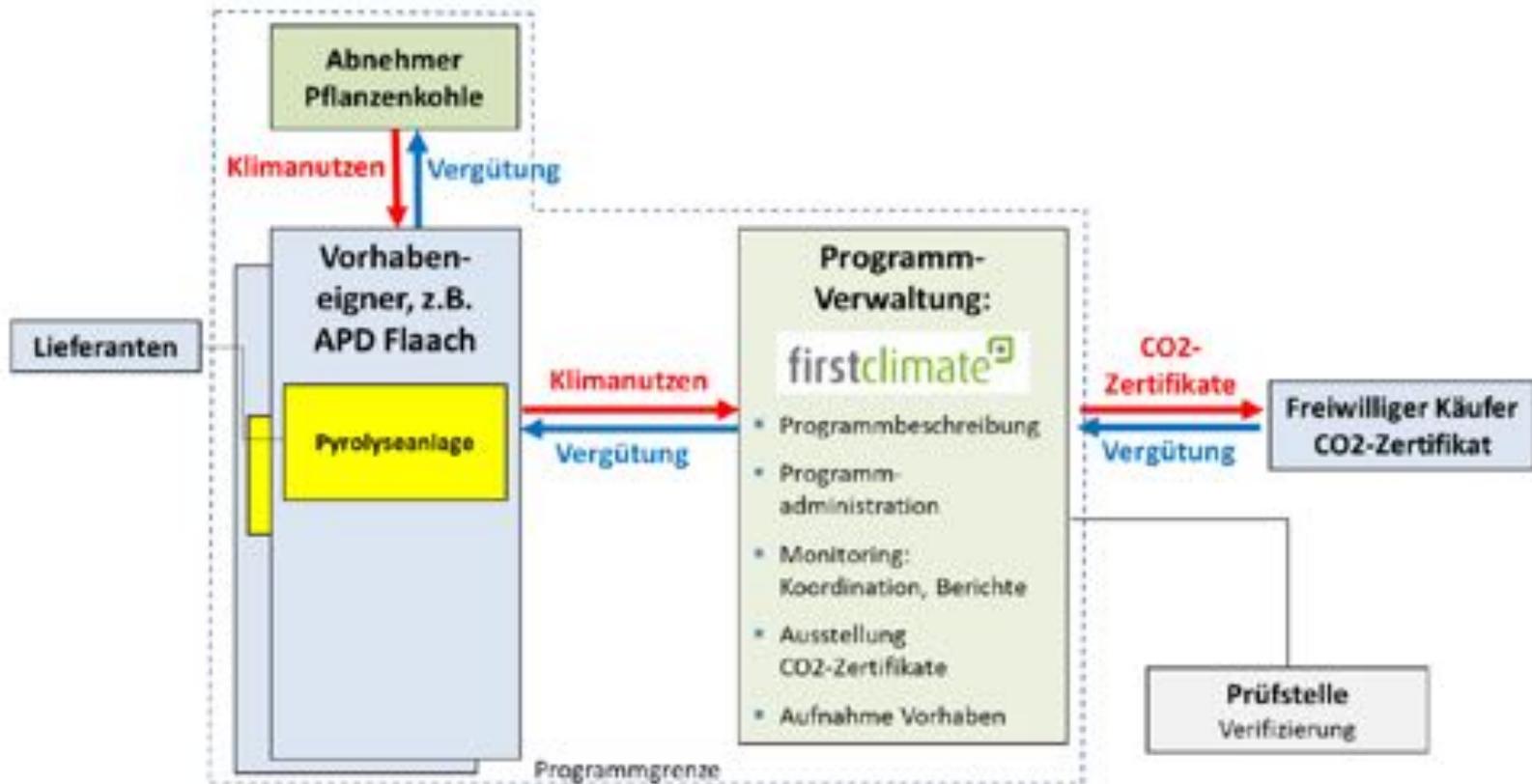


Stärken

- Glaubwürdigkeit (unabhängiger, ISO-akkreditierter Verifizierer)
- Qualität: es wird ausschliesslich EBC-Pflanzenkohle gefördert
- über 20 Jahre Erfahrung

Produktion Pflanzenkohle

Zielgruppe: Investor



Terminplan

Ab sofort!



Besten Dank fürs Zuhören!