



Universität Trier



Interreg 
Grande Région | Großregion
CO2REDRES
Fonds européen de développement régional | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



CO2REDRES

Road Trip und Workshop

Bericht

2 – 6 Mai 2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	2
2. Road Trip Programm	3
3. Beschreibung der besuchten Orte	5
3.1. Universität Lüttich	5
3.2. Tradecowall (Recynam)	7
3.3. Universität Trier	9
3.4. Rech Kies-GmbH	10
3.5. Carrière Feidt	12
3.6. Universität Lothringen	13
3.7. Vicat	15
3.8. Universität Luxemburg	17
3.9. Hochöfen in Belval	19
4. Workshop	22
5. Schlussfolgerung	23

1. Einführung

Dieser Bericht konzentriert sich auf den Roadtrip von promovierten und postdoktorierenden Forschern der Universität Trier, der Universität Luxemburg, der Universität Lothringen und der Universität Lüttich im Rahmen des INTERREG-Projekts CO2REDRES.

Das Projekt besteht aus einer akademischen und einer industriellen Partnerschaft. Es umfasst vier Partneruniversitäten sowie 14 strategische Partner, die sich aus Unternehmen zusammensetzen, die Zement und Baustoffe in der Großregion herstellen. Die Partnerschaft entstand mit dem Ziel, ein gemeinsames Ziel zu erreichen: Kartierung von Abfällen und Nebenprodukten der Industrie, die als Zementersatz verwendet werden könnten, Untersuchung ihrer Eigenschaften und Erforschung, wie sie aktiviert werden können, um den CO₂-Fußabdruck der lokalen Industrie zu verringern.

Das allgemeine Ziel des Projekts besteht darin, die grenzüberschreitende Zusammenarbeit im Bereich der universitären Forschung und der unternehmensübergreifenden FuE zu stärken, um die Großregion zu einem Exzellenzgebiet im Bereich der alternativen Baumaterialien zu machen, die aus sekundären Ressourcen hergestellt werden, die bei ihrer Verarbeitung wenig CO₂ ausstoßen.

Das Projekt vereint die wichtigsten auf Baustoffe spezialisierten Forschungslabors der Großregion (Projektpartner) sowie Schlüsselakteure der Industrie in der Liefer- und Nutzungskette von Baustoffen in der Großregion (strategische Partner): Zuschlagstoffhersteller, Zementhersteller, Beton- und Mörtelhersteller, Hoch- und Tiefbauunternehmen... Die Tätigkeit dieses Konsortiums betrifft insbesondere die Untersuchung des Ersatzes von granulierter Hochofenschlacke und Flugasche, die Zement und Beton zugesetzt werden und historisch in der Großregion verfügbar waren, durch Produkte gleicher Qualität, die durch die Verarbeitung bestimmter mineralischer Sekundärressourcen der Großregion, die kaum verwertet werden, gewonnen werden, wobei die CO₂-Produktion im Vergleich zu Portlandklinker verringert wird.

Die Projektpartner sind Universitätslaboratorien, die unabhängig voneinander über anerkanntes Fachwissen und umfangreiche wissenschaftliche und personelle Ressourcen verfügen, die sich mit Baumaterialien befassen. Es ist ihre Komplementarität, die die Umsetzung des Projekts ermöglicht. Darüber hinaus entwickeln die Mitglieder der Arbeitsgruppe aufgrund ihrer jeweiligen Kompetenzen während der Projektdurchführung neue Erkenntnisse über alternative Materialien, die aus Abfällen hergestellt werden. Dies führt auch zu Überlegungen zur Zirkularität, die für diesen Tätigkeitsbereich typisch ist. An dem Projekt sind auch strategische Partner unterschiedlicher Größe (KMU, Industriekonzerne) beteiligt, die auf der Ebene der Großregion komplementäre Tätigkeiten ausüben. Dank des vielfältigen Austauschs und der gemeinsamen Nutzung der Ergebnisse während des Projekts fördern die Kenntnis ihrer gegenseitigen Praktiken, ihre eigene technologische Entwicklung und ihre Innovationsfähigkeit die Stärkung ihrer Wettbewerbsfähigkeit über das grenzüberschreitende Gebiet hinaus.

Das Living Lab, das einen Road Trip und einen Workshop umfasst, hat ein kommunikatives und pädagogisches Ziel. Während der Besuche in den Laboren der Partneruniversitäten sollten sich die Forscher mit der Instrumentierung, den technischen Möglichkeiten und den Methoden vertraut machen, die von jeder Universität verwendet werden, um zukünftige Kooperationen bewerten und planen zu können. Bei den Besuchen der Industrieanlagen sollten sie sich mit dem Verfahren zur Erzeugung und

Behandlung der im Projekt verwendeten Abfälle sowie mit den technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Barrieren vertraut machen, die mit ihrer Verwendung in der Zementproduktion verbunden sind.

2. Road Trip Programm

Der Road Trip fand während fünf Tagen statt, vom 2. bis zum 6. Mai 2022. Das Programm sah wie folgt aus:

Tag 1 (02/05/2022) Gastgebende Einrichtung - Universität Lüttich

08.30 Uhr - Abfahrt zur Universität Lüttich.

10.30 Uhr - Besichtigung der Labors der Universität Lüttich.

11.30 Uhr - Vorstellung der Projekte, die vom Laboratorium für Baumaterialien (LMC) durchgeführt wurden.

12.00 Uhr - Mittagessen.

13.30 Uhr - Abfahrt nach Recynam.

16.00 Uhr - Besuch bei Recynam: Tradecowall Sammel- und Recyclinganlage in Lives-sur-Meuse.

Tag 2 (03/05/2022) Gastgebende Einrichtung – Universität Trier

08.30 Uhr - Abfahrt zur Universität Trier.

11.00 Uhr - Besichtigung des Campus und des Geologielabors der Universität Trier.

12.00 Uhr - Mittagessen.

13.00 Uhr - Abfahrt nach Rech Kies-GmbH.

14.15 Uhr - Besuch der Steinbrüche von Rech Kies-GmbH.

15.15 Uhr - Abfahrt zu Feidt-Steinbrüchen.

16.00 Uhr - Besichtigung von Steinbruch und Steinbruchfabrik Feidt in der Eifel.

Tag 3 (04/05/2022) Gastgebende Einrichtung – Universität Lothringen

08.30 Uhr - Abfahrt zur Universität Lothringen.

12.00 Uhr - Mittagessen.

13.30 Uhr - Besuch des Jean Lamour Instituts der Universität Lothringen.

15.30 Uhr - Präsentationen der wissenschaftlichen Doktorandenforschung.

16.15 Uhr - Abfahrt zum Labor für Baumaterialien der Universität Lothringen.

16.45 Uhr - Besichtigung des Labors für Baumaterialien.

Tag 4 (05/05/2022) Gastgebende Einrichtung – Universität Lothringen

08.30 Uhr - Abfahrt zur Zementfabrik Vicat in Xeulley.

09.30 Uhr - Besichtigung der Vicat-Fabrik.

12.00 Uhr - Mittagessen.

13.30 Uhr - Abfahrt zur Universität Luxemburg.

Tag 5 (06/05/2022) Gastgebende Einrichtung – Universität Luxemburg

10.00 Uhr - Besichtigung der Hochöfen in Belval.

12.00 Uhr - Mittagessen.

13.30 Uhr - Besuch des Labors für Festkörperkonstruktionen der Universität Luxemburg.

15.00 Uhr - Workshop.

3. Beschreibung der besuchten Orte

3.1. Universität Lüttich



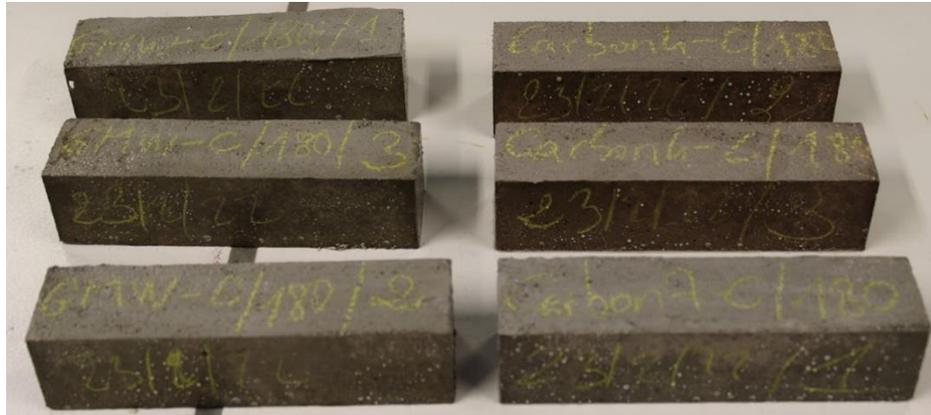
Campus Lüttich Sart Tilman der Universität Lüttich. Von links nach rechts: Prof. Luc Courard, Sinan Kaassamani, Ir. Gaspard Chantrain, Dr. Moussa Ka, Dr. Baptiste Luzu, Dr. Karlis Kukemilks, Suzanne Biber, Anna Tokareva.

Das CO2REDRES-Projektteam der Universität Lüttich arbeitet in den Labors der Forschungseinheit Urban and Environmental Engineering, die sich auf dem Campus Lüttich Sart Tilman befindet. Die Hauptpriorität der Forschungseinheit Urban and Environmental Engineering ist die Forschung für die Industrie. Die Forschung für das CO2REDRES-Projekt wird in zwei Labors der Einheit durchgeführt: Labor für Baumaterialien und Labor für die Verarbeitung und das Recycling von Mineralien.

Labor für Konstruktionsmaterialien

Das Labor für Baustoffe verfügt über die notwendige Ausrüstung zur Vorbereitung und Untersuchung der Eigenschaften von Rohstoffen sowie zur Prüfung von Proben von Beton, Mörtel und Zementpasten. Das Labor verfügt über folgende Abteilungen:

- Labor für die Messung der Oberflächenspannung und der kapillaren Sorption;
- Labor für granulometrische Analysen;
- Werkstatt für die Vorbereitung der Proben;
- Labor für chemische Analysen, Sättigung der Proben mit CO₂ und Messung des Penetrationsgrades von Chloriden;
- Labor für mechanische Prüfungen, einschließlich elastischer Proben;
- Prüflabor für die Dauerhaftigkeit von Beton.



Proben, die im Labor für Baumaterialien der Universität Lüttich mit den im Rahmen des CO2REDRES-Projekts untersuchten Materialien hergestellt wurden.

Neben CO2REDRES hat das Labor für Projekte geforscht wie:

- VALDEM: Integrierte Lösungen für die Verwertung von Materialströmen aus Abbrucharbeiten;
- SeRaMCo: Sekundärrohstoffe für Betonfertigteile;
- ECOLISER: Entwicklung von Öko-Bindemitteln für Bodenbehandlung, Abdichtung und Straßenbau;
- CONRePaD: Entwurf von Beton mit recycelten Zuschlägen mithilfe der Verdichtungsdichtemethode;
- CirMAP: Entwurf und Herstellung von 3D-gedrucktem Stadtmobiliar aus recyceltem Sand;
- CityRoof: Nachhaltige Entwicklung der bebauten Umwelt durch die Integration von Recyclingmaterial in Dachbegrünungen;
- Verbesserung der Wohnqualität von Lehmziegeln in Burkina Faso.

Labor für die Verarbeitung und Wiederverwertung von Mineralstoffen

Die Aktivitäten des Labors zielen auf die Entwicklung nachhaltiger und effizienter Verfahren zur Gewinnung von mineralischen Ressourcen aus verschiedenen Abfallarten ab, was zum Übergang der Gesellschaft zu einer Kreislaufwirtschaft beiträgt.

Das Labor ist an folgenden Forschungsprojekten beteiligt:

- Gewinnung und Vermarktung von Magneten für Motoren von Autos und Motorrollern;
- Herstellung von Kupferfolien aus recycelten Kabeln;
- Trennung von Akkumulatoren in ihre Bestandteile und Verwendung dieser Bestandteile für die Herstellung neuer Akkumulatoren;
- Trennung von Solarmodulen in ihre Bestandteile: Aluminium, Silber, Glas und Silizium;
- Gewinnung von Platin aus Auspuffrohren;
- Trennung von elektrischen Schaltkreisen in die konstituierenden Stoffe;

Darüber hinaus entwickelt das Labor einen Roboter für eine vollautomatische und effizientere Mülltrennung.

3.2. Tradecowall (Recynam)



Recynam - Recyclinganlage für Bau- und Abbruchabfälle in Lives-sur-Meuse.

Recynam, Teil der Tradecowall-Gruppe, ist das Vorbehandlungsunternehmen für Bau- und Abbruchabfälle, das diese Abfälle in recycelte Zuschlagstoffe und Sand umwandelt, die natürliche Ressourcen ersetzen können. Diese Produkte werden hauptsächlich beim Bau von Straßen und Gebäuden verwendet. Die Qualität der recycelten Gesteinskörnungen entspricht der CE2+ Zertifizierung. Die CE-Kennzeichnung ist eine gesetzlich vorgeschriebene Kennzeichnung für alle auf dem europäischen Markt in Verkehr gebrachten Bauzuschlagstoffe. Die Tradecowall-Gruppe verarbeitet 0,5 Megatonnen Inertabfälle pro Jahr. 0,1 Megatonnen davon werden von der Firma Recynam in Lives-sur-Meuse verarbeitet.

Recynam produziert drei Arten von recycelten Zuschlagstoffen: Betonzuschlagstoffe, Kohlenwasserstoffzuschlagstoffe und gemischte Zuschlagstoffe, die zu mindestens 70 % aus Beton und zu höchstens 30 % aus anderen Arten von inerten Abbruchabfällen (Terrakotta, Porzellan, Glas, ...) bestehen. Die CE2+ Zertifizierung erlaubt organische Einschlüsse (bis zu 1%) in den recycelten Granulaten.



Gemischte Granulate.

Nachdem die Bau- und Abbruchabfälle auf das Gelände gelangt sind, werden sie sortiert und von Metallschrott und anderen unerwünschten Elementen (Plastik, Stoff, Holz, ...) getrennt. Anschließend wird der Inertabfall zerkleinert und durchläuft mehrere Siebstufen, um sich in verschiedene Fraktionen zu trennen. Alle Mahl- und Siebanlagen sind auf dem Gelände platziert. Mehr als 90 % der eingehenden Abfälle werden für den Straßenbau und die Betonherstellung wiederverwertet. Derzeit ist eine Renovierung des Standorts geplant, um die Annahme von Inertabfällen zu vereinfachen.



Siebanlagen, die recycelte Gesteinskörnungen in verschiedene Fraktionen trennen.

3.3. Universität Trier



Der Turm der Träume und Wünsche, der vom Architekten François Valentiny entworfen wurde, ist ein Geschenk der Stadt Luxemburg an die Stadt Trier aus dem Jahr 2004. Der Turm befindet sich auf dem Petrisberg neben dem Universitätscampus.

An der Universität Trier wird die Forschung im Rahmen des CO2REDRES-Projekts von einem Team der Fakultät für Geologie durchgeführt. Die Labore der Fakultät verfügen über die notwendige Ausrüstung, um die Eigenschaften von Böden und Gesteinen zu untersuchen. Die Universität verfügt über ein Röntgendiffraktometer zur Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung von Materialien, Lichtmikroskope und ein Elektronenmikroskop zur Untersuchung ihrer Struktur sowie Geräte zur Untersuchung der Korngrößenverteilung und der mechanischen und chemischen Eigenschaften von Materialien.

3.4. Rech Kies-GmbH

Die Rech Kies-GmbH ist ein Unternehmen mit Sitz in der Eifel, das sich auf die Herstellung von Quarzkies und -sand sowie Zierkies und Reitsportsand spezialisiert hat. Das Unternehmen verfügt über Abbaustätten und Produktionsanlagen für Kies und Sand.

Der Kies wird in Abbaustätten in einer Tiefe von bis zu 10 Metern abgebaut. Der Boden in den oberen Schichten der Abbaustätten wird als Abraum (englisch: overburden) bezeichnet und besteht hauptsächlich aus Ton, der potenziell für die Keramikherstellung verwendet werden kann. Aufgrund der geografischen Entfernung der Keramikproduzenten hat dieses Material jedoch noch keine Anwendung gefunden, hat aber das Potenzial, in der Zementproduktion als zusätzliches Zementmaterial verwendet zu werden.

Der ausgehobene Kies wird zur Kiesaufbereitungsanlage transportiert, wo er mit Oberflächenwasser, welches in Regenperioden gespeichert wird, gewaschen und nach Größe sortiert wird. Infolge des Waschens entsteht ein Nebenprodukt: der Waschschlamm (englisch: Gravel Wash Mud). Der Waschschlamm wird im Becken gelagert und bildet eine feine Suspension, die viele Tonpartikel enthält, was ihn auch zu einem vielversprechenden Material für die Verwendung in der Zementindustrie als zusätzliches Zementmaterial macht.

Das Interesse der Rech Kies-GmbH am CO2REDRES-Projekt ist darauf zurückzuführen, dass der Umweltschutz ein wichtiger Teil der Firmenpolitik ist. Auf ihrem Gelände wurden Biotope und Teiche angelegt. Sie beherbergen ca. 140 Vogelarten und eine Vielzahl an Amphibienarten. Durch die Verwertung des Waschschlammes würden die Gebiete für die Schaffung neuer Naturgebiete vergrößert werden.



Steinbruch für den Abbau von Quarzkies in Landscheid. Die Schichten des toten Bodens haben unterschiedliche Farben, weil in den oberen Bodenschichten Eisenverbindungen vorhanden sind, die mit dem Wasser in die Tiefe dringen, aber von feinen Tonpartikeln zurückgehalten werden und nicht weitergehen.



Bildung von Waschschlamm: 1 - Regenwasserspeicherbecken; 2 - Kiesaufbereitungsanlage; 3 - Waschschlammfluss; 4 - Lagerbecken für Waschschlamm.

3.5. Carrière Feidt



Dolomitsteinbruch in Sülme.

Carrière Feidt ist ein luxemburgisches Unternehmen, das sich auf die Herstellung von Sand, Schotter und Natursteinen spezialisiert hat. Das Unternehmen verfügt über 7 Steinbrüche, von denen sich 6 in Luxemburg und 1 in Deutschland (Sülme, Eifelregion) befinden, bei dem es sich um einen Dolomitsteinbruch mit einem Werk zur Herstellung von Dolomitmikro- und -sand handelt.

Im oberen Teil des Steinbruchs wechseln sich Dolomitbänke mit dünnen Mergelschichten ab, was die Trennung der beiden Gesteine erschwert. In den unteren Schichten liegen dicke Dolomitablagerungen mit dünnen Mergelblättchen, die leichter zu trennen sind. Insgesamt macht das Abraummaterial 30-40 % der gesamten Extraktion aus. Dieses Material wird im Zuge des Abbaus der vorhandenen Ressourcen am Standort gelagert.

Nach dem Abbau gelangt der Dolomitstein in die Fabrik in der Nähe des Steinbruchs, wo er zerkleinert, durch Waschen mit Wasser unter Zusatz von Tensiden von Verunreinigungen befreit und durch Sieben nach Größe sortiert wird.

Abgesehen von der Erdkruste fallen auch andere Abfälle an, die bei der Herstellung von Dolomitgranulat nach dessen Reinigung von Verunreinigungen entstehen. Die Aufbereitung wird jedoch durch das Vorhandensein von organischen Tensiden erschwert.



Abfall, der nach der Reinigung von Dolomitgranulat entsteht.

3.6. Universität Lothringen



Innenhof des Gebäudes des Institut Jean Lamour, Université de Lorraine.

Das Institut Jean Lamour (IJL) ist ein Labor für Grundlagen- und angewandte Forschung im Bereich Materialwissenschaften und Verfahrenstechnik, das der Universität Lothringen und dem Centre national de la recherche scientifique (CNRS) gemeinsam unterstellt ist. Das Institut befindet sich in der Stadt Nancy.

Die Ausrüstung, über die die Labore des Instituts verfügen, ermöglicht die Untersuchung von Materialien von der Nano- bis zur halbindustriellen Skala. Die Forscher arbeiten in den Bereichen Materialien, Metallurgie, Plasma, Oberflächen, Nanowissenschaften und Elektronik eng mit der Industrie zusammen. Das Institut verfügt außerdem über eine DA μ M-"Röhre" (Ultrahochvakuumabscheidung und -analyse von Nanomaterialien), die ein führendes Werkzeug im Bereich der Nanowissenschaften und Nanomaterialien ist.

Für das CO2REDRES-Projekt verfügen die Laboratorien des Instituts über Elektronenmikroskope zur Untersuchung der Mikrostruktur der zu untersuchenden Materialien, mehrere Röntgendiffraktometer zur Untersuchung ihrer mineralogischen Zusammensetzung sowie eine Thermowaage zur Durchführung thermogravimetrischer Analysen, die mit einem Abgasanalysator verbunden ist, um die Umwandlungen zu analysieren, die beim Brennen der Materialien auftreten.



Hydraulische Presse zur Messung der Druckfestigkeit von Beton.

Darüber hinaus verfügt das am CO2REDRES-Projekt beteiligte Team Werkstoffe für das Bauwesen über eine Werkstatt zur Vorbereitung und Untersuchung der Eigenschaften von Baumaterialien. Die Werkstatt verfügt über hydraulische Pressen zur Untersuchung der mechanischen Materialeigenschaften, ein Mikrokalorimeter und ein semi-adiabatisches Kalorimeter zur Messung der Hydratationswärme von Zementpasten bzw. Mörteln sowie über Geräte zur Untersuchung der rheologischen Eigenschaften von Bindemitteln.

3.7. Vicat



Drehofen des Vicat-Zementwerks in Xeulley (Meurthe-et-Moselle).

Die Vicat-Gruppe verfügt über 20 Zementproduktionsstätten in 12 Ländern, die 28 Millionen Tonnen Zement pro Jahr herstellen. Das Werk in Xeulley wurde in den 70er Jahren gebaut (das Zementwerk wurde Anfang des 20. Jahrhunderts errichtet) und stellt Zement im Halbtrockenverfahren her. Das Besondere an dieser Methode ist, dass die Rohstoffmischung, bevor sie in den Drehofen zur Klinkerisierung gelangt, angefeuchtet und gekörnt wird. In der Nähe des Werks befindet sich ein Mergelsteinbruch, der neben Kalkstein auch für die Herstellung von Zementklinker als Rohstoff verwendet wird. Darüber hinaus verfügt das Zementwerk über eine Grube mit reinem Ton, der nach thermischer Aktivierung als Zementzusatz verwendet werden kann.

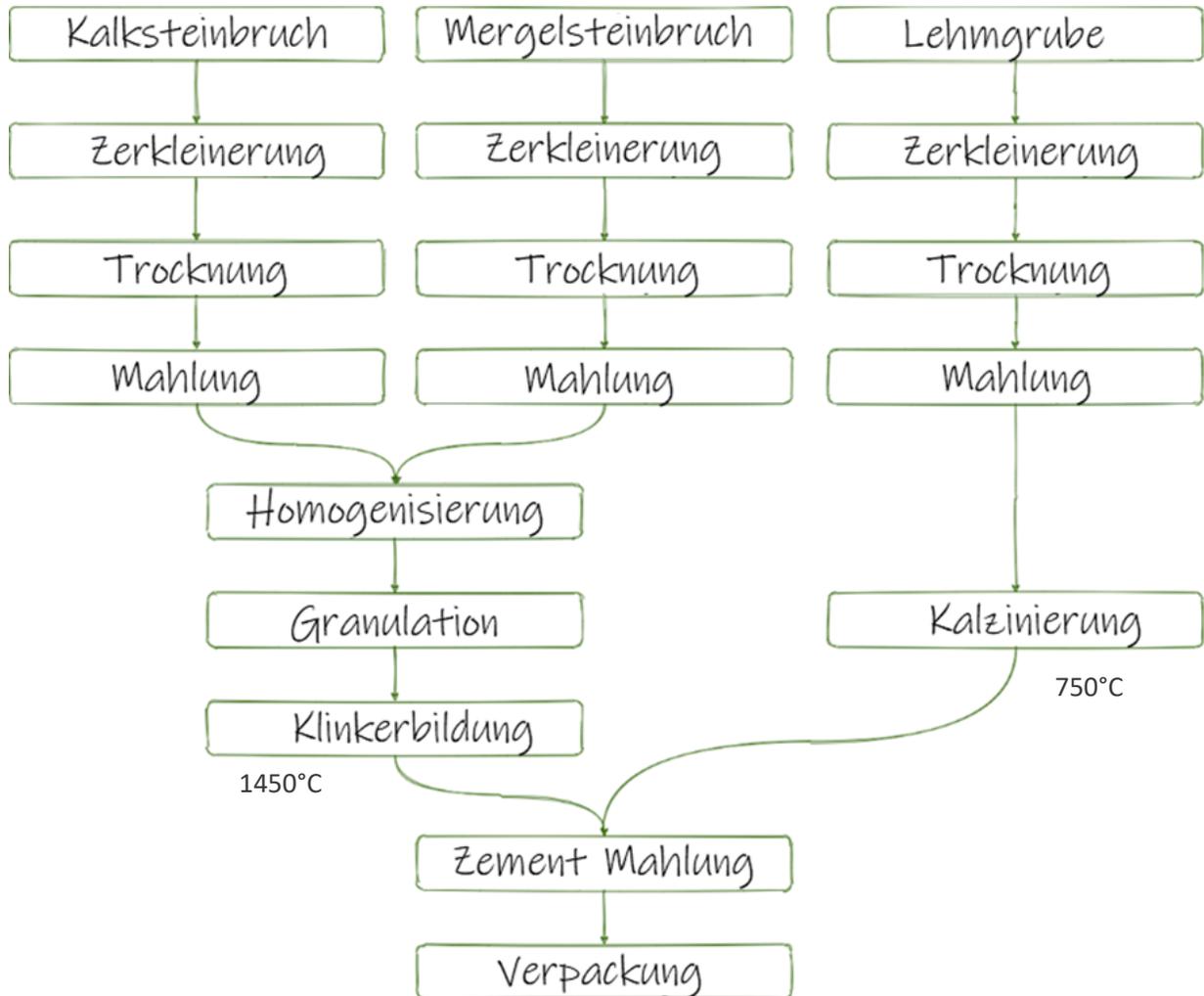
Die Herstellung von Zementklinker ist mit hohen CO₂-Emissionen verbunden. 60% davon entstehen durch die Dekarbonisierung von Kalkstein und Mergel beim Brennen bei 1450°C. Um die mit der Klinkerproduktion verbundenen CO₂-Emissionen zu senken, hat sich die Fabrik auf die Reduzierung des Klinkergehalts des Zements verlegt. Sie wird insbesondere ternäre Zemente des Typs CEM II C/M (Q/LL) herstellen, die wärmeaktivierten Ton und Kalksteinfüllstoff enthalten. Für die Aktivierung des Tons wird am Standort in Xeulley eine Kalzinierungsanlage gebaut, die im Frühjahr 2023 in Betrieb gehen soll.

Neben dem Projekt zur CO₂-Reduzierung hat die Zementfabrik in Xeulley bereits 80% der fossilen Brennstoffe (Kohle, Petrolkoks) durch alternative Brennstoffe (feste Brennstoffe aus der Wiederverwertung, Tiermehl, Holzspäne) ersetzt.

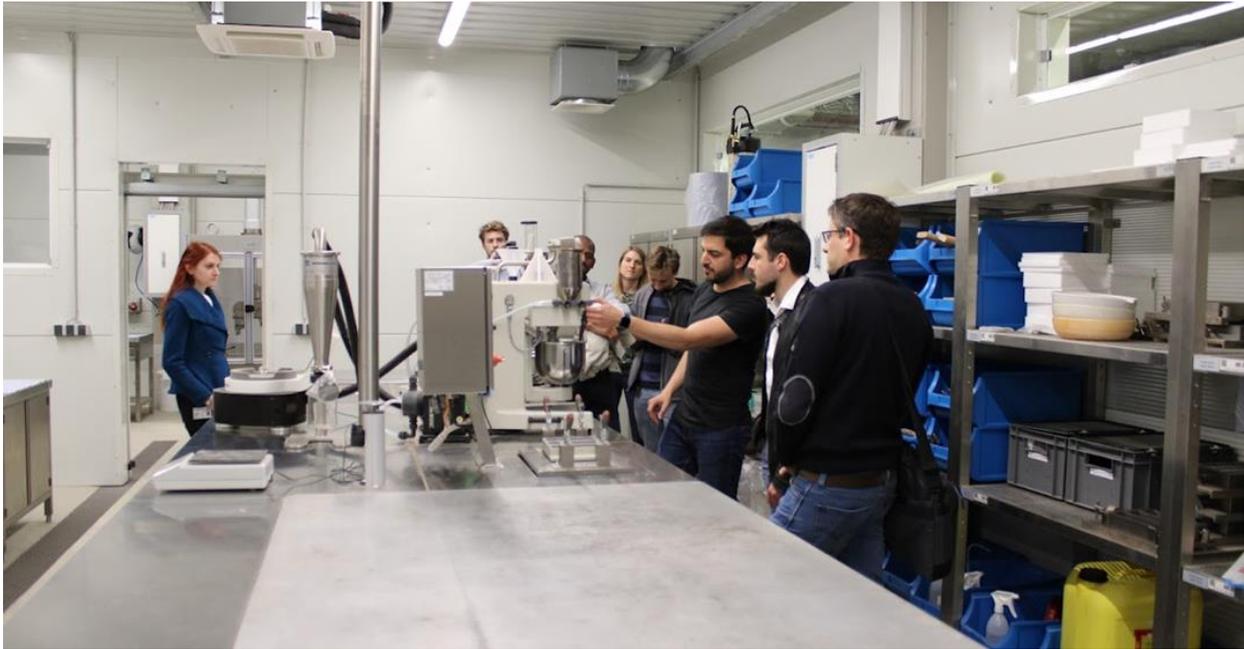


Um eine Verfärbung des Zements durch den gebrannten Ton, der das rote Eisenoxid enthält zu verhindern, durchläuft der Ton während des Brennens das Reduktionsverfahren.

Das folgende Schema zeigt die Herstellung von Zement im halbtrockenen Verfahren mit gebranntem Ton.



3.8. Universität Luxemburg



Labor für Festkörperkonstruktionen an der Universität Luxemburg.

An der Universität Luxemburg wird die Forschung des CO2REDRES-Projekts von einem Team der Abteilung für Ingenieurwesen der Fakultät für Naturwissenschaften, Technologie und Medizin durchgeführt. Die Forschung findet hauptsächlich im Labor für Festkörperkonstruktionen (Laboratoire des Constructions Solides) statt. Es ist ein neues Labor, das 2016 gebaut wurde und arbeitet in Kooperation mit Instituten und Industrien wie Ponts et Chaussées (Luxemburg), Arcelor Mittal (Luxemburg), Cimalux S.A. (Luxemburg), Echolux S.A. (Luxemburg), Miscanthus S.A. (Luxemburg) und Chaux de Contern (Luxemburg).

Die folgenden Tests und Analysen werden im Labor durchgeführt:

- Überwachung des Zustands von Strukturen,
- Zerstörungsfreie und experimentell-mechanische Bewertung von Strukturkomponenten,
- Strukturelle und dynamische Analyse,
- Strukturelle Zuverlässigkeit und Risikoanalyse,
- Analytische und experimentelle Probleme der Festkörpermechanik mit Schwerpunkt auf der Strukturdynamik,
- Finite-Elemente-Analyse von Beton- und Stahl-Beton-Verbundstrukturen,
- Fehleranalyse von technischen Materialien und Strukturen.
- Analyse der Kurz- und Langzeiteigenschaften von gemischtem Zement und Beton,
- Entwicklung von Materialien aus Industrieabfällen für strukturelle Anwendungen,
- Verstärkung und Sanierung von Strukturen,
- Verbundbau aus Stahl, Holz und Beton,
- Verbindung in der Verbundbauweise.

Für die Zwecke des CO2REDRES-Projekts verfügen die Laboratorien des Instituts über:

- Backenbrecher und Prallmühle;
- Muffelofen mit einer Heizgrenze von 1350 °C zum Kalzinieren von Materialien;
- Trockenkammer;
- Mischmaschinen;
- Rütteltisch zum Verdichten von Pasten-, Mörtel- und Betonproben;
- Vicat-Gerät zur Bestimmung der Konsistenz und Abbindezeit von Zementpasten;
- Hydraulische Pressen zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Proben;
- Klimakammer zur Bestimmung der Frostbeständigkeit der Proben und Gerät zur Messung der Schrumpfung.

3.9. Hochöfen in Belval

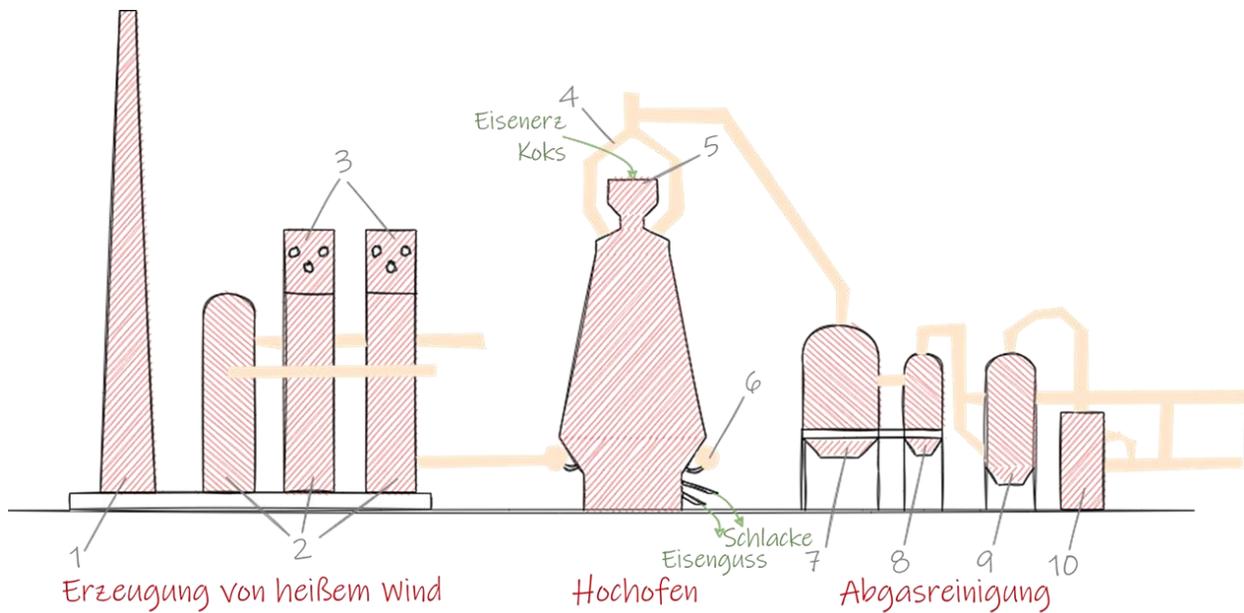


Blick auf die Cowpers (Wärmerückgewinnungsanlagen) und die Gasreinigung des Hochofens A in Belval.

Die Überreste der beiden Hochöfen stammen aus den Jahren 1965 bzw. 1970 und sind ein ehemaliges Industriegelände, das dem 1911 gegründeten luxemburgischen Stahlkonzern Arbed gehörte. Im Jahr 1997 stellte der letzte in Luxemburg betriebene Hochofen seine Produktion ein, nachdem er auf Elektrostahl umgestellt und elektrische Lichtbogenöfen gebaut worden waren. Im Jahr 2000 wurden die Hochöfen von Belval als Industriedenkmal in den städtischen Raum integriert und für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Ein Hochofen ist ein Verbrennungsofen, in dem chemische Reaktionen und die Reduktion von Eisenerz stattfinden, was zur Herstellung von Roheisen führt. Die Anlage eines Hochofens besteht aus vier Elementen:

- Der eigentliche Hochofen.
- Die Beschickungseinrichtung, mit deren Hilfe die aus Erzen und Koks bestehende Beschickung in den Hochofen eingebracht wird.
- Die Anlagen zur Erzeugung des heißen Windes (Cowpers).
- Die Gasreinigungsanlage, die die Nutzung der Hochofengase in industriellen Prozessen ermöglicht.



Allgemeines Schema der Anlage zur Herstellung von Roheisen: 1 - Schornstein; 2 - Cowpers; 3 - Wasserturm; 4 - Gasanschluss; 5 - Verladeausrüstung; 6 - Heißwindgürtel; 7 - Staubsack; 8 - Zyklon; 9 - Wäscher; 10 - Venturi.

Für die Zementindustrie war körnige Hochofenschlacke, die als Nebenprodukt bei der Roheisenproduktion anfällt, interessant. Schlacke ist ein Material, das hauptsächlich aus Gang-Eisenerz besteht (ein Gemisch aus mehrkomponentigen, nichtmetallischen Mineralstoffen). Granulierte Schlacke wird durch schnelles Abkühlen der geschmolzenen Schlacke gewonnen. Das Ergebnis ist ein glasartiges Material, das äußerlich wie Sand aussieht und hauptsächlich aus Oxiden von Kalzium, Silizium, Aluminium und Magnesium besteht. Fein gemahlene Hochofenschlacke hat, wenn sie mit Wasser vermischt wird, bindende Eigenschaften und reagiert auch mit dem Portlandzementklinker. Das macht sie zu einem wertvollen zusätzlichen Zementierungsmaterial, das den Klinkergehalt des Zements um bis zu 20 % senken kann.



Hochofen-Granulatschlacke.

Aufgrund der Entwicklung der Technologie zur Herstellung von Roheisen und Stahl wurden Hochöfen jedoch vor kurzem durch ressourceneffizientere Elektroöfen ersetzt, die die CO₂-Emissionen aus der Metallproduktion erheblich reduzieren sowie Schrott als Rohstoff verwenden können. In dieser Hinsicht ist die Produktion von Hochofenschlacke in der Europäischen Union nicht mehr in der Lage, die Zementindustrie mit zusätzlichen Zementmaterialien zu versorgen, und die Zementindustrie ist gezwungen, nach alternativen Materialien zu suchen, was zur Entstehung des CO2REDRES-Projekts führte.

4. Workshop

Die letzte Etappe des Road Trips war ein Workshop, der die Form eines Treffens von Forschern und Professoren hatte und in zwei Teile gegliedert war. Der erste Teil war den neuesten Forschungsergebnissen gewidmet; Vertreter der Forschungsteams jeder Universität stellten Fortschrittsberichte und Ergebnisse in Form von Folien vor. Im zweiten Teil wurde über eine mögliche Fortsetzung und Ausweitung des Projekts diskutiert. Das Protokoll der Sitzung befindet sich in Anhang A.



5. Schlussfolgerung

Durch den Road Trip konnten sich die Forscher des Projekts mit den Erfahrungen und technischen Möglichkeiten der einzelnen Partneruniversitäten vertraut machen, lernten sich besser kennen und tauschten Ideen zur Forschung aus. Es wurden Besuche bei vier strategischen Partnern sowie am Hochofen organisiert, wo die Forscher einige für ihre Forschung notwendige Fragen klären konnten, wie z. B. die Herkunft und Menge der Nebenprodukte, die für das Projekt verwendet wurden.

Außerdem konnten während des Workshops die neuesten Ergebnisse der Studie zum ersten Mal in Anwesenheit und nicht in Form einer Videokonferenz diskutiert werden. Darüber hinaus wurde mit der Ausarbeitung eines Plans für das zukünftige Projekt begonnen, das an das CO2REDRES-Projekt anknüpfen soll.

