



Projektabschlussbericht

Innovative Holzprodukte aus schwer absetzbaren Rohholzsortimenten

Auftraggeber*in	Wyss Academy for Nature at the University of Bern und Kanton Bern, handelnd durch das Amt für Wald und Naturgefahren
Projektleiter	Stefan Lobsiger BFH-AHB
Fachexperten	<ul style="list-style-type: none">– Olin Bartlome (S-WIN)– Jonas Flurin Lichtenhahn (Wirtschafts-, Energie- und Umweltdirektion, Staatsforstbetrieb Bern)– Thomas Rohrer (Lignocalor)– Urs Luginbühl (Holzindustrie Schweiz)
Autor	Stefan Lobsiger
Version	1. Februar 2024
Klassifizierung	nicht klassifiziert
Status	zur Prüfung
Verteiler	

1. Zusammenfassung	3
2. Einleitung	3
2.1 Ausgangslage	3
2.2 Zielsetzung	3
2.3 Änderungen seit Projektbeginn	3
3. Methode	4
4. Ergebnisse	4
4.1 Holzvergasungsanlage	4
4.1.1 Investitionskosten	6
4.1.2 Wirtschaftlichkeit	7
4.2 Pflanzenkohle	7
4.2.1 Investitionskosten für eine Pflanzenkohleanlage	8
4.2.2 Wirtschaftlichkeit	8
4.3 Grillkohle	9
4.3.1 Investitionskosten	10
4.3.2 Wirtschaftlichkeit	11
4.4 Blaues Leimholz (aus Käfer-/Sturmholz), Blaues Fassadenholz/Gefärbte Produkte	11
5. Diskussion	14
5.1 Holzvergasungsanlage	14
5.2 Pflanzenkohle	14
5.3 Grillkohle	14
5.4 Blaues Leimholz (aus Käfer-/Sturmholz), Blaues Fassadenholz/Gefärbte Produkte	14
5.5 Fazit	14
6. Kurzfassung zu jeder Produktidee	16
7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	17
8. Literaturverzeichnis	17

1. Zusammenfassung

Das Projekt untersucht Ideen, wie schwer absetzbare Rohholzsortimente wie Buche, Kiefer und Käferholz vor der energetischen Nutzung stofflich verwertet werden können. Bestehende und neue Ideen wurden analysiert und mit Experten («innovativen Persönlichkeiten») innerhalb der Branche diskutiert, um zu evaluieren, ob und wie ein Mehrwert vor der energetischen Nutzung dieser Sortimente generiert werden kann. Die Diskussionen haben gezeigt, dass Ideen zur Verstofflichung, wie z.B. die Herstellung von mitteldichten Faserplatten (MDF) oder Produkten für die Textil- oder Chemieindustrie, in der Region schwierig zu realisieren sind, da die Entwicklung dieser Ideen einen hohen Forschungs- und Finanzbedarf erfordert. Mit dem Fokus auf umsetzbare Ideen wurden somit vier Hauptideen identifiziert und untersucht: Holzvergasung, Pflanzenkohle, Grillkohle und blaues Brettschichtholz (aus Käfer- und Sturmholz) / blaues Fassadenholz / gefärbte Produkte. Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Umsetzung einer Idee mit den jeweiligen Gegebenheiten und Voraussetzungen zu bewerten ist. So ist die Wirtschaftlichkeit der Projektideen dann gegeben, wenn z.B. Land- und Gebäuderessourcen günstig zur Verfügung stehen oder ausreichend betriebseigenes Holz vorhanden ist.

2. Einleitung

2.1 Ausgangslage

Zur Sicherung der vielfältigen Waldleistung ist der kostendeckende Absatz des Rohholzes erforderlich; insbesondere auch der schwer absetzbaren Sortimente wie Buche, Föhre und Käferholz. Die Wald- und Holzwirtschaft steht vor der Herausforderung, für diese schwer absetzbaren Rohholzsortimente alternative Verwertungsmöglichkeiten zur Energieholznutzung zu finden. Die Erschliessung zusätzlicher Absatzkanäle für schwer absetzbare Rohholzsortimente stärkt die Wertschöpfungskette und generiert Zusatzerträge für die regionale Waldwirtschaft und die verarbeitende Holzbranche.

Um dieses Problem anzugehen, wurde im Rahmen der vom Amt für Wald und Naturgefahren (AWN) durchgeführten Stakeholder-Workshops im August 2020 sowie einer Branchenumfrage im Jahr 2021 bereits eine Liste mit Projektideen gesammelt. Diese Ideen dienten als Grundlage für dieses Projekt.

2.2 Zielsetzung

Ziel dieses Projektes ist es, die bereits vorhandenen sowie neue Projektideen auf ihre realistische Umsetzbarkeit hin zu überprüfen und entsprechend zu priorisieren. Die Forschungsfrage lautet:

Können die priorisierten Projektideen zur Nutzung schwer absetzbarer Rohholzsortimente in den Regionen Emmental und Berner Oberland-Ost wirtschaftlich so umgesetzt werden, dass ein Mehrerlös gegenüber dem Verkauf als Energieholz erzielt wird?

Schliesslich sollen diese Ideen der Branche zur Weiterverfolgung vorgeschlagen werden. Die Weiterbearbeitung ist nicht mehr Teil dieses Projektes.

2.3 Änderungen seit Projektbeginn

Seit Projektbeginn im Jahr 2020 hat sich die Ausgangslage verändert. Damals schwer absetzbare Rohholzprodukte finden sich heute in einem Markt wieder, in welchem die Nachfrage nach Energieholz stark gestiegen ist und voraussichtlich weiter steigen wird. Die geplante Errichtung eines neuen «Energie-Hubs» (Gemeinderat Stadt Bern, 2023) im Nordosten der Stadt Bern wird daher eine bedeutende Entwicklung im Energiesektor darstellen und direkte Auswirkungen auf das laufende Projekt haben.

Zudem zeigt die Studie «Verwertungspfade Holzenergie» (Nussbaumer, 2023), dass die Nutzung von Energieholz in der Schweiz eine entscheidende Rolle für die Erreichung der Klimaschutzziele spielt. «Der Bedarf an Energieholz zur Substitution fossiler Energie in den für Energieholz geeigneten Anwendungen übersteigt das heute identifizierte Potenzial um mehr als den Faktor 5» (Nussbaumer, 2023). Die höchste Priorität bei der Verwertung von Energieholz liegt gemäss der Studie in der Erzeugung von Prozesswärme sowie der Bereitstellung von Spitzenlast-Gebäudewärme, wobei ein Deckungsgrad von rund 25 % angestrebt wird. Diese Anwendungen bieten die effizientesten Substitutionsmöglichkeiten für fossile Energieträger. Energieholz sollte primär für die Erzeugung von Prozesswärme bei hohen Temperaturen genutzt werden, da eine direkte Verbrennung einen höheren Substitutionseffekt als die vorgängige Umwandlung zu Holzgas bietet. Nussbaumer empfiehlt, Energieholz nur für die Deckung der Spitzenlastwärme im Winter zu nutzen, wenn erneuerbare Stromquellen knapp sind.

Diese steigende Nachfrage nach Energieholz stellen das Projekt vor die Herausforderung, Ideen für die Region Emmental und Berner Oberland-Ost zu entwickeln, die eine höhere Wertschöpfung als die reine energetische Nutzung dieses Sortiments ermöglichen.

3. Methode

In einem ersten Schritt wurde die bestehende Liste an Projektideen intern an der Berner Fachhochschule mit Experten systematisiert, gruppiert und grob analysiert. Dabei wurden zunächst Beurteilungskriterien berücksichtigt wie Regionalität, Finanzbedarf, Forschungsbedarf, Wirtschaftlichkeit, Art des benötigten Rohstoffs, Benefit durch Digitalisierung und Mehrpreis gegenüber dem Energieholz. Nach einer vertieften Recherche durch die Berner Fachhochschule wurden die Ideen mit vier Experten aus der Branche diskutiert und priorisiert. Die vier am höchsten priorisierten Ideen wurden anschliessend mit Fachleuten auf dem Gebiet der jeweiligen Idee vertieft untersucht. Hierbei lag der Fokus insbesondere auf den Beurteilungskriterien Investitionsbedarf, Wirtschaftlichkeit und Mehrpreis.

4. Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus Analysen und Experteninterviews beschrieben. Jede der vier priorisierten Projektideen wird zunächst beschrieben. Danach folgt eine Analyse der zu erwartenden Investitionskosten und eine Abschätzung der potenziellen Wirtschaftlichkeit.

4.1 Holzvergasungsanlage

Die Holzvergasung bezieht sich auf die Nutzung von Holz als Rohstoff zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme. Als Rohware dienen Hackschnitzel, unter anderem aus Waldhackgut, Waldrestholz, aufbereitetes Strassenbegleitgrün oder geschredderte Obstkisten, die keine mineralischen Anteile enthalten.

Aktuell gibt es rund 800 kleine und grosse Holzvergasungsanlagen in Europa (Bryner, 2019), wobei in der Schweiz 23 Anlagen in Betrieb sind (Holzenergie Schweiz, 2017). Eine Anlage besteht aus einem Hacker, der das Holz zerkleinert, einem Wochenbunker zur Holzlagerung (Abbildung 1) und einem Gasreaktor (Abbildung 2), der den Verbrennungsmotor antreibt.



Abbildung 1: Schnitzelbunker (Quelle: Syncraft)



Abbildung 2: Pyrolyseanlage (Quelle: Syncraft)

4.1.1 Investitionskosten

Die nachfolgenden Tabellen (Tabelle 1 und 2) dienen als Grundlage für die Berechnung der Investitionskosten für eine Holzvergasungsanlage mit einer elektrischen Leistung von 55 kW und einer thermischen Leistung von 120 kW. Die Daten und Annahmen sind direkt aus der Machbarkeitsstudie Holz-Wärmeverbund Merishausen, datiert auf den 5. Januar 2023, abgeleitet. Für die Berechnungen wurden die energetischen Anschlusswerte aus derselben Machbarkeitsstudie angenommen, die nach einer Besprechung am 2. November 2023 mit Holzenergie Schweiz verifiziert wurde.

Tabelle 1: Grundlagen und Parameter für die Berechnung der Kosten und Erlöse

Holzvergaser (50% Wärme, 40% Strom, 10% Pflanzkohle)	
Thermische Leistung:	120 kW
Elektrische Leistung:	55 kW
Laufzeit Holzvergaser:	7'000 h/Jahr
Elektrizitätsproduktion: 7'000 h x 55 kW)	385'000 kWh/Jahr
Verbrauch Holzschnitzel Vergaser (7'000 h x 50 kg/h):	350'000 kg/Jahr
Gewicht Holzschnitzel (100% Bu, 12%)	270 kg/Srm
Schnitzelverbrauch (350'000 kg/270 kg/Srm):	1'296 Srm/Jahr
Wärmeproduktion brutto (120 kW x 7'000 h):	840'000 kWh _{th} /Jahr
Davon Aufwand für Schnitzeltrocknung (gem. Machbarkeitsstudie):	231'000 kWh _{th} /Jahr
Davon Aufwand für Biokohle, ca. 8 % (gem. Machbarkeitsstudie)	145'000 kWh _{th} /Jahr
Wärmeproduktion netto (840'000 - 231'000 - 145'000)	464'000 kWh _{th} /Jahr
Prozessverlust Schnitzel ca. 20% (Anteil Erfahrungswert):	259 Srm/Jahr
Jahresbedarf Schnitzel (1'296 Srm/Jahr + 259 Srm/Jahr):	1'556 Srm/Jahr
Schnitzelpreis Qualitätsschnitzel, Wassergehalt von unter 20%	65 CHF/Srm franko Silo
Kosten Schnitzel (1'556 Srm x 65 CHF):	101'111 CHF/Jahr
Betriebskosten Holzvergaser/Pflanzkohle (220 h/Jahr x CHF 75)	16'500 CHF/Jahr
Übrige Betriebskosten (3.9 Rp./kWh Nutzenergie)	30'000 CHF/Jahr
Wärmepreis (Annahme):	20 Rp./kWh
Strompreis Verkauf/Rück einspeisung (ZEV)	35 Rp./kWh
Produktion Pflanzkohle:	120 m ³ /Jahr
Preis Pflanzkohle:	400 CHF/m ³
Investitionsbeitrag Energieförderungsverordnung (EnFV):	
%-Anteil der anrechenbaren Investitionskosten für Stromerzeugung	40 %

Tabelle 2: Investitionskosten für eine Holzvergasungsanlage

<u>Vorbereitungsarbeiten</u>			
Baugespann			CHF 1'500
Diverses (Projektierung, Pläne, Bewilligungsverfahren)			CHF 15'000
Total Vorbereitungsarbeiten			CHF 16'500
<u>Grundstück & Gebäude</u>			
Grundstück	250 CHF/m ²	700 m ²	CHF 175'000
Erschliessung			CHF 40'000
Umgebungsarbeiten, Anschlussarbeiten			CHF 45'000
Gebäude, Silo			CHF 525'000
Total Grundstück & Gebäude			CHF 785'000
<u>Anschaffungskosten Anlage</u>			
Holzkessel, Vergaser, Elektroinstallationen, Sanitäranlagen etc.			CHF 1'000'000
Wärmeverteilung "minimal" (Areal)			CHF 100'000
Total Anschaffungskosten Anlage			CHF 1'100'000
<u>Honorare und Unvorhergesehenes</u>			
Honorare (ca. 10% der Investitionssumme)			CHF 200'000
Unvorhergesehenes			CHF 180'000
Total Honorare und Unvorhergesehenes			CHF 380'000
Total Bruttoinvestition (exkl. Förderbeitrag)			CHF 2'281'500
Abzüglich Investitionsbeitrag (EnFV)	40%	CHF 1'100'000	CHF 440'000
Total Nettoinvestition			CHF 1'841'500

4.1.2 Wirtschaftlichkeit

Tabelle 3: Aufwand und Ertrag einer Holzvergasungsanlage

Jährlicher Betriebsaufwand			
Kosten Schnitzel			CHF 101'111
Personalkosten, Wartung und Unterhalt (Ascheaustragung, Reinigung)			CHF 50'000
Abschreibung Anlagekosten (5% von CHF 1'1 Mio.)	20 Jahre	CHF 1'100'000	CHF 55'000
Verzinsung Anlagekosten (gemittelt pro Jahr auf CHF 1'1 Mio.)	2.1 %		CHF 23'100
Total jährlicher Betriebsaufwand			CHF 229'211
Jährlicher Ertrag			
Strom (in Zusammenschluss für Eigenverbrauch)	385'000 kWh	0.35 CHF/kWh	CHF 134'750
Wärmeabsatz	464'000 kWh	0.20 CHF/kWh	CHF 92'800
Futter-/Planzenkohle	120 m ³	400 CHF/t	CHF 48'000
Total jährlicher Ertrag			CHF 275'550
Planerlös			CHF 275'550
Betriebsaufwand			CHF 229'211
Jahreserfolg			CHF 46'339

4.2 Pflanzenkohle

Pflanzenkohle (Abbildung 3), die durch Pyrolyse von Biomasse gewonnen wird, findet in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer, in der Kompostierung, in der Substratherstellung und in der Tierhaltung als Futtermittelzusatz breite Anwendung. Industriell wird sie als Zusatzstoff in Farben und Gummi verwendet. Ausgangsmaterialien sind unter anderem Baum- und Strauchschnitt, Grünschnitt, Landschaftspflegematerial und Restholz. Die bei der Produktion anfallende Abwärme wird häufig als Heizquelle genutzt. In Europa, so auch in der Schweiz, ist der Einsatz von zertifizierter Pflanzenkohle in der Landwirtschaft erlaubt. Sie dient als Nährstoffträger und wird auch ausserhalb der Landwirtschaft vielfältig eingesetzt. Als Kohlenstoffsenke trägt sie zur Stabilisierung der organischen Substanz bei.

Das European Biochar Certificate (EBC) ist ein Qualitätsstandard, der die umweltfreundliche und sichere Herstellung von Pflanzenkohle in Europa gewährleistet. Es legt Kriterien für Rohstoffe, Produktionsprozesse und Schadstoffgrenzwerte fest und fördert die CO₂-Sequestrierung. Laut dem European Biochar Market Report 2021/2022 (Nitsch, 2023) gab es Ende 2021 mehr als 100 EBC-zertifizierte Anlagen in Europa, wobei Deutschland mit 35 % der Produktionskapazität führend ist.

Die zunehmende Bedeutung der EBC-Zertifizierung mit fast 70% der Anlagen, die bis Ende 2022 zertifiziert oder im Zertifizierungsprozess erwartet werden, zeigt die steigende Nachfrage nach nachhaltig produzierter Pflanzenkohle in der europäischen Landwirtschaft und im Klimaschutz. Trotz des Engagements zahlreicher Akteure und Verbände wie Charnet für den Einsatz von Pflanzenkohle, herrscht in der Schweiz bei Behörden wie BAFU und BLW aufgrund möglicher Risiken für die Bodenqualität noch Zurückhaltung (Nussbaumer, 2023).



Abbildung 3: Pflanzenkohle (Quelle: Adobe Stock, 2024)

4.2.1 Investitionskosten für eine Pflanzenkohleanlage

Die Schätzung der Tabelle 4 basiert auf Informationen, die von der Firma APD in Flaach bereitgestellt wurden (Telefonische Befragung am 6. November 2023).

Tabelle 4: Investitionsschätzung einer Anlage zur Pflanzenkohleproduktion

<u>Grundstück & Gebäude</u>			
Grundstück für Anlage inkl. Lager und Rangierung	250 CHF/m ²	500 m ²	CHF 125'000
Halle			CHF 400'000
Total Grundstück & Gebäude			CHF 525'000
<u>Anschaffungskosten Anlage</u>			
Anlage			CHF 600'000
Rückkühler (Sommerbetrieb)			CHF 300'000
Trocknungscontainer			CHF 45'000
Eintragungssystem (Materialzufuhr)			CHF 60'000
Elektroinstallationen, Sanitäranlagen etc.			CHF 200'000
Wärmeverteilung intern (Anschluss an Fernwärme)			CHF 200'000
Wärmeverteilung zu den Bezügern			CHF 350'000
Immaterielle Investition (Zulassungen, Personalschulungen, Planung u.a.)			CHF 15'000
Total Anschaffungskosten Anlage			CHF 1'770'000
Unvorhergesehenes			CHF 150'000
Total Bruttoinvestition			CHF 2'445'000

4.2.2 Wirtschaftlichkeit

Tabelle 5: Aufwand und Ertrag einer Pflanzenkohleanlage

Die Angaben der Tabelle 5 basiert auf Informationen, die von der Firma APD in Flaach bereitgestellt wurden (Telefonische Befragung am 6. November 2023).

Jährlicher Betriebsaufwand				
Kosten Schnitzel	5040 Srm	1800 fr	35.00 CHF	CHF 176'400
Strombedarf	5 kWh	7000 h	0.31 CHF	CHF 10'850
Personalaufwand	1.5 Fachkr.			CHF 135'000
Handling, Trocknung Hackschnitzel				CHF 12'600
Reparatur, Material für Bigbags				CHF 15'000
Abschreibung Anlagekosten (5% von CHF 1'77 Mio.)	20 Jahre	CHF 1'770'000		CHF 88'500
Verzinsung Anlagekosten (gemittelt pro Jahr auf CHF 1'77 Mio.)	2.1 %			CHF 37'170
Total jährlicher Betriebsaufwand				CHF 475'520
Jährlicher Ertrag				
Pflanzenkohle	1'400 m ³	320.00 CHF/m ³		CHF 448'000
Wärmeabsatz	250 kWh	2000 h	0.09 CHF/kWh	CHF 45'000
Senkenleistungszertifikate	300 m ³	50 CHF/m ³		CHF 15'000
Total jährlicher Ertrag				CHF 508'000
Planerlös				CHF 508'000
Betriebsaufwand				CHF 475'520
Jahreserfolg				CHF 32'480

4.3 Grillkohle

Holzkohle, eine historische Form der Pflanzenkohle, war in der Eisenzeit wichtig für die Eisenproduktion aus Eisenoxiden. Heute ist Holzkohle in der Schweiz hauptsächlich für Grillzwecke im Einsatz. Vor allem Buchenholz eignet sich wegen seiner sauberen und gleichmässigen Glut und dem beliebten Raucharoma hervorragend zur Herstellung von Grillkohle.

Ein durchschnittlicher Schweizer Haushalt verbraucht jährlich rund 3.5 Kilogramm Holzkohle, wobei fast der gesamte Bedarf durch Importprodukte gedeckt wird (Schmidt et al., 2018). Dies entspricht einer Importmenge von rund 13'000 Tonnen pro Jahr. Die Hauptlieferanten dieser Holzkohle sind Polen, Deutschland, Bosnien und Herzegowina, die Ukraine und andere Länder. Besonders bedenklich ist der hohe Anteil an Holzkohle aus illegal gerodeten Wäldern, vor allem aus Bosnien und Herzegowina, sowie die Verwendung von Holz aus tropischen Gebieten, was die Nachhaltigkeitsproblematik der Grillkohleproduktion unterstreicht.

Eine Analyse des WWF Schweiz hat ergeben, dass viele der in der Schweiz verkauften Grillkohleprodukte Tropenholz enthalten und häufig falsch deklariert sind (Schmidt et al., 2018). Dies verdeutlicht die Probleme im Bereich der Transparenz und Zertifizierung von Grillkohle. Aufgrund dieser Erkenntnisse empfiehlt der WWF den Einsatz von Elektro- oder Gasgrills als ökologisch verträglichere Alternativen.

Um die Abhängigkeit von importierter Holzkohle zu reduzieren und gleichzeitig lokale Nachhaltigkeitsziele zu unterstützen, bietet die Produktion von Pflanzenkohle in der Schweiz eine vielversprechende Möglichkeit. Im Kanton Bern besteht ein grosses Marktpotenzial für nachhaltig produzierte Grillkohle. Basierend auf Daten der Finanzdirektion des Kantons Bern (Bundesamt für Statistik, 2021), welche rund 485'000 Haushalte erfasst, ergibt sich ein jährlicher Bedarf von rund 1.7 Millionen Kilogramm Grillkohle.

Die Herstellung von Grillkohle erfolgt durch Pyrolyse in Retorten (Abbildung 4). Neben der Anlage wird ein fester Untergrund benötigt, auf dem die Anlage steht. Weiter wird ein Lagerplatz für die Holzscheite und Platz für die Bereitstellung der Grillkohlesäcke benötigt. Zur Umwandlung der Prozesswärme wird ein Wärmetauscher eingesetzt. Für die Beschickung

der Anlage empfiehlt Korporation Zug Holzscheite mit einer Länge von 33 cm zu verwenden. Insgesamt wird eine Fläche von rund 200 m² benötigt.

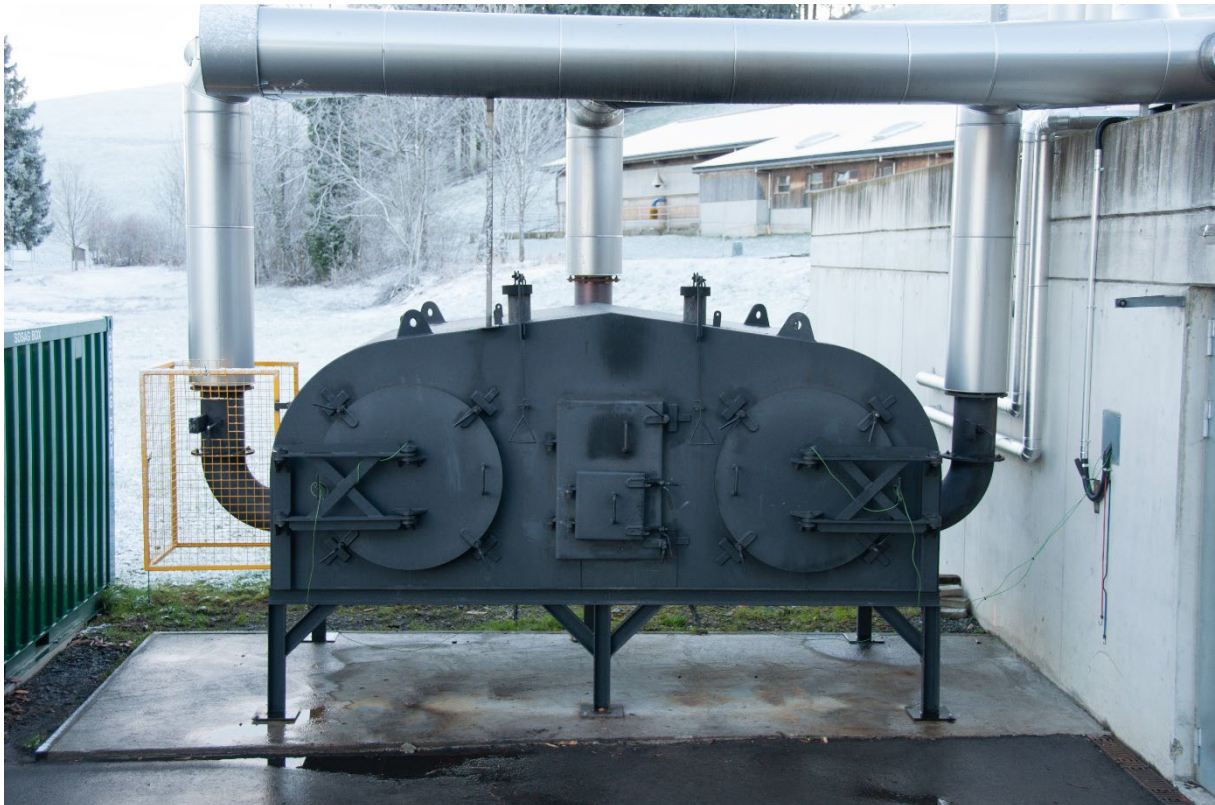


Abbildung 4: Retorte zum Herstellen von Grillkohle (Quelle: Korporation Zug, 2023)

4.3.1 Investitionskosten

Die Planung und Kalkulation basieren auf den Informationen von der Korporation Zug (Telefonische Befragung am 7. August 2023). Die tägliche Produktion ihrer Anlage ist auf 200 kg Grillkohle ausgerichtet, wobei 1,5 Ster Holz pro Tag benötigt werden. Bei 200 Arbeitstagen pro Jahr ergibt sich ein Verkaufsvolumen von 40 Tonnen Kohle.

Tabelle 6: Investitionsschätzung einer Retortenanlage

<u>Grundstück</u>			
Grundstück für Anlage inkl. Lager und Rangierung	250 CHF/m ²	200 m ²	CHF 50'000
Total Grundstück			CHF 50'000
<u>Anschaffungskosten Anlage</u>			
Anlage, Gebäude, bauliche Infrastruktur, Fahrzeuge			CHF 90'000
Rückkühler (Sommerbetrieb)			CHF 60'000
Wärmeverteilung zu den Bezügern "Minimal"			CHF 100'000
Immaterielle Investition (Zulassungen, Personalschulungen, Planung u.a.)			CHF 10'000
Total Anschaffungskosten Anlage			CHF 260'000
Unvorhergesehenes			CHF 10'000
Total Bruttoinvestition			CHF 320'000

4.3.2 Wirtschaftlichkeit

Tabelle 7: Aufwand und Ertrag einer Retortenanlage

Jährlicher Betriebsaufwand			
Kosten Holz	216 fm	75.00 CHF	CHF 16'200
Personalaufwand (Produktion/Vertrieb)			CHF 160'000
Unterhalt, Strombedarf			CHF 10'000
Abschreibung Anlagekosten (5% von CHF 260 Tsd.)	20 Jahre	CHF 260'000	CHF 13'000
Verzinsung Anlagekosten (gemittelt pro Jahr auf CHF 260 Tsd.)	2.1 %		CHF 5'460
Total jährlicher Betriebsaufwand			CHF 204'660
Jährlicher Ertrag			
Grillkohle	10'000 Säcke	20 CHF/Sack	CHF 200'000
Wärmeabsatz	200 d	50 CHF/d	CHF 10'000
Total jährlicher Ertrag			CHF 210'000
Planerlös			CHF 210'000
Betriebsaufwand			CHF 204'660
Jahreserfolg			CHF 5'340

4.4 Blaues Leimholz (aus Käfer-/Sturmholz), Blaues Fassadenholz/Gefärbte Produkte

Bei dieser Projektidee steht der Aspekt der Wertsteigerung von verblautem Käferholz/Sturmholz durch die Verwendung in höherwertigen Produktsegmenten, wie z.B. der Herstellung von Brettschichtholz und Fassadenholz, im Vordergrund. Im Gegensatz zu herkömmlichen Produkten weist dieses Sortiment eine charakteristische blaue Färbung aufgrund des natürlichen Bläuepilzes auf, der das Holz infiziert hat (Abbildung 5). Die Verfügbarkeit von Sturmholz variiert stark. Wetterabhängig gibt es Phasen mit wenig verfügbarem Material, gefolgt von Perioden mit grösseren Mengen. Hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften ist Käferholz dem nicht befallenen Holz ebenbürtig, was die Eignung von beispielsweise Brettschichtholz für vielfältige Anwendungen im Bauwesen unterstreicht. Der Befall beschränkt sich auf die ersten Zentimeter des Stammquerschnitts. Das Holz ist nach Zuschnitt und Trocknung frei von Schädlingen. Es erfüllt alle notwendigen Anforderungen und ist nach DIN 4074 - N1.2.8 für den Holzbau zugelassen. Diese Zulassung bezieht sich unter anderem auf C/D-Qualitäten oder Brettsperrholz, wie es in den Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffe im Bau und Ausbau (Fuhrmann, 2021, S. 68 ff) festgelegt ist. Die Studie «BlueWood» der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt EMPA konzentrierte sich auf die Eigenschaften von verblautem Käferholz und dessen Eignung als beschichtete Fassadenschalung (Künninger Tina, 2023). Elf kommerzielle Beschichtungssysteme wurden auf verblautes und nicht verblautes Käferholz appliziert, wobei keine praxisrelevanten Unterschiede bezüglich Applikation, Trocknung und Trockenschichtdicken festgestellt werden konnten. Allerdings zeigte das befallene Holz neben der typischen Blaufärbung auch einen Befall durch holzerstörende Pilze auf, was zu einem Verlust der mechanischen Festigkeit führen könnte. Trotzdem ist gemäss der Studie im Aussenbereich die Verwendung von verblautem Käferholz als Fassadenschalung möglich, wobei konstruktive Massnahmen und diffusionsoffene Beschichtungen zum Schutz vor dauerhafter Durchfeuchtung erforderlich sind. Auch der Einsatz in tragenden Konstruktionen, insbesondere bei erhöhter Schlagbiegebeanspruchung, wird ebenfalls kritisch gesehen und sollte gesondert geprüft werden. Beide Aspekte sind getrennt zu diskutieren, gegebenenfalls sind neue Daten zu erheben.

Laut der Firma OLWO können geeignete Lamellen aus Käferholz in bestehenden Anlagen effizient in den Produktionsprozess für Brettschichtholz oder Fassadenholz integriert werden. Der Mehraufwand für die Sortierung wird durch den Mehrpreis von rund sechs Schweizer Franken gegenüber dem Energieholz kompensiert, der gemäss der telefonischen Befragung im August 2023 bezahlt wird. Demgegenüber erweist sich die Verarbeitung von Sturmholz zu Konstruktionsvollholz als weniger geeignet. Sturmschäden am Holz können zu technischen Schwierigkeiten in den Produktionsanlagen bis hin zum Stillstand der Maschinen führen. Vor diesem Hintergrund wird die Herstellung von Brettschichtholz aus Käferholz als bevorzugte Alternative zur weiteren Untersuchung ausgewählt.



Abbildung 5: Holzpolter mit verblauten Stämmen (Quelle: Adobe Stock, 2024)

Mehrpreis gegenüber Energieholz

Für diese Produktidee wird angenommen, dass die Herstellung in bestehenden Produktionslinien integriert werden kann, wodurch die Investitionskosten minimal sind.

Brettschichtholz B-Qualität:

Der aktuelle Preis für einen Festmeter (Fm) Fichte B-Qualität beträgt 104 CHF/Fm (Stand Oktober 2023). Für die Produktion von 1 Kubikmeter (m^3) Brettschichtholz werden gemäss Expertenmeinung der Berner Fachhochschule rund $3 m^3$ Rundholz benötigt, was einen direkten Materialkostenanteil von 312 CHF/ m^3 ergibt. Eine Nachfrage beim Branchenverband hat ergeben, dass keine spezifischen Angaben zu den Wertschöpfung von Brettschichtholz vorliegen. Auf dieser Grundlage wird für die Berechnung der Wertschöpfung ein Bruttoverkaufspreis von 800 CHF/ m^3 angenommen. Unter Berücksichtigung der direkten Materialkosten von 312 CHF/ m^3 lässt sich eine Wertschöpfung von 488 CHF/ m^3 ableiten. (Tabelle 11).

Brettschichtholz Nicht-Sicht-Qualität:

Bei Verwendung von Holz der Qualität C/D mit Bläuesortierung (angenommener Preis: CHF 72 pro fm) ergibt sich ein Materialkostenanteil von 216 CHF/ m^3 . Um dieses Brettschichtholz (BSH) in Nicht-Sichtqualität als hochwertige Alternative zu Energieholz zu etablieren, sind gezielte Marketingmassnahmen notwendig. Zur Finanzierung dieser Kampagnen wird der Bruttoverkaufspreis für Nicht-Sicht-Qualität auf 90% des Preises für Sicht-Qualität (720 CHF/ m^3) festgelegt. Nach Abzug der Produktionskosten kann ein kalkulatorischer Mehrpreis von 16 CHF/ m^3 erzielt werden. Gegenüber dem Verkauf als Energieholz bedeutet dies einen Mehrpreis von rund 5 CHF/ m^3 (Tabelle 11).

Tabelle 8: Grobökonomische Betrachtung der Integration von Käferholz in die Brettschichtholzproduktion

		Sicht (B)	Nicht-Sicht (C/D)	
Rohstoffpreise Fm (Okt. 2023)	CHF/fm	104	72	inkl. CHF 6 Sortieraufwand
Faktor Fm zu m3 für die Produktion von BSH		3	3	
Rohstoffpreise pro m3	CHF/m3	312	216	
Bruttoverkaufspreis BSH Sicht-Qualität (Okt. 2023)	CHF/m3	800		
Wertschöpfung (CHF 800 - CHF 312)	CHF/m3	488	488	
Berechnung erwarteter Mehrwert Nicht-Sicht-Qualität C/D				
Kalkulatorischer Verkaufspreis (CHF 216 + CHF 488)	CHF/m3		704	
Angleich an Verkaufspreis Sicht-Qualität, für Marketingzwecke (90% von CHF 800)	CHF/m3		720	
Differenz zu kalkulatorischem Verkaufspreis (CHF 720 - CHF 704)	CHF/m3		16	
Erwarteter Mehrwert (CHF 16/m3: 3), gerundet	CHF/m3		5	

Um die Nutzung von Käferholz in der Holzverbundwerkstoffindustrie zu fördern, sollte die Charakterisierung und Klassifizierung verbessert werden. Die Akzeptanz und das Vertrauen bei Fachleuten und Endverbrauchern zu stärken, ist für die Umsetzbarkeit dieser Produktidee zentral.

5. Diskussion

Im Folgenden werden die wichtigsten Elemente jeder Idee und deren Einfluss auf die Erreichung der Projektziele zusammengefasst.

5.1 Holzvergasungsanlage

Die Errichtung von Holzvergasungsanlagen zeigt ein erhebliches Potenzial für die Nutzung von schwer absetzbarem Rohholz zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme. Insbesondere die Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch den Eigenverbrauch des vor Ort erzeugten Stroms stellt einen grossen Vorteil dar. Obwohl die Nutzung von Energieholz in Holzvergasungsanlagen eine geringere elektrische Effizienz aufweist, bietet sie Vorteile durch die Produktion von Winterstrom. Dieser Beitrag kann die Solarstromproduktion ergänzen und zur Versorgungssicherheit beitragen. Hohe Investitionskosten und Schwierigkeiten bei der Vermarktung von Nebenprodukten wie Pflanzenkohle stellen jedoch wesentliche Hemmnisse dar. Diese Aspekte könnten durch angepasste Finanzierungsmodelle und die Erschliessung neuer Absatzmärkte für Pflanzenkohle adressiert werden, um die Umsetzbarkeit und mögliche zusätzliche Einnahmen zu verbessern.

5.2 Pflanzenkohle

Als nachhaltiges Produkt zur Bodenverbesserung und vor dem Hintergrund des Klimawandels hat Pflanzenkohle ein grosses Potenzial. Die EBC-Zertifizierung unterstreicht den Wert von Pflanzenkohle in verschiedenen Anwendungsbereichen, während die Schweizer Behörden auf die Risiken für die Bodenqualität hinweisen. Zudem hat Nussbaumer aufgezeigt, dass die Herstellung von Pflanzenkohle aus Energieholz energetisch weniger vorteilhaft ist, weil der Prozess der Pyrolyse einen geringen energetischen Wirkungsgrad aufweist. Diese Bedenken müssen bei der Planung berücksichtigt werden, um die Umsetzung und Unterstützung von Pflanzenkohleprojekten zu fördern. Der Bau dreier neuer Anlagen in der Region Bern (INKOH AG: Telefoninterview vom 29. August 2023) zeigt das wachsende Interesse an der Nutzung von Pflanzenkohle und deren Potenzial für die regionale Holzverwertung. Um den Mehrerlös gegenüber dem Verkauf als Energieholz zu realisieren, sollte die Flexibilität der Einsatzmöglichkeiten von Pflanzenkohle, beeinflusst durch saisonale Schwankungen wie eine geringere Nachfrage im Frühling und Sommer von PrivatgärtnerInnen und die Kooperation mit lokalen Sägewerken zur Nutzung der Sommerwärme, stärker in den Fokus gerückt werden.

5.3 Grillkohle

Die lokale Produktion von Grillkohle im Kanton Bern könnte den Jahresbedarf decken und somit eine interessante Alternative zum Import darstellen. Die Betonung von Umweltbewusstsein und Nachhaltigkeit kann als Alleinstellungsmerkmal dienen. Um das Marktpotenzial voll auszuschöpfen, ist es wichtig, das Konsumverhalten und mögliche Veränderungen durch ein wachsendes Umweltbewusstsein zu berücksichtigen. Strategien zum Umgang mit dieser Dynamik können die Marktposition stärken.

5.4 Blaues Leimholz (aus Käfer-/Sturmholz), Blaues Fassadenholz/Gefärbte Produkte

Diese Produkte bieten durch die Verwendung von Käferholz eine umweltfreundliche und ästhetisch ansprechende Option für nachhaltiges Bauen. Der höhere Sortieraufwand ist ein Mehraufwand, der durch gezielte Marketingstrategien und der Betonung der Umweltvorteile durch eine vorgängige stoffliche Nutzung gegenüber einer energetischen Verwendung überwunden werden kann.

5.5 Fazit

Eine mögliche Lösung bezüglich der Bedenken zur Effizienz und Machbarkeit der Holzvergasung und Pflanzenkohleproduktion könnte darin bestehen, diese Prozesse als

kombinierte Wertschöpfungskette zu betrachten. Mit optimierten Prozessketten könnten wirtschaftliche Vorteile realisiert werden. Trotz des Potenzials wird Pflanzenkohle aufgrund der hohen Unsicherheiten und Effizienzprobleme nicht empfohlen. Ihre Produktion bietet zwar Möglichkeiten zur Kohlenstoffsequestrierung, ist aber aufgrund technischer Unsicherheiten und fehlender Marktreife weniger prioritär. Die lokale Produktion von Grillkohle wird hingegen aus Umweltschutzgründen ausdrücklich empfohlen. Die Herstellung von Grillkohle aus lokalem Holz kann zur Reduktion von Transportemissionen beitragen und bietet eine nachhaltige Alternative zu importierter Grillkohle, die oft mit hohen Umweltbelastungen verbunden ist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Nutzung von schwer absetzbaren Rohholzsortimenten in den Regionen Emmental und Berner Oberland-Ost durch Verwertungsmöglichkeiten wie Holzvergasungsanlagen, Pflanzenkohleproduktion, Grillkohleproduktion sowie die Herstellung von blauem Leimholz aus Käfer-/Sturmholz oder blaues Fassadenholz/Gefärbte Produkte einen Mehrerlös gegenüber dem Verkauf als Energieholz generieren können. Um die Umsetzbarkeit zu erhöhen und potenzielle Mehrerlöse zu maximieren, sind die Anpassungen an lokale Gegebenheiten, staatliche Förderungen und die Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren essenziell. Diese Projektideen zeigen das Potenzial, die Wertschöpfungskette der Wald- und Holzwirtschaft zu stärken, indem neue Absatzmärkte erschlossen und zusätzliche Einnahmen für die regionale Wirtschaft generiert werden. Trotz verschiedenen Herausforderungen, wie die teilweise hohen Investitionskosten, zeigen die Ergebnisse, dass durch angepasste Finanzierungsmodelle, die Erschließung neuer Absatzmärkte sowie die Betonung von Nachhaltigkeit und Umweltbewusstsein auch im Hinblick auf eine häufig diskutierte Rohstoffverknappung eine erfolgreiche Umsetzung möglich ist. Die Förderung solcher alternativen Verwertungsmöglichkeiten trägt nicht nur zur Erreichung lokaler Nachhaltigkeitsziele bei, sondern unterstützt auch die Bemühungen um den Klimaschutz durch die Reduktion des CO₂-Fussabdrucks. Es wird daher empfohlen, dass die Branche diese Ideen weiterverfolgt, um die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Wald- und Holzwirtschaft in den betroffenen Regionen langfristig zu fördern.

6. Kurzfassung zu jeder Produktidee

	Holzvergasungs-anlage	Pflanzenkohle	Grillkohle	Blaues Leimholz (aus Käfer-/Sturmholz), Blaues Fassadenholz/Gefärbte Produkte
Anlagengrösse	500 – 600 Festmeter Buchenholz / Jahr (1'556 Srm)	1'800 – 2'000 Festmeter Buchenholz / Jahr (5'000 Srm)	200 – 250 Festmeter Buchenholz / Jahr (für 40 Tonnen Grillkohle)	-
Investition	1.8 – 2.5 Mio. CHF	2.2 – 2.6 Mio. CHF	300'000 – 350'000 CHF	Die Herstellung kann in bestehenden Produktionslinien integriert werden. Die Herstellung von Konstruktionsvollholz ist aufgrund Beschädigungen weniger geeignet.
Subvention	Energieförderungsverordnung (EnFV): 40% der reinen Anlagenkosten (ungefähr 20% der Gesamtinvestition)	Keine	Keine	Keine
Produkt	Strom, Fernwärme und Pflanzenkohle	Pflanzenkohle und Fernwärme	Grillkohle, Fernwärme	Leimholz, Fassaden- und Gefärbte Produkte
Markt	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) direkt oder Energieversorger, Fernwärmenetz (Spitäler, Altersheime, Turnhalle, lokale Firmen)	Landwirtschaftliche Betriebe, Gärtnereien, Privatkunden	Kanton Bern (pro Jahr 1.7 Mio. kg)	Fachhandel, Baumärkte, regionale Schreinereien und Holzbauer
Rendite	Leicht positiv, abhängig von spezifischem Business Case	Gut, bei gesichertem langfristigem Absatz	Abhängig von Vermarktung und Personalkosten	Gut
Risiko	Steigende Holzpreise	Vermarktung, Zulassung noch nicht erteilt (BAFU und BLW)	Hohe Personalkosten, abhängig Integrierung in Geschäftsmodell	Schwankungen in der Verfügbarkeit des Rohstoffes
Referenzen	Barberêche (FR), Bubikon (ZH), Buttisholz (LU)	Maienfeld (GR)	Korporation Zug	Keine

7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Schnitzelbunker (Quelle: Syncraft)	5
Abbildung 2: Pyrolyseanlage (Quelle: Syncraft)	5
Abbildung 3: Pflanzkohle (Quelle: Adobe Stock, 2024)	8
Abbildung 4: Retorte zum Herstellen von Grillkohle (Quelle: Korporation Zug, 2023)	10
Abbildung 5: Holzpolter mit verblauten Stämmen (Quelle: Adobe Stock, 2024)	12
Tabelle 1: Grundlagen und Parameter für die Berechnung der Kosten und Erlöse.....	6
Tabelle 2: Investitionskosten für eine Holzvergasungsanlage	6
Tabelle 3: Aufwand und Ertrag einer Holzvergasungsanlage.....	7
Tabelle 5: Investitionsschätzung einer Anlage zur Pflanzkohleproduktion	8
Tabelle 6: Aufwand und Ertrag einer Pflanzkohleanlage.....	8
Tabelle 8: Investitionsschätzung einer Retortenanlage	10
Tabelle 9: Aufwand und Ertrag einer Retortenanlage	11
Tabelle 11: Grobökonomische Betrachtung der Integration von Käferholz in die Brettschichtholzproduktion	12

8. Literaturverzeichnis

Bryner, P. (2019). Holzvergasung: Alte Technik neu entdeckt. *Bulletin.ch*.

<https://doi.org/10.5169/seals-855957>

BSH-Beispielskalkulation. (2013, September 24). Holzkurier.

<https://www.holzkurier.com/content/holz/holzkurier/de/holzbau/2013/09/bsh-beispielskalkulation.html>

Bundesamt für Statistik. (2021). *Haushalte*. Kanton Bern.

<https://www.fin.be.ch/de/start/themen/OeffentlicheStatistik/bevoelkerungsstatistik/haushalte.html>

Forum | Nachhaltiges Bauen · Baustoffe · Ökobilanz Brettschichtholz. (2013).

<https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Brettschichtholz>

Fuhrmann, C. (2021). *Qualitätskriterien für Holz und Holzwerkstoffe im Bau und Ausbau:*

Handelsgebräuche für die Schweiz (1. Auflage 2021, Ausgabe 2021). Lignum.

Gemeinderat Stadt Bern. (2023, November 8). *Neuer «Energie-Hub» im Nordosten der Stadt Bern geplant* [Medienmitteilung]. Stadt Bern.

https://www.bern.ch/mediencenter/medienmitteilungen/aktuell_ptk/neuer-energie-hub-im-nordosten-der-stadt-bern-geplant

Holzenergie Schweiz. (2017, Juli 12). *23 mit Holz betriebene WKK-Anlagen.*

<https://www.pelletpreis.ch/de/biomasse/article/36389/holzenergie-schweiz-23-mit-holz-betrieben-wkk-anlagen-ein-uberblick>

Künniger Tina. (2023). „BlueWood“ *Oberflächenbehandlung von primär verblautem Käferholz.*

Nitsch, H. (2023). *Einsatz von Pflanzkohle in der Landwirtschaft: Chancen und Herausforderungen.*

Nussbaumer, T. (2023). *Verwertungspfade Holzenergie.*

Schmidt, C., Bounoure, L., Stambach, S., Zahnen, J., Spörri, S., Oettli, D., Wille, S., Stucki, M., & Rey, P. (2018). *Marktanalyse Grillkohle 2018.*