

## Biochar4Metallurgy

Untersuchung des Einsatzes von Biokohle in der metallurgischen Industrie als Ersatz für fossile Kohlenstoffträger

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IWI 24/26, IWI 24/26, Basisprogramm Ausschreibung 2025	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.12.2024	<b>Projektende</b>	30.11.2025
<b>Zeitraum</b>	2024 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	12 Monate
<b>Keywords</b>			

### Projektbeschreibung

Um die nationalen (österreichischer Nationaler Energie- und Klimaplan) und internationalen (Green Deal der EU) Klimaziele zu erreichen, die eine Klimaneutralität bis 2040 vorsehen, sind in allen öffentlichen Sektoren sowie Industriesparten große Anstrengungen zu unternehmen, um die vorgegebenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen erreichen zu können. Die metallurgische Industrie, in deren Prozessen Koks zur Reduktion und/oder Aufkohlung der Rohmaterialien bzw. Sekundärrohstoffe (Schrott und ähnliches) und zur Energiegewinnung eingesetzt wird und dementsprechend große Mengen an CO<sub>2</sub> emittiert werden, steht dabei vor einer besonders großen Herausforderung. Prinzipiell kann die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz erneuerbarer und klimaneutraler Energieträger und Reduktionsmittel (z.B. Wasserstoff (H<sub>2</sub>) oder Biokohle (BK)) oder durch den Umstieg auf klimafreundlichere Technologien (z.B. Umstieg vom Hochofen- auf den ELO-Prozess) erfolgen. Für viele mittelständische Metallurgiebetriebe kommen H<sub>2</sub> (industriell noch nicht erprobt) oder Umstellungen bei den metallurgischen Prozessen (sehr kostenintensiv) nicht in Frage bzw. werden bei den Prozessen direkte C-Träger benötigt. Die Substitution von fossilen Kohlenstoff-Trägern (C-Träger wie Kohle/Koks) durch nachhaltig produzierbare BK könnte hingegen ohne große Adaptionen an den Prozessen und ohne großen Investitionskostenaufwand erfolgen. BK weisen üblicherweise deutlich geringere S-, N- und Cl-Gehalte als fossile C-Träger auf und können somit auch zur Reduktion von Emissionen und Korrosionsproblemen in den Anlagen beitragen. Die effiziente großtechnische Herstellung von BK ist bereits Stand der Technik, wodurch diese Option kurzfristig verfügbar ist. BK kann dabei nachhaltig, günstig und lokal hergestellt werden, da Altholz sowie Abfall- und Schadholz (Käferholz, Windwurf) genutzt werden können.

Der Umstieg von Kohle/Koks auf BK hätte auch volkswirtschaftliche Vorteile, da die derzeit eingesetzte Kohle zu 100% importiert werden muss. BK kann hingegen aus heimischer Biomasse erzeugt werden, wodurch die Wertschöpfung in Österreich verbleibt und Transportwege und damit verbundene Emissionen reduziert werden können.

Ergebnisse aus laufenden Forschungsarbeiten sowie Diskussionen mit Industrievertretern haben aber gezeigt, dass unterschiedliche Prozesse in der metallurgischen Industrie voneinander abweichende Anforderungen an die BK aufweisen und die Substitution fossiler C-Träger durch BK dadurch prozessspezifisch genau untersucht werden muss. Der Einsatz von BK als Ersatz für fossile C-Träger wird international zwar seit Jahren erforscht, konzentriert sich dabei allerdings auf den Einsatz in der Stahlproduktion im Hochofen und damit verbundenen Prozessen (Kokerei, Sintern). Aufgrund der enormen Mengen an Kohle, die jährlich in der primären Stahlindustrie eingesetzt werden, ist allerdings eine vollständige Substitution

von Kohle/Koks durch BK in diesem Bereich unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit der BK-Produktion nicht möglich. Interessant ist der Einsatz von BK hingegen bei Prozessen, bei denen die eingesetzten Kohle/Koks-Mengen auch aus nachhaltiger BK-Produktion gedeckt werden können und auf einen C-Träger nicht verzichtet werden kann. Das betrifft z.B. den Einsatz von Koks zum Aufschäumen der Schlacke im Elektrolichtbogenofen (ELO) in der Stahlerzeugung aus Schrott oder als Energie- und C-Träger in Schachtofen- (SO) oder Kupolofen- (KO) Prozessen. Zum Einsatz von BK in diesen Prozessen gibt es noch viele offene Fragen (Einsatz im ELO) bzw. nur wenige Forschungsarbeiten, die über den theoretischen Bereich oder Labormaßstab hinausgehen (Einsatz im SO oder KO), so dass hier dringender Forschungsbedarf besteht, was auch durch die Teilnahme von Industriepartnern aus diesen Bereichen (Marienhütte Graz, Montanwerke Brixlegg, Tiroler Rohre) unterstrichen wird.

Die wesentlichen Ziele des beantragten Projektes sind daher detaillierte Grundlagenuntersuchungen inklusive der Bewertung spezifischer metallurgischer Prozesse, bei denen BK fossilen Koks ersetzen soll sowie die Erarbeitung von Qualitätskriterien für den Einsatz von BK in diesen Prozessen, die als Grundlage für den großtechnischen Einsatz von BK in metallurgischen Prozessen dienen sollen. Grundlagenuntersuchungen sind notwendig, da die Anforderungen an die BK als Ersatz für fossile C-Träger wesentlich vom betrachteten metallurgischen Prozess abhängen. Die Kenntnis der Relevanz der Qualitätskriterien auf die betrachteten Prozesse ist wiederum sehr wichtig, weil sie sowohl den Produktionsprozess (Einstellung von C-Gehalt, Gehalt an Flüchtigen oder spezifische Oberfläche durch Variation von Druck und Temperatur) als auch eine nachgeschaltete Behandlung der BK (Änderung der Festigkeit, Dichte, Korngröße oder Reaktivität durch Verpressung und Beimischung von Additiven) betreffen können.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde eine Forschungsmethodik, die auf folgenden Schwerpunkten aufbaut, entwickelt. Zu Beginn sollen für alle im Rahmen des Projektes untersuchten metallurgischen Prozesse die Rahmenbedingungen für den Einsatz von BK sowie relevanten Eigenschaften der dabei eingesetzten C-Träger evaluiert und definiert werden.

Anschließend sollen CFD-gestützte Simulationen zur Konversion der Einsatzstoffe in Schmelzreaktoren (z.B. ELO) durchgeführt und darauf aufbauend eine Detailevaluierung der Relevanz bestimmter BK-Eigenschaften für die jeweiligen Prozesse durchgeführt werden. Parallel dazu sollen mögliche BK-Vorbehandlungsmethoden wie Agglomeration und/oder Verfestigung der BK auf Basis der eingangs definierten Qualitätsansprüche für jeden Prozess evaluiert (insbesondere für SO und KO relevant) und mittels schrittweise durchgeführter Laborversuche erprobt werden. Aufbauend auf den Ergebnissen aus den vorangegangenen Punkten sind gezielte Vorversuche im industriellen Maßstab bei den Industriepartnern im ELO, SO und KO geplant. Die Untersuchungen sind wichtig, um die Ergebnisse aus den Simulationen und den Laborversuchen unter Realbedingungen zu validieren, da es sich um komplexe Prozesse mit vielen Einflussgrößen handelt. Abschließend sollen, begleitet von einer techno-ökonomischen und ökologischen Analyse, die wesentlichen Qualitätskriterien für den Einsatz von BK in den untersuchten Prozessen definiert werden. Darüber hinaus soll der Einsatz von BK in alternativen Prozessen für den SO (z.B. TBRC, Top blown rotary converter) und KO (z.B. Induktionsofen, IO) untersucht werden, da diese Prozesse vermehrt in der Gießerei- und Kupfersekundärmetallurgie eingesetzt werden und somit für die Branche ebenfalls relevante Anwendungen darstellen.

Die wesentlichen Innovationen des Projektes bilden somit die erstmalige vollständige Simulation des Einblasens von BK in den ELO-Prozess sowie die Simulation der BK-Konversion in der Schmelze, die Entwicklung eines neuen BK-Vorbehandlungsprozesses, um den speziellen Anforderungen im SO- und KO-Prozess gerecht zu werden, die Evaluierung des Einsatzes von BK in alternativen zukünftig interessanten Prozessen zum SO (TBRC) und KO (IO mit anschließender Aufkohlung), die bisher in Forschungsarbeiten noch nicht behandelt wurden und für die Branche relevant sind, sowie die Erarbeitung von für die jeweiligen Prozesse allgemein gültigen Spezifikationen für die BK und die notwendigen Vorbehandlungsschritte.

Das Projekt führt zu einer wesentlichen Know-How-Steigerung und soll den durch den Antragsteller Fachverband Bergwerke und Stahl vertretenen Branchenmitgliedern zukünftig ermöglichen, die durch fossile C-Träger anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen mittels gezieltem Einsatz von BK zu minimieren, Transportwege zu verkürzen und die Wertschöpfung in Österreich zu erhöhen. Die Ergebnisse des Projektes stellen auch einen wichtigen Know-how-Aufbau für die wissenschaftlichen Partner Lehrstuhl für Nichteisenmetallurgie der Montanuniversität Leoben und BIOS Bioenergiesysteme GmbH (Basis für zukünftige F+E-Projekte) dar.

## **Endberichtkurzfassung**

Nachfolgend wird ein Überblick über die wesentlichen Zielsetzungen und deren Status gegeben:

Zielsetzung 1: Durchführung von Biokohle-Untersuchungen und Vergleich mit den Eigenschaften fossiler Kohle à Zielsetzung aktuell. Bisher wurden verschiedene fossile Kohle-/Kokssorten sowie Biokohlesorten untersucht, charakterisiert und deren Eigenschaften gegenübergestellt. Weitere Analysen werden entsprechend dem Bedarf der Arbeiten in den einzelnen Arbeitspaketen im dritten Projektjahr durchgeführt.

Zielsetzung 2: CFD-gestützte Simulationen der Konversion der Einsatzstoffe in den entsprechenden Reaktoren und darauf aufbauende Detailevaluierung der Relevanz bestimmter Biokohle-Eigenschaften für die jeweiligen Prozesse à Zielsetzung aktuell. Die bisherigen Arbeiten dazu (AP3, Task 3.1, Task 3.2) wurden im 2. Projektjahr erfolgreich abgeschlossen, die verbleibenden Arbeiten (Task 3.3 und AP6) werden im 3. Projektjahr durchgeführt.

Zielsetzung 3: Evaluierung und Erprobung von möglichen Biokohle-Vorbehandlungen wie z.B. Agglomeration und/oder Verfestigung der Biokohle auf Basis der Qualitätsansprüche des jeweiligen Prozesses à Zielsetzung aktuell. Die grundsätzlichen Untersuchungen zur Mikrogranulation und Brikettierung sowie deren Kombination zu einem gemeinsamen Prozess (AP4, Task 4.1 und 4.2) konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Bei der Untersuchung der Heißfestigkeit wurden im Rahmen der Heißgasversuche in Task 4.3 allerdings noch Probleme identifiziert, wodurch die Arbeiten in Task 4.4 zur Optimierung der Rezepturen noch nicht abgeschlossen werden konnten und im 3. Projektjahr weiterlaufen.

Zielsetzung 4: Durchführung von gezielten Vorversuchen im industriellen Maßstab bei den Industriepartnern an den ausgewählten Anlagen, um die Ergebnisse unter Realbedingungen zu validieren à Zielsetzung aktuell. Die Vorversuche sollen wie geplant in der ersten Hälfte des 3. Projektjahres starten (siehe Stand der Arbeiten dazu in diesem Bericht).

Zielsetzung 5: Aus den Punkten 1 bis 4 sollen, begleitet von einer technoökonomischen und ökologischen Analyse, die wesentlichen Qualitätskriterien für den Einsatz von Biokohle in diesen Prozessen definiert werden à Zielsetzung aktuell. Eine erste vorläufige Analyse wurde am Ende des zweiten Projektjahres durchgeführt (siehe Ergebnisse dazu in diesem Bericht). Nach Abschluss der Vorversuche an den Großanlagen samt deren Bewertung soll dann im 3. PJ eine finale Evaluierung erfolgen.

Zielsetzung 6: Untersuchung des Einsatzes von Biokohle in alternativen Prozessen für den SO (z.B. TBRC) und KO (z.B. Induktionsofen mit anschließender Aufkohlung) à Zielsetzung aktuell. Durch den verstärkten Fokus auf die Optimierung der Biokohle-Vorbehandlung wurden diese Arbeiten auf des 3. PJ verschoben, sollen aber wie geplant durchgeführt werden.

Conclusio: Alle Zielsetzungen sind nach wie vor aktuell und haben sich nicht geändert. Sie erscheinen auch nach wie vor realistisch.

Im Projektteam gibt es aktuell keine Änderungen im Vergleich zum Förderantrag.

Eine Änderung des Förderzeitraums ist nach aktuellem Stand der Arbeiten nicht notwendig.

## Highlights

Auch wenn die Arbeiten in den relevanten Arbeitspaketen noch nicht abgeschlossen (AP3, AP4, AP5 und AP7) bzw. begonnen (AP6 und AP8) wurden, konnten bereits einige interessante Ergebnisse erzielt werden, die nachfolgend kurz beschrieben werden.

Modellierung der Partikelkonversion von Petrolkoks und Biokohle unter den im ELO vorherrschenden Rahmenbedingungen und Auswahl einer geeigneten Biokohle für die Vortests am ELO. Das bei BIOS verfügbare Layer-Modell zur Berechnung der Zersetzung von Partikeln konnte um eine detaillierte Kinetik für die Zersetzung von Kohle in CO/CO<sub>2</sub>-Atmosphären erweitert und anhand von Laborversuchen validiert werden, wobei auch der Einfluss von Diffusionseffekten, der spezifischen Oberfläche und des Porendurchmessers auf die Reaktionsrate berücksichtigt wurde. Damit konnten die wesentlichen Einflussgrößen auf die Zersetzungszeit im ELO definiert werden, anhand deren geeignete

Biokohlespezifikationen erstellt werden können (siehe Ergebnisse dazu in diesem Bericht). Darauf aufbauend wurde Olivenkernkohle als am besten geeignete Biokohle für die Vortests am ELO ausgewählt.

Modellierung der Partikelkonversion von Koks und Biokohlebriketts unter den im Schacht- und Kupolofen vorherrschenden Rahmenbedingungen. Das im Rahmen des Projektes für den ELO weiterentwickelte Layer-Modell wurde an die in Schacht- und Kupolöfen vorherrschende Atmosphären angepasst, erweitert und anhand von Laborversuchen validiert. Dabei wurde auf das spezielle Verhalten der Biokohle-Briketts eingegangen. Damit konnten die wesentlichen Einflussgrößen auf die Zersetzungszeit im Schacht- und Kupolofen definiert und die relevanten Eigenschaften der Briketts definiert werden (siehe Ergebnisse dazu in diesem Bericht).

Optimierung der Heißfestigkeit. Während bereits im ersten Projektjahr Biokohle-Briketts mit einer ausreichend hohen Kaltfestigkeit hergestellt werden konnten, konzentrierten sich die Arbeiten im 2. Projektjahr auf die Erhöhung der Heißfestigkeit. Durch Anpassungen in der Rezeptur konnte diese bereits um etwa 80% gesteigert werden, allerdings sind noch weitere Optimierungsschritte notwendig, um die geforderte Heißfestigkeit für den Einsatz im Schacht- und Kupolofen zu erreichen.

Die wesentlichen Ziele des 2. PJ wurden Großteils erreicht. Hinsichtlich ELO gibt es bereits konkrete Ergebnisse, die auf eine möglichst vollständige Substitutionsmöglichkeit von fossiler Kohle durch Biokohle schließen lassen. Hinsichtlich des Einsatzes von Biokohle im Schacht- und Kupolofen gibt es noch Optimierungsbedarf, sowohl bzgl. der benötigten Heißfestigkeit als auch bzgl. der Produktion ausreichend großer Briketts. Die bisherigen Ergebnisse sind dennoch vielversprechend und es wird erwartet, dass die Vortests am Schacht- und Kupolofen im 3. PJ durchgeführt und bewertet

werden können. (siehe entsprechende Kapitel sowie Folgeantrag für das 3. PJ).

## **Projektpartner**

- Wirtschaftskammer Österreich