



DOKTORANDENPROGRAMM DES BMEL

CoffeeChar. Verbesserung der Nachhaltigkeit der Kaffeewertschöpfungskette in Vietnam durch Umwandlung von Nebenprodukten zu kohlenstoffreichem Material mittels hydrothermalen Karbonisierung

Land/Länder	Germany und Vietnam
Fördernde Organisation	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft – BMEL
Projektträger	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung – BLE
Koordinator	Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V (ATB), Potsdam
Partner	Deutschland: <ul style="list-style-type: none">• Industrielles Netzwerk: Bayerischer Bauernverband, Maschinen- und Betriebshilfsring Rhön-Grabfeld, Agrokraft GmbH und Artec GmbH.• Technische Universität Dresden

	<p>Vietnam:</p> <ul style="list-style-type: none"> • University: Van Lang University, HCM City (VLU) • Industrial partner: Phuoc An Coffee One Member Limited Company, Dak Lak province. (PA) • Company: GreenMessage–Water and Environment Limited Company, HCM City. (GM)
Projektbudget	192.231,52 €
Projektlaufzeit	01/09/2019 – 30/09/2023 (mit Verlängerung)
Schlagwörter	Kaffee–Wertschöpfungskette, hydrothermale Karbonisierung, Nassaufbereitung, Kaffeenebenprodukte, Nachhaltigkeit, HTC–Kohle
Hintergrundinformation	<p>Der Konsum von Kaffeegetränken nimmt weltweit weiter zu. Mit dem wachsenden Kaffeekonsum steigen auch die Erwartungen an Produktqualität und Nachhaltigkeit. Dies stellt die Kaffeeproduzenten vor besondere Herausforderungen und führt weltweit zu Veränderungen im Kaffeeanbau und in der Kaffeeverarbeitung. Diese Veränderungen müssen so gestaltet werden, dass sie den Kaffeebauern ein angemessenes Einkommen sichern. Auch in Vietnam, dem weltweit führenden Produzenten von Robusta–Kaffeebohnen, sind diese Entwicklungen im Gange. Aktuelle Initiativen bieten Bauern, Kooperativen und Herstellern Anreize, von der Trockenaufbereitung zur Nassaufbereitung von Kaffeebeeren zu wechseln, um so die Qualität der Kaffeebohnen zu erhöhen und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Die entsprechende Umstellung kann jedoch die traditionellen Verwertungswege für Kaffeereinstoffe zwischen Feld und Verarbeitung unterbrechen.</p> <p>Kaffee–Nebenprodukte fallen entlang der gesamten Wertschöpfungskette an. Dabei stammen ähnlich große Mengen aus der Primärverarbeitung von Kaffeebeeren (in Trocken– und Nassverfahren) zu grünen Kaffeebohnen (z. B. Schalen, nasse Außenhaut, Silberhaut und Pergament) und aus der Sekundärverarbeitung der Kaffeebohnen zu Kaffeegetränken (Kaffeersatz). Eine unsachgemäße Entsorgung der Nebenprodukte kann sich negativ auf die Umwelt auswirken, außerdem werden dann die Potenziale als erneuerbare Energiequelle oder als Bodenverbesserungsmittel zur Rückführung von Kohlenstoff und Nährstoffen in den Boden verschwendet.</p>

<p>Projektziel</p>	<p>Das Hauptziel dieses Projektes war es daher, die Möglichkeiten der Integration des Hydrothermalen Karbonisierung (HTC) Prozesses in die Kaffeeverarbeitungsindustrie in Vietnam zu untersuchen, um die nassen Nebenprodukte zu verwerten und die Nachhaltigkeit der Wertschöpfungskette zu verbessern. Die spezifischen Ziele waren: 1) Reduzierung des Bedarfs an fossilen Brennstoffen, 2) Rückführung von Kohlenstoff und Nährstoffen in den Boden, 3) Vermeidung von Treibhausgas- und Geruchsemissionen durch unsachgemäße Entsorgung der nassen Nebenprodukte und 4) Verbesserung der Abwasserqualität aus Kaffeeverarbeitungsanlagen.</p>
<p>Projektergebnisse</p>	<p>Die Ergebnisse des Projekts wurden in drei referierten Artikeln veröffentlicht:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Farru, G., Dang, C. H., Schultze, M., Kern, J., Cappai, G., & Libra, J. A. (2022). Benefits and Limitations of Using Hydrochars from Organic Residues as Replacement for Peat on Growing Media. <i>Horticulturae</i>, 8(4), 325. Online: https://doi.org/10.3390/horticulturae8040325 2. Dang, H.; Farru, G.; Glaser, C.; Fischer, M.; Libra, J.A. (2023): Enhancing the Fuel Properties of Spent Coffee Grounds through Hydrothermal Carbonization: Output Prediction and Post-Treatment Approaches. <i>Sustainability</i>. (1): p. 338. Online: https://doi.org/10.3390/su16010338 3. Dang, H.; Cappai, G.; Chung, J.; Jeong, C.; Kulli, B.; Marchelli, F.; Ro, K.; Román, S. (2024): Research Needs and Pathways to Advance Hydrothermal Carbonization Technology. <i>Agronomy</i>. (2): p. 247. Online: https://doi.org/10.3390/agronomy14020247 <p>Die wichtigsten Ergebnisse werden im Folgenden entsprechend den allgemeinen Projektzielen zusammengefasst:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Aktueller Stand der Erzeugung und Entsorgung von Kaffeenebenprodukten in der vietnamesischen Kaffeewertschöpfungskette</i> <p>Um die Menge der Kaffeenebenprodukte in den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette zu schätzen, wurden Produktionsstatistiken mit Informationen aus Interviews mit Kaffeebauern und Kaffeeverarbeitern aus fünf Kaffeeanbauprovinzen kombiniert. Die trockene Aufbereitung von Kaffee ist die am weitesten verbreitete Methode unter den lokalen Bauern in Vietnam (81% von 120 befragten Bauern). Immer mehr Kaffeebauern stellen langsam von der Trockenaufbereitung auf die Nassaufbereitung um. Die Umstellung wird</p>

durch die Marktpreise, die Unterstützung der lokalen Regierungen und ausreichenden Zugang zu Verarbeitungsmöglichkeiten begünstigt. Die meisten der befragten Landwirte (60%) verwenden Kaffeenebenprodukte zur Herstellung von Kompost für ihren eigenen Betrieb, 26% dagegen entsorgen die Kaffeenebenprodukte in ihrem Betrieb ohne Behandlung oder Verwertung.

- *Valorisierung von Kaffeenebenprodukten durch HTC- und Nachbehandlungsverfahren: Versuche im Labormaßstab*

Experimente im Labormaßstab zeigten, dass HTC die energetischen Eigenschaften von Kaffeenebenprodukten erheblich verbessern kann. Z.B. stieg der Brennwert von Nebenprodukten der Kaffeeverarbeitung um 32% und von Kaffeesatz um 46%, so dass sie als Ersatz für fossile Brennstoffe verwendet werden können. Für die HTC-Ergebnisse (Feststoffausbeute, Brennwert und Energieausbeute) wurden Modelle entwickelt und mit veröffentlichten Modellen verglichen. Die Modelle, die auf den Betriebsbedingungen bzw. der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials basierten, sagten die drei Ergebnisse mit geringen Fehlern voraus. Nachbehandlungsschritte verbesserten die Anwendungseigenschaften der HTC-Kohle. Agglomerationsprozesse haben die Handling- und Transporteigenschaften der feinkörnigen Kaffeesatz-HTC-Kohle für den Einsatz als Brennstoff oder Bodenhilfsstoff deutlich erhöht. Beim Betrieb des HTC-Prozesses mit den Verarbeitungsnebenprodukten im alkalischen Bereich (pH 7–13) entstanden Huminsäuren, die als wichtige Komponenten für die Bodengesundheit und -fruchtbarkeit anerkannt sind. Keimungstests mit Kaffeesatz und HTC-Kohle zeigten, dass HTC-Kohle das Potenzial hat, mindestens 5% des Torfs in Kultursubstraten zu ersetzen. Die hemmende Wirkung von Kaffeesatz wurde nach der hydrothermalen Behandlung und der Nachbehandlung (Waschen und Trocknen) deutlich reduziert.

- *Integration von HTC-Systemen in die Kaffee-Wertschöpfungskette in Vietnam*

Mit den wichtigsten Stakeholdern in Vietnam wurden Prozesskombinationen für die Integration eines HTC-Systems in 1) ein Nassverarbeitungssystem für Kaffeebeeren und 2) ein Recyclingsystem für Kaffeesatz entwickelt (Bild 1 und 2). Die Stakeholder waren sich einig, dass die Integration von HTC die Nachhaltigkeit der Kaffee-Wertschöpfungskette in Vietnam verbessern kann. Um diese Erkenntnisse auf andere Regionen der Welt zu übertragen, wurde eine Informationsbasis aus experimentellen Daten und Methoden zur

	<p>Abschätzung von Stoffströmen entwickelt, die zur Bewertung des potenziellen Einsatzes von HTC-Systemen in anderen Kaffeeanbaugebieten genutzt werden kann.</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Dissemination</i> <p>Durch Konferenzen, Workshops, Publikationen und Forschungsaufenthalte wurde ein Netzwerk mit nationalen und internationalen Wissenschaftlern/Experten im Bereich der HTC, der Kaffeeverarbeitung und/oder der Verwertung von Nebenprodukten in der Kaffeewertschöpfungskette aufgebaut.</p>
Empfehlungen	<p>Es wird empfohlen, eine HTC-Demonstrationsanlage in einem Kaffeebeeren-Verarbeitungsbetrieb zu bauen. Dies ist ein wesentlicher nächster Schritt. Basierend auf Interviews mit wichtigen Stakeholdern in fünf kaffeeproduzierenden Provinzen Vietnams wird ein hohes Potenzial für die Integration von HTC in Verarbeitungskooperativen, die hochwertigen Bio-Kaffee produzieren, gesehen. Die Kooperativen erwarten, dass sie die Nachhaltigkeit ihrer Produktion verbessern können, wenn sie ein HTC-System einsetzen. Die Umwandlung von Nebenprodukten in erneuerbare Brennstoffe oder Bodenhilfsstoffe kann die Auswirkungen auf die Umwelt und die Produktionskosten reduzieren. Gleichzeitig können damit die Einkommen der Beteiligten gesichert werden.</p> <p>Deshalb soll in einer Folgestudie das technische Design für die Integration von HTC in Kaffeeverarbeitungsprozesse für Trocken- und Nasskaffeeprodukte entwickelt werden. Zu den Arbeitsschritten gehört es, die Rohstoff- und Produktströme für die verschiedenen Maßstäbe zu skalieren und die potenziellen CO₂-Emissionsreduktionen durch den Ersatz fossiler Brennstoffe in Kaffeetrocknungsanlagen und chemischer Düngemittel in der Bodenverbesserung abzuschätzen.</p> <p>Darüber hinaus sollten in diesen Kaffeeanbaugebieten Pilot- oder Laborstudien zur Ko-Konversion von Kaffeenebenprodukten mit anderen landwirtschaftlichen Reststoffen durchgeführt werden. Dadurch könnte der Betrieb der HTC auf das ganze Jahr ausgedehnt werden, während gleichzeitig mehr Produkte zur Energiegewinnung und Bodenverbesserung für den Kaffeeanbau zur Verfügung stünden.</p> <p>Der in diesem Projekt begonnene Aufbau einer Informationsbasis sollte in Vietnam fortgeführt und auf andere Kaffeeanbaugebiete</p>

ausgeweitet werden. Die Durchführung weiterer Erhebungen mit einer größeren Anzahl von Kaffeeproduzenten und verfeinerten Fragebögen zu Kaffeeverarbeitungsmethoden und Lieferketten in verschiedenen Provinzen wird dazu beitragen, die Datenlage zu verbessern. Ein internationales Kooperationsprojekt zur Bewertung der Eignung von HTC-Systemen in anderen Kaffeeanbaugebieten wird empfohlen, um Einschätzungen zu entwickeln, wie unsere Projektergebnisse auf andere Regionen extrapoliert werden können.

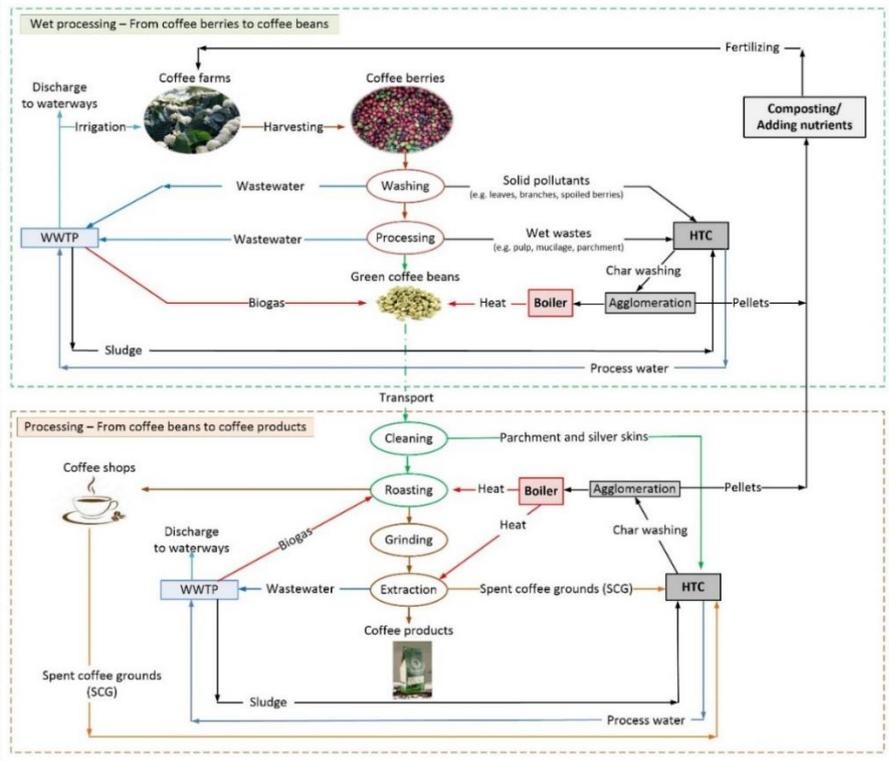


Bild 1. Konzeptentwurf für die Integration von HTC in die Kaffeewertschöpfungskette zur Behandlung von Nebenprodukten der Kaffeebeerenverarbeitung und Kaffeesatz (SCG) (eigener Entwurf).



Bild 2. Die Kaffee-Sekundärverarbeitungskette mit HTC-Integration – von der grünen Kaffeebohne bis zum Kaffeekohle-Pellet.

Fotos