

Schlussbericht:

In-Wert-Setzung von Kaffeeabfällen in Peru



Autor*innen:

Caroline Erni, dss+

Hannes Zellweger, dss+

Martin Schmid, Generation Carbon

Datum des Berichts: 14.03.2023	Vertragsnummer: 2018.04
Institution: dss+ / Generation Carbon	Land: Peru

Ausgearbeitet durch:

dss+

Wildbachstrasse 46, 8008 Zürich

Tel: +41 44 380 31 42, hannes.zellweger@consultdss.com, www.consultdss.com

Generation Carbon,

9366 Niederdorf

Tel: +41 79 271 74 62, martin@generation-carbon.ch, www.generation-carbon.ch



Mit Unterstützung der:

REPIC Plattform

c/o NET Nowak Energie & Technologie AG

Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen

Tel: +41(0)26 494 00 30, Fax: +41(0)26 494 00 34, info@repic.ch / www.repic.ch

Die REPIC-Plattform ist ein Mandat von:

Staatssekretariat für Wirtschaft SECO

Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit DEZA

Bundesamt für Umwelt BAFU

Bundesamt für Energie BFE

Der oder die Autoren sind allein verantwortlich für Inhalt und Schlussfolgerungen des Berichtes.



Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	4
2. Abstract	5
3. Ausgangslage.....	6
4. Ziele.....	7
5. Projektreview	7
5.1 Umsetzung des Projekts	7
5.2 Zielerreichung und Resultate.....	10
5.3 Vorbereitung der Multiplikation / Replikation	11
5.4 Wirkung / Nachhaltigkeit.....	13
6. Ausblick / weiteres Vorgehen.....	14
6.1 Multiplikation / Replikation.....	14
6.2 Erwartete Wirkung / Nachhaltigkeit.....	15
7. Lessons Learned / Fazit	16
8. Anhang.....	16

1. Zusammenfassung

Peru ist ein Agrar Exportland, Kaffee, Kakao, Spargeln, Mangos und Avocados werden weltweit exportiert. Besonders für Spezialitätenkaffee ist Peru bekannt. Auf ungefähr 40% der peruanischen Anbauflächen sind Kaffeeplantagen zu finden und die Kaffeeproduktion bildet somit eine wichtige Einnahmequelle für Bauern in Peru. Auch der Anbau und Export von Kakao ist ein zentraler Pfeiler der peruanischen Landwirtschaft.

Die Bauern stehen jedoch unter grossem Druck. Schlechte Produktivität, schwierige Bodenverhältnisse, und insbesondere schlechte Witterungsbedingungen für eine Sontentrocknung der Kaffeeirschen sind zentrale Herausforderungen. Im Norden von Peru, besonders in der Region Piura, erschweren zudem hohe Konzentrationen des Schwermetalls Cadmium und auch Wasserknappheit die Bedingungen vor Ort.

Zur Unterstützung der Bauern fokussiert dieses Projekt auf ein oft ungenutztes Potenzial – die grosse Menge an Biomasse von Abfällen aus der Kaffeeproduktion, respektive weiteren Betriebszweigen. Diese Abfälle bedürfen teilweise einer umständlichen Entsorgung und Möglichkeiten zu deren Wiederverwertung sind in Peru noch kaum bekannt.

Die Bestrebungen einer Dekarbonisierung der Agrarsektoren ermöglichen den Kooperativen nun neue Möglichkeiten. Die in Kooperativen organisierten Kaffee- und Kakao-Bauern sind bereits damit vertraut anhand von Agroforstsystemen CO₂ aus der Atmosphäre zu entfernen (CO₂-Sequestrierung). Eine weitere naturbasierte Technologie zur CO₂-Sequestrierung ist die Pflanzenkohle, welche mit der Pyrolyse-Technologie hergestellt wird. Diese Technologie ist ein thermischer Prozess und erzeugt aus Biomasse Pflanzenkohle und Energie - die gewonnene Energie wird dann für Trocknungsprozesse genutzt, die Pflanzenkohle als Bodenverbesserer und die erzielte CO₂-Sequestrierung generiert neue Einnahmen.

Im Rahmen des Projekts wurde die Pyrolyse-Technologie an peruanische Gegebenheiten angepasst. Im Fokus stand eine robuste und einfach handhabbare Technologie in einem industriellen Kontext. Die angepasste Pyrolyse-Technologie wurde nach Peru zu einem lokalen Technologie-Partner (Industria Yapango) gebracht. Dieser Wissenstransfer und die Schulungen der Mitarbeiter zum selbständigen Bau solcher Pyrolyse-Anlagen standen im Zentrum des Projekts. Nach dem Bau mehrerer Testanlagen wurde die finale Version bei einer lokalen Kooperative installiert und die Mitarbeiter für den Betrieb der Anlage geschult. Weitere Schulungen wurden für die Anwendung der produzierten Pflanzenkohle konzipiert und mit den Kaffee- und Kakao-Bauern durchgeführt.

Zentral in diesem Projekt war der «Co-Creation»-Prozess für das optimale Design und der Optimierung der Anlage, um den lokalen Bedürfnissen besser gerecht zu werden. Damit wird erhofft, dass bei einem Technologietransfer bessere Voraussetzungen zur sofortigen Multiplikation geschaffen werden können und eine Skalierung schneller stattfindet. Zudem wird der Maschinenbauer befähigt, die Anlage besser und eigenständig anpassen zu können. Eine Pyrolyseanlage ist nun in einer lokalen Kooperative installiert, deren Arbeiter können diese bedienen, die Bauern können die Pflanzenkohle korrekt anwenden und sie wissen über den Nutzen Bescheid.

In einem nächsten Schritt werden nun Erfahrungen beim Betrieb der Anlage gesammelt und gleichzeitig wird der regionale Verkauf von Pflanzenkohle angestrebt. Zudem sollen die CO₂-Zertifikate auf den Markt oder direkt in der Wertschöpfungskette bei internationalen Unternehmen verkauft werden. Der Maschinenbauer Industria Yapango plant bereits weitere Pyrolyse-Anlagen in der Region zu verkaufen, wofür bereits erste Interessenten identifiziert wurden. Zudem besteht die Möglichkeiten von nationalen als auch lateinamerikanischen Kooperationen, da die robuste und einfache Technologie bereits internationales Interesse auf sich gezogen hat.

Film: Veranschaulichung des Erreichten in Dokumentar-Kurzfilm auf Youtube:

https://youtu.be/BMM_ucdE4MI

2. Abstract

Peru is a country that exports agricultural produce- coffee, cocoa, asparagus, mangoes and avocados are exported worldwide, and it is known especially for its specialty coffee. Coffee plantations cover about 40% of Peru's arable land, and coffee production is an important source of income for its farmers. The cultivation and export of cocoa is also central to Peruvian agriculture.

However, the farmers are increasingly under pressure. Low productivity, difficult soil conditions, and poor weather conditions for sun-drying the coffee cherries are the main challenges. In northern Peru, predominantly in the Piura region, high concentrations of the heavy metal cadmium, and water scarcity also make conditions difficult on site.

To support the farmers, this project focuses on harnessing a potential that is often unexploited - the large amount of biomass residues from coffee production and other agro-business sectors. Some of this waste is difficult to dispose of, and the possibilities for its valorization are little known in Peru.

Efforts to decarbonize the agricultural sector are now opening new opportunities for cooperatives. The coffee and cocoa farmers organized in cooperatives are already familiar with using agroforestry systems to remove CO₂ from the atmosphere (CO₂ sequestration). Another nature-based method for CO₂ sequestration is biochar, which is produced using pyrolysis technology. This technology is a thermal process and produces biochar and energy from biomass - the energy produced is then used for drying processes, the biochar is used as a soil enhancer and the CO₂ sequestration generates new revenue.

In this project, pyrolysis technology was adapted to suit Peruvian conditions. The focus was on a robust and easy-to-use technology in an industrial context. The adapted pyrolysis technology was brought to a local technology partner (Industria Yapango) in Peru. This knowledge transfer and the training of the workers to build such pyrolysis plants on their own was at the heart of the project. After the construction of several test plants, the final version was installed at a local cooperative and the employees were trained to operate the plant. Further training was designed for the application of the produced biochar, and it was conducted with coffee and Kakao farmers.

Central to this project was the collaboration and co-creation process for the optimal design and optimization of the plant to better meet local needs. It is hoped that this will create better conditions for immediate adoption in case of a technology transfer and that scaling will take place more quickly. In addition, the manufacturer will be empowered to adapt the plant more easily and independently. A pyrolysis plant is now installed in a local cooperative, its workers can operate it, the farmers can apply the biochar correctly, and they know about the benefits.

The next step is to gain experience in operating the plant and at the same time to aim for regional sales of biochar. Another step will be to sell the CO₂ certificates on the market or directly in the value chain of international companies. The manufacturer Industria Yapango is planning to sell further pyrolysis plants in the region, for which several interested parties have already been identified. There is also the potential for national as well as Latin American cooperation, as the robust and simple technology has already garnered international interest.

Film: Illustration of what has been achieved in a documentary short film on YouTube: https://youtu.be/BMM_ucdE4MI

3. Ausgangslage

Mehrere Faktoren erzeugen in Peru einen grossen Druck auf die Bauern und ihre Familien. Diese Faktoren werden im Folgenden kurz beschrieben.

- **Kaffeetrocknung:** Der Roh-Kaffee (Pergamino-Cafe) kann nur zu einem fairen Preis verkauft werden, wenn er höchstens 12% Wassergehalt aufweist. Dieser tiefe Feuchtigkeitsgehalt kann entweder durch die traditionelle Sontrocknung oder mit einer mechanischen Trocknungsanlage erreicht werden. In Peru wird die Trocknung meist mit mechanischen Trocknungsanlagen durchgeführt, wofür Energie (v.a. Brennstoff) benötigt wird.
- **Hoher oder steigender Düngerbedarf:** Der Kaffee- und Kakao-Anbau hat einen grossen Bedarf an Düngemitteln. Durch den hohen Säuregehalt der Böden müssen diese mit der Düngung zusätzlich gekalkt werden. Der Kunstdüngerbedarf kostet bis zu 1'000 US\$/ha und Jahr in Peru. Da die Ernterückstände keinen guten Kompost ergeben, verliert der Boden an Kohlenstoff und verarmt. Dadurch nimmt auch die Wasser- und wiederum die Düngerhaltekapazität weiter ab.
- **Abfallminimierung:** Es gibt eine grosse Menge an nährstoffreichen Biomasseabfällen bei der Kaffeeproduktion, die kaum genutzt werden und oft ein Problem für die Bauern darstellen.
- **Klimawandel:** Es wird erwartet, dass Folgen des Klimawandels einen starken Einfluss auf die Kaffeebauern in Peru haben werden. Die Handelskammer «Camara Peruana del Café y Kakao» befürchtet, dass bis 2030 zwischen 13% und 40% der Anbaufläche nicht mehr für die Produktion von Kaffee verwendet werden können.

Diese Faktoren hatten sich vom Projektantrag bis zum Start des Projekts weiter verstärkt. Die Ausgangslage zeigt die wichtigsten Ansatzpunkte für die Stärkung der Kaffee- und Kakao-Bauern in Peru auf. Die Einkommen der Bauern müssen gestärkt werden, was primär über eine gesteigerte Produktivität und Qualität geschehen kann.



Abbildung 1: Bioabfälle der Kaffeeproduktion (Parchment / Haut der Kaffeekirsche)

4. Ziele

In einem von REPIC geförderten Vorgängerprojekt wurde die Pyrolyse-Technologie erfolgreich nach Vietnam exportiert. Bis zum Projektstart wurde die Pyrolyse-Technologie jedoch nur basierend auf trockener Pulpe angewandt. Ziel dieses Projekts ist die Anpassung der Technologie für nasse Pulpe, ein Down-Scaling der Anlage für Kleinbauern in den Anden und die Verankerung der Pyrolyse-Technologie und Nutzung von Pflanzenkohle in Peru als Beitrag zum Erreichen der globalen Klimaschutzziele. Diese drei ursprünglichen Ziele des Projekts sind im Folgenden genauer beschrieben:

- **Ziel 1: Anpassung an den Nassprozess: Technische Anpassung der Pyrolyse-Technologie für nasse Pulpe**

Im Gegensatz zum Robusta Coffee wird beim Arabica Coffee in Peru nicht die ganze Kaffeekirsche, sondern nur die Bohne getrocknet. Somit fällt das Fruchtfleisch der Kaffeekirsche - die Pulpe - nicht mit 12% sondern mit einem Wassergehalt von rund 82% an. Dieses grundlegend verschiedene Verfahren hat auch Auswirkungen auf den ganzen Prozess (benötigte Leistung, Einbau Wärmetauscher, Anpassung Trockenzeit)

- **Ziel 2: Adaption vor Ort (Down-Scaling)**

Die Anlage muss für den peruanischen Markt etwa drei bis vier Mal kleiner dimensioniert werden als in Vietnam (down-scaling). Dies da die Bauern in Peru sehr kleine Flächen besitzen.

- **Ziel 3: Pilot Implementierung und Netzwerkarbeit für eine erfolgreiche Einführung und den Aufbau eines peruanischen Marktes.**

Anhand eines Imports einer gesamten Anlage oder anhand eines Teilimports von Maschinenteilen soll eine Anlage erfolgreich in Peru implementiert werden. Zudem erfolgt ein Wissenstransfer mit Schulungen der Bauern vor Ort und ggf. Etablierung der Technik im Markt vor Ort.

5. Projektreview

5.1 Umsetzung des Projekts

Eine Übersicht der wichtigsten Partner sowie deren Kompetenzen und Zuständigkeit sind in der Tabelle 1 unten aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht der Partner im Projekt

Partner	Kompetenz und Zuständigkeit
dss+ (ex Sofies)	<ul style="list-style-type: none"> • Identifizieren von Bedürfnissen und Machbarkeiten • Entwicklung von Business Cases • Stakeholder Engagement
Ökozentrum Langenbruck / Generation Carbon	<ul style="list-style-type: none"> • Wissenstransfer der Pyrolyse-Technologie • Weiterentwicklung und Anpassung der Technologie an lokale Bedürfnisse
Viet Hien Ltd (Vietnam)	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenarbeit beim Testen von Anpassungsmöglichkeiten in Vietnam
Industria Yapango (vor Ort)	<ul style="list-style-type: none"> • Regionale Herstellung der Technologie in Peru • Kommunikation und Koordination mit relevanten Kunden
APPKAKAO (Kooperative vor Ort)	<ul style="list-style-type: none"> • Organisation der Zusammenarbeit mit interessierten Nutzern vor Ort • Wissenstransfer in der Kooperative und Förderung von technologischen Innovationen
Norandino (vor Ort)	<ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Pyrolyseanlage Anwendung der Pflanzenkohle in der Produktion (Kaffee, Kakao und Reis)
Husk (Spanien)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung von Schulungsunterlagen • Durchführung der Schulungs-Workshops vor Ort

Überblick der wichtigsten Projektschritte in chronologischer Reihenfolge

Das Projekt startete zu Beginn des Jahres 2018 und dauerte bis im Q3 2022 (Verzögerung durch Pandemiejahre). Die zentralen Etappen und Projektschritte sind im Folgenden in chronologischer Reihenfolge aufgeführt.

Q1 2018 – Q1 2020: Kick-Off und Anpassung der Pyrolyse-Technologie an den Nassprozess

- Der Kick-Off Event fand in der Schweizer Botschaft in Lima statt. Das Projekt wurde präsentiert mit dem Ziel, das Interesse lokaler Stakeholder in Peru zu wecken.
- Mit der aus einem Vorgängerprojekt vorhandenen Pyrolyse-Anlage in Vietnam wurden verschiedene Tests zur Anpassung der Technologie an den Nassprozess durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass eine Vortrocknung der Kaffeepulpe vernünftig lösbar ist.



Abbildung 3: Kick-Off Event in der Schweizer Botschaft in Lima



Abbildung 2: Zusammenarbeit mit Industria Yapango

Q2 2020 – Q4 2021: Anpassung der Technologie auf lokale Bedürfnisse, Ausarbeitung des Geschäftsmodells

- Aufgrund von Erkenntnissen vor Ort in Peru wurde von den Projektpartnern entschieden, bei der Pilotanlage keine nasse Pulpe zu verwenden. Als Biomasse wird stattdessen trockene Kaffeehaut genutzt.
- Der Import einer Pyrolyse-Anlage aus Vietnam wurde mit der Herstellung in Peru verglichen und es wurde entschieden, die Anlage in Peru zusammen mit einem lokalen Hersteller zu bauen.
- Zusätzlich wurde das Geschäftsmodell für die Pflanzenkohleproduktion ausgearbeitet.

Q3 2021 – Q2 2022: Testbetrieb beim Hersteller, Demonstration für Kunde,

- Die Covid-Pandemie erschwerte den Technologietransfer nach Peru. Für das Projektteam war es fast ein Jahr lang nicht möglich, nach Peru zu reisen. Der Technologietransfer wurde deshalb über neue Kommunikationswege wie Whatsapp oder Zoom weitergeführt.
- Gemeinsam mit Industria Yapango wurde das Ursprungsdesign der Pyrolyse-Anlage per Co-Creation weiterentwickelt und weiter an die lokalen Bedürfnisse angepasst.
- Die Pyrolyse-Anlage wurde gebaut und getestet. Sie konnte jedoch noch nicht an den Kunden übergeben werden und es wurde eine zusätzliche Verfeinerung angestrebt.

Q1 2022 – Q3 2022: Übergabe der Pyrolyse-Anlage, inkl. Schulungen

- Die Pyrolyse aus der Schweiz konnte durch die Verbindung mit dem Brenner aus Peru optimal auf die lokalen Bedürfnisse angepasst werden.

- Die Anlage wurde neu geplant, gebaut und getestet. Zu Beginn des Jahres 2022 konnte dann die Anlage präsentiert und übergeben werden.
- Die Anlage wurde bei Norandino installiert und Schulungen wurden durchgeführt.
- Eine Pflanzenkohle-Probe wurde getestet und es wurde bestätigt, dass der Prozess sehr saubere Pflanzenkohle erzeugt.
- Wichtige Dokumentationen wurden fertiggestellt. Dies umfasste eine Bedienungsanleitung, weitere Dokumentationen mit Graphiken, Fotos und dem Beschrieb der Anlage sowie eine technische Dokumentation.



Abbildung 4: Finale Version der installierten Pyrolyse-Maschine PPV300



Abbildung 5: Schulungen an der Pyrolyse-Maschine

Anpassung der Ziele im Projektverlauf

Aufgrund von Erkenntnissen vor Ort wurde von den Projektpartnern entschieden, bei der Pilotanlage keine nasse Pulpe zu verwenden. Als Biomasse wird stattdessen trockene Kaffeehaut (Coffee Parchment) genutzt. Dieser Entscheid basiert auf den folgenden Punkten:

- **Nachfrage nach organischem Kaffee bedingt auch eine angepasste Düngung:**
Der Markt verlangt auch in Peru vermehrt nach biologisch angebautem Kaffee. Eine der grossen Herausforderungen beim Anbau von biologischem Kaffee ist die Düngung und der Kauf von organischem Dünger. Aus diesem Grund sollte die nasse Pulpe kompostiert werden und andere Biomasse für die Pyrolyse verwendet werden. Der Kompost kann dann mit Pflanzenkohle ergänzt werden, um ein qualitativ noch besseres Produkt herzustellen.
- **Veränderte Bedürfnisse: Kaffeeabfälle zur Lösung vom Problem von Schwermetallen in der Kakao-Produktion**
Die Verwendung von Pflanzenkohle adressiert auch aktuelle Herausforderungen in der Kakao-Produktion. In der Europäischen Union gelten für den Import von Kakao-Bohnen neu strikte Cadmium-Grenzwerte, was den Export von Kakao der APPKAKAO-Kooperative gefährdet. In den von der Kooperative genutzten Böden hat es hohe Cadmium-Konzentrationen und dieses natürlich vorkommende Schwermetall gelangt über die Pflanze in die Kakao-Bohnen. Erste Feldversuche haben gezeigt, dass eine Mischung von Kompost mit Pflanzenkohle das Cadmium im Boden binden kann und diese Erkenntnisse wurden für die Kakao-Kooperative APPKAKAO zum entscheidenden Faktor für die Investition in eine Pyrolyseanlage. Aus diesem Grund werden die pyrolysierten Kaffeeschalen nun prioritär im Cacao Sektor genutzt, inwiefern die Anwendung auch im Kaffeesektor erfolgt, wird sich zeigen müssen.
- **Sensibilisierung für Pflanzenkohle soll mit tiefen Investitionen und wenig komplexen Anlagen erfolgen:**

Damit die Pyrolyse-Technologie und Pflanzenkohle in Peru Fuss fassen können, ist es sinnvoller, bei der Komplexität der Anlage schrittweise vorzugehen und zuerst mit einem einfachen, günstigeren System zu beginnen. Erst wenn die Betreiber erste Erfahrungen gemacht haben, soll dann in einem zweiten Schritt auch das «Nasse Pulpe Problem» angegangen werden.

5.2 Zielerreichung und Resultate

- **Ziel 1: Anpassung an den Nassprozess: Technische Anpassung der Pyrolyse-Technologie für nasse Pulpe und das wet processing**

Dieses Ziel wurde zwar erfolgreich umgesetzt und getestet – mit umfangreichen Messungen an einer existierenden Anlage in Vietnam. D.h. mechanisch kann die sehr nasse Kaffeepulpe gut auf unter 70% Wassergehalt abgepresst werden. Es kann auch die eigene Abwärme der Pyrolyse verwendet werden, um die Kaffee-Pulpe von 70 auf 22% Wassergehalt zu trocknen. In diesem Fall wird die Pyrolyse mit 22% Wassergehalt Kaffee-Pulpe durchgeführt und mit dem eigenen Energieüberschuss wird die Biomasse von 70 auf 22% Wassergehalt getrocknet.

Das Ziel wurde erreicht, indem gezeigt werden konnte, dass es technisch geht, aber die Anwendung verworfen. Diesbezüglich ist es am effizientesten, wenn Trocknung und Pyrolyse strikt getrennt werden, um andere Vorteile zu erhalten und eine kleine, kompakte, sichere Anlage zu haben. Die Weiterentwicklung der Technologie fokussierte sich somit auf Aspekte, die sich aus den lokalen Bedürfnissen ergaben und in Ziel 2 näher beschrieben sind. Es wird erwartet, dass die neuen Vorteile die internationale Verbreitung begünstigen können. Beispielsweise ist die neue Technologie eine gute Option für Landwirte, die ähnliche Trocknungssysteme betreiben oder deren zur Verfügung stehende Biomasse feines Material ist.

- **Ziel 2: Adaptionen vor Ort – kürzere Start- und Stopp-Zeiten, feineres Material, kein Flüssiggas zum Starten, Anpassung an bestehendes Design der Warmluft-Generatoren:**

- Durch einen kleineren Reaktor, der nur ziemlich trockenes Material (0 bis 25% Wassergehalt) verarbeiten kann und soll, sowie die neue Generator Carbon Technologie, sowie den Wegfall der dicken Ofenmauerung kann die Pyrolyse in wenigen Minuten gestartet und in quasi null Minuten gestoppt werden, weshalb auch ein Stromausfall absolut ohne Konsequenzen ist.
- Durch die neue Generator Carbon Technologie – also den Umstieg vom Festbettreaktor auf einen bewegten, ansteigenden Reaktor – kann viel feineres Material verarbeitet werden ohne die Gefahr der «Nesterbildung», d.h. ungleichmässige Verkohlung. Gleichzeitig steigt noch einmal die Fail-Safe-Qualität – Flüssiges und Gasförmiges geht unten weg, die saubere Kohle oben – eine Re-Kontamination nach Stillstand oder zu tiefen Prozesstemperaturen kann nicht mehr stattfinden.
- Durch den Wunsch der Kunden, die Anlagen ähnlich zu betreiben wie die bereits erfolgreichen Warmluftherzeuger für die Fine-Food-Kakao-Trockner (mit sehr genauem Temperaturband von 56 +/- 4°C) mit Biomasse-Staubfeuerung und nach ein oder zwei Schichten abends schnell abzuschalten, konnte nicht mehr der FLOX-Brenner mit schwerer Mauerung eingesetzt werden. Dadurch entstanden neue Vorteile, dass auch nicht mit Flüssiggas, sondern mit Biomasse angefeuert und das bestehende Trockner-Design weiterverwendet werden kann. Die geringfügig verminderte Verbrennungsqualität und die Zufeuerung mit Biomasse-Staub werden aber wettgemacht durch den Zyklonabscheider als Teil des Wärmetauschers, welcher nach der Brennkammer nachgeschaltet ist in allen Modellen.

Insgesamt wurden alle Erwartungen übertroffen. Der Kunde ist sehr zufrieden und die Anlagen laufen sehr sauber. Der Abgasstrom ist unsichtbar.

- **Ziel 3: Pilot Implementierung und Netzwerkarbeit für eine erfolgreiche Einführung und den Aufbau eines peruanischen Marktes**

Die aus der Kaffeehaut produzierte Pflanzenkohle kann beim Anbau verschiedenster Agrarprodukte nutzbringend eingesetzt werden wie beispielsweise beim Kaffee-, Kakao oder Reisanbau. Die Implementierung und Verbreitung/Replikation wurde stark beschleunigt durch den besonders dringenden Handlungsbedarf der Kakao-Produzenten und die Forschungsarbeiten durch die Universität Austin TX, welche zeigten, dass sich mit Pflanzenkohle einfach und effektiv die Aufnahme von giftigem Cadmium aus dem Boden in die Kakao-Pflanze und -Frucht massiv reduziert oder beinahe gestoppt werden kann. Im Gegensatz zu den anderen Umwelt- und Klimanutzen, sowie betrieblichen Vorteilen von Pflanzenkohle und Pyrolyse war dieser Punkt nicht nur «nice to have», sondern «to be or not to be» - also existenziell für den zukünftigen Export von Kakao nach Europa.



Abbildung 7: Testbetrieb des zweiten Prototypen (gewähltes Design) beim Hersteller in Jaen mit Martin Schmid



Abbildung 6: Pflanzenkohle produziert aus der Kaffeehaut (Parchment/Silver Skin)

5.3 Vorbereitung der Multiplikation / Replikation

Welche vorbereitenden Arbeiten für die Multiplikation und Replikation wurden im Rahmen des Projekts durchgeführt?

Seit Beginn des Projekts wurde am Netzwerkaufbau gearbeitet. Diese Aktivitäten hatten zum Ziel, mit lokalen PartnerInnen die vielen Vorteile der Pyrolyse-Technologie und der Pflanzenkohle bekannt zu machen. Es wurden zudem im Verlauf des Projekts mehrere Unterlagen für den Stakeholder-Dialog erstellt, welche die Multiplikation und Replikation der Pflanzenkohleproduktion unterstützen werden. Des Weiteren konnten die folgenden Partnerschaften vertieft werden:

- Zusammenarbeit mit der internationalen Organisation Helvetas und mit den Forschungsinstituten für biologischen Landbau (FiBL) in Bezug auf die Integrierung von Pyrolyse und Pflanzenkohle in weitere Projekte im Kakao- und Bananensektors.
- Zusammenarbeit mit First Climate für den Verkauf von CO₂-Zertifikaten.

Aufgrund der Covid-Pandemie konnten nur wenige Anlässe vor Ort stattfinden. Aus diesem Grund wurde entschieden, ein Kurzfilm zu drehen, der die Anwendung der Pflanzenkohle sowie deren Nutzen auf verständliche Weise darstellt und mit dem direkten Einblick Interesse wecken kann. Dieser Film kann auch nach dem Projekt weiterhin möglichen Interessenten gezeigt werden.

Film (Teaser):

Englisch: https://youtu.be/BMM_ucdE4MI

Spanisch: <https://youtu.be/tyyijMT6Lco>



5.4 Wirkung / Nachhaltigkeit

Die für Peru angepasste Technologie ist im Vergleich zur Technologie vom Vorprojekt günstiger, robuster und bedienungsfreundlicher. Während dem Projekt wurden bereits weitere Interessenten identifiziert, für welche der Maschinenbauer Industria Yapango weitere Pyrolyse-Anlagen produzieren kann. Wichtig für die Umsetzung sind auch Risiko und finanzielle Faktoren. Bereits bestehende und 1000-fach in Peru erprobte Biomassebrenner können mit der Pyrolysebrenner erweitert werden. Es muss also nicht eine neue Anlage gekauft werden und dadurch sind die zusätzlichen Investitionen überschaubar. Erfolgreiche Innovationen sind auch immer eine Risikobetrachtung. Dieses System ist risikorobust. Falls der Pyrolysereaktor nicht optimal läuft, kann der Brenner auch mit konventioneller Biomasse betrieben/ergänzt werden, um die nötige Energie bereitzustellen. Die Trocknung kann weiterhin zu 100% garantiert werden.

Die Umsetzung des Projekts fördert die nachhaltige Entwicklung wie folgt:

- **Ökologische Aspekte:** In den vier Projektjahren hat die weltweite Anerkennung von Pflanzenkohle als CO₂-Senke enorm zugenommen. Neue Pflanzenkohle-Standards wurden erarbeitet (e.g. Verra), andere sind in Ausarbeitung (Gold Standard). Viele internationale Firmen haben sich zudem NetZero oder den SBTi verpflichtet, neben Agroforstbetrieben bietet Pflanzenkohle wohl das grösste Potenzial bei den Bauern. Pro Tonne Pflanzenkohle können zwischen 1.5-2.6t CO₂ sequestriert werden. Zudem können mit der Anwendung von Pflanzenkohle Verbesserungen bei der Bodenqualität erzielt werden.
- **Ökonomische Aspekte:** Die Inbetriebnahme der Pyrolyseanlage bietet nun Möglichkeiten für finanziell rentable Geschäftsmodelle. Die wichtigsten Einnahmequellen sind dabei einerseits der Verkauf der produzierten Pflanzenkohle und andererseits die Monetarisierung der CO₂-Sequestrierung mittels CO₂-Zertifikate.
- **Soziale Aspekte:** Durch die Installation der Pyrolyseanlage wurden neue Arbeitsplätze geschaffen. Während der Projektdauer wurden zudem mehrere Personen ausgebildet: Die Mitarbeiter von Industria Yapango wurden in der Fertigung der Pyrolyseanlagen ausgebildet, die Mitarbeiter der Kooperative im Betrieb der Anlage und die Bauern in der Anwendung der Pflanzenkohle.

Mit den Interessenten und den im Projekt erstellten ausführlichen Dokumentationen wurde die Grundlage für eine nationale Ausweitung der Maschinenproduktion gelegt. Die installierte Anlage in Peru ist ein Vorzeigeprojekt für Lateinamerika und mit diesem Vorzeigeeffekt sehen wir grosse Chancen für weitere Technologietransfers. Weitere Projekte basieren auf derselben Technologie und können von diesem Projekt profitieren:

- ZHAW: Green!Tea: Renewable Energy for the Vietnamese tea sector, Vietnam
- Nespresso Brasil: Biochar Production in Minas Gerais
- FiBL: Recovery of palm oil production residues by composting, Elfenbeinküste
- Pakka Foundation: Cashew-Pyro-Power, Kolumbien
- Zudem führt das Projektteam weitere Projekte in Nicaragua, Kolumbien durch, welche alle von den Erkenntnissen dieses Projektes profitieren.

Ökologisch	Einheit	Bei Abschluss REPIC Projekt
Installierte Leistung erneuerbar	[kW]	80
Produzierte erneuerbare Energie	[kWh]/a	76'800
Eingesparte fossile Energie	[kWh]/a	-
Reduktion Treibhausgas	[t CO ₂ -eq] /a	900
Abfall neu gesammelt & getrennt	[t]	
Abfall neu rezykliert	[t]	1433t/a
Ökonomisch		
Energiekosten (LCOE)	[Rp/kWh]	
Ausgelöste Drittmittel/Investitionen	[CHF]	12'000 per unit

Generierte lokale private Einkommen	[CHF]	12'000 per unit
Sozial		
Anzahl Nutzniesser	[Zahl]	360 Familien
Anzahl neue Arbeitsplätze	[Zahl]	3
Anzahl ausgebildete Personen	[Zahl]	10

6. Ausblick / weiteres Vorgehen

6.1 Multiplikation / Replikation

Zur Skalierung des Projekts, sprich weiteren Anlagen in der Region Piura, muss Norandino/APPKAKAO den regionalen Business Case weiter vorantreiben und verfeinern. Während die Herstellung der Pflanzenkohle zuverlässig läuft, steht insbesondere die Anwendung der Pflanzenkohle bei den Bauern im Zentrum. In Zusammenarbeit mit den Bauern sollten weitere begleitete Feldversuche durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Versuche würden Daten für die Stärkung des Geschäftsmodells erhoben werden. Die hergestellte Pflanzenkohle kann zukünftig auch an weitere Interessenten in der Region verkauft werden, wofür bereits verschiedene Absatzmärkte entsprechend aufgegleist wurden. Der lokale Preis für Pflanzenkohle liegt zurzeit bei umgerechnet ungefähr 240 Schweizer Franken.

In Hinblick auf die angestrebte Monetarisierung der CO₂-Sequestrierung ist für Norandino/APPKAKAO die Erstellung eines Validierungs- und Verifizierungskonzepts für Pflanzenkohle von zentraler Bedeutung. Für den erfolgreichen Nachweis der CO₂-Sequestrierung müssen bei der Pflanzenkohleproduktion und -anwendung bestimmte Qualitätsfaktoren erhoben werden und überprüfbar sein.

Für die Einnahmen durch die CO₂-Sequestrierung sieht das Projektteam ein grosses Potenzial in Verbindung mit der Science-Based Target Initiative (SBTi). Bei der SBTi stehen CO₂-Reduzierungen und -Beseitigungen in der eigenen Wertschöpfungskette im Vordergrund und es haben sich bereits viele Kaffee- und Kakao-Unternehmen entsprechende Reduktionsziele gesetzt.

Auf der Ebene von Industria Yapango als Maschinenbauer besteht der nächste Schritt darin, ein nachhaltiges Wachstum beim Verkauf von weiteren Pyrolyse-Anlagen zu erzielen. Einerseits gibt es bereits erste Interessenten in der Region und andererseits besteht die Möglichkeit von nationalen sowie lateinamerikanischen Kooperationen im Kaffee- und Kakao-Sektor. Durch die ursprünglich sehr regionale Ausrichtung von Industria Yapango wäre es hilfreich, wenn in der Anfangsphase zusätzliche Unterstützung gewährt wird, um weitere «Early Adopters» zu finden. Dies würde die grösste Herausforderung des Maschinenbauers adressieren und die erfolgreiche nationale und internationale Verbreitung gezielt fördern.

Für die erfolgreiche Multiplikation ist es essenziell, dass das Potenzial der Pflanzenkohle in möglichst vielen Stufen der Kaffee- und Kakao-Wertschöpfungskette erkannt wird. Für das Bekanntmachen dieses Potenzials wird der Nutzen der Pflanzenkohle zur CO₂-Sequestrierung und als Bodenverbesserer auf verschiedenen Ebenen den internationalen Kaffee- und Kakao-Unternehmen vorgetragen. Für das Wachstum des lokalen Maschinenbauers Industria Yapango muss bei der Vermittlung von weiteren Interessenten geholfen werden. Diese Unterstützung könnte durch das Projektteam geschehen, durch lokale Organisationen (Helvetas, Solidaridad) oder auch durch internationale Firmen/organisationen (SwissKakaoPlatform, Nespresso, ECOM) zur Verfügung gestellt werden.

In der aktuellen Phase läuft die Produktion der Pflanzenkohle, doch es werden damit noch keine Einnahmen generiert, da die Pflanzenkohle zurzeit nur für den internen Gebrauch produziert und noch nicht auf dem Markt verkauft wird. Nun ist ein zuverlässiger Betrieb der Anlage unabdingbar, damit der Betreiber das langfristige Vertrauen beibehält und mit dem Pilotprojekt neue Kunden überzeugt werden können. Die grosse Hürde ist der Übergang von der defizitären Produktion mit der einen Pilotmaschine zu einer selbsttragenden und ultimativ profitablen effizienten Serienproduktion. Diese Hürde muss vom Maschinenbauer überwunden werden. Beim Maschinenproduzenten steht ein gesundes Wachstum im

Vordergrund, dies ist schwer kompatibel für ein schnelle Replikation. Zu empfehlen wäre z.B. weitere Maschinenbauern zu befähigen die Anlage zu bauen.

6.2 Erwartete Wirkung / Nachhaltigkeit

Die Wirkungen werden in verschiedenen Bereichen erwartet und sind im Folgenden beschrieben:

- **Ökologische Nachhaltigkeit:** Die Pflanzenkohle gilt als vielversprechende naturbasierte Lösung zur Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre. Es wird erwartet, dass wie in Abbildung 8 unten dargestellt, CO₂-Beseitigungstechnologien über die nächsten Jahre vermehrt an Relevanz gewinnen und entscheidend zum Erreichen von Netto-Null Emissionen beitragen werden. Ein zentraler Aspekt bei der Pflanzenkohle ist, dass sie neben der CO₂-Sequestrierung auch zur Bodenverbesserung beiträgt. Die Bauern in Peru stehen zudem durch die schlechte Bodenqualität aufgrund der sauren Böden und der Wasserknappheit sowie den Kosten durch den hohen Düngereinsatz unter Druck. Es wird erwartet, dass die Pflanzenkohle mittelfristig ein

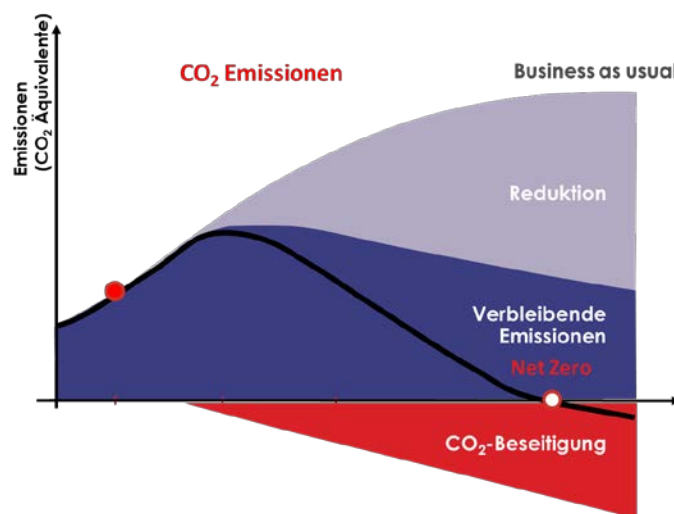


Abbildung 8: Übersicht Pfad zu Netto-Null Emissionen

wichtiges Puzzleteil für eine Kostenreduktion und ökologische Resilienz wird und somit für die Landwirte einen grossen Nutzen bringt.

- **Ökonomische Nachhaltigkeit:** Unternehmen im Kaffee- und Kakao-Sektor, die sich SBTi-Ziele gesetzt haben, müssen vermehrt Lösungen zur Emissionsminderung in der eigenen Wertschöpfungskette implementieren. Bei der Pflanzenkohle werden mit den Biomasseabfällen der Produktion pro Tonne insgesamt ca. 1.5-2.6 Tonnen CO₂ sequestriert. Mittelfristig können mit den Einnahmen durch den Verkauf von CO₂-Zertifikaten die Produzenten und Bauern gestärkt werden. Der Preis von CO₂-Zertifikaten liegt bei ca. 60-100 CHF pro Tonne CO₂. Die zurzeit schlechte Bodenqualität geht einher mit hohen Kosten für den Düngereinsatz. Es wird erwartet, dass eine Verbesserung der Bodenqualität durch die Pflanzenkohle durch einen verminderten Düngereinsatz zu Kostenreduktionen für die Bauern führen wird.
- **Soziale Nachhaltigkeit:** Es wird erwartet, dass neben der nationalen Multiplikation die entwickelte Technologie auch in anderen Ländern umgesetzt werden kann. Diese Verbreitung würde die Anzahl Nutzniesser vervielfachen und neue Arbeitsplätze schaffen. Zudem würde das Wissen für den Bau und den Betrieb der Pyrolyseanlagen an weitere Personen weitergegeben werden.

7. Lessons Learned / Fazit

Das Projekt hat gezeigt, dass Flexibilität und Anpassungsfähigkeit beim Technologietransfer und die richtigen Kooperationspartner für den Erfolg des Projekts ausschlaggebend waren. Beim Technologietransfer führte der Co-Creation Ansatz zum Erfolg. Dieser verlangte eine gewisse Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sowohl beim lokalen Bauern als auch bei den Schweizer Experten im Anlagebau. Im Prozess gab es mehrere Iterationen, wobei erst die Anpassung der Pyrolyse-Technologie auf die bereits lokal vorhandene Brennertechnologie den entscheidenden Fortschritt brachte.

Die Zusammenarbeit mit den richtigen lokalen Partnern hat sich in verschiedenen Bereichen als ausschlaggebender Faktor erwiesen. Zuerst brauchte es viel Zeit und Geduld, einen geeigneten und motivierten Maschinenbauer zu finden. Der ursprünglich eingeplante Maschinenbauer musste sogar ausgetauscht werden, da keine produktive Zusammenarbeit entstand. Des Weiteren ist aufgefallen, dass Maschinenbauer, welche Anlagen für den Kaffeeprozess produzieren, oft sehr regional verankert sind. Um einen nationalen Verkauf von Pyrolyse-Anlagen durch die Zusammenarbeit mit einem Maschinenbauer erreichen zu können, muss somit ein Wachstum vom lokalen Unternehmen zu einem nationalen Unternehmen begleitet und unterstützt werden können. Als dritter essenzieller Faktor in Bezug auf die Wahl des Maschinenbauers erwies sich das Vertrauen der Kooperative in den bestehenden Maschinenbauer.

Eine gute Planung mit den verschiedenen Projektpartnern bildet die Grundlage für das Projekt. Für den Projektverlauf empfehlen wir, neue Erkenntnisse vor Ort stets wieder in die Planung einfließen zu lassen und zu hinterfragen, ob das ursprünglich geplante Vorgehen weiterhin die beste Lösung ist. Dabei ist es entscheidend, den engen Austausch mit den involvierten Parteien vor Ort zu suchen, um die lokalen Bedürfnisse besser zu verstehen.

Aufgrund der Covid-Pandemie war es für das Projektteam längere Zeit nicht möglich, nach Peru zu reisen. Deshalb wurden für den Technologietransfer neue Kommunikationswege wie Whatsapp oder Zoom genutzt. Einerseits war dies sehr bereichernd, da ein reger und direkter Austausch stattfand, aber auf der anderen Seite waren die Resultate dann bei der Ankunft bedingt zufriedenstellend. Insgesamt hatten wir das Glück, mit Industria Yapango einen interessierten Partner zu finden, mit welchem wir die Pyrolyse-Anlage optimal an die lokalen Bedürfnisse anpassen konnten.

8. Anhang

Falls vorhanden: Berichte, Presseartikel, Broschüren, Testergebnisse etc.
EBC-PAK16-Test der Kohle «sehr gut»