

UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben

Ultraschallgestützte Produktion von Betonfertigteilen mit Vorzeigefunktion der Minderung von Umweltbelastungen und CO2-Emissionen durch Verzicht auf Wärmebehandlung und Einsatz

klinkerarmer Zemente

KfW-AZ: OSe4-003794

Zuwendungsempfänger/-in

MATTIG & LINDNER GmbH

Umweltbereich

(Abwasserbehandlung; Abfallvermeidung, -verwertung und -beseitigung; Circular Economy; Bodenschutz; Luftreinhaltung, Klimaschutz; Minderung von Lärm und Erschütterungen; Energieeinsparung, Energieeffizienz, Nutzung erneuerbarer Energien; Ressourceneinsparung und -effizienz, Materialeinsparung und -effizienz)

Laufzeit des Vorhabens

21.12.2023-30.06.2025

Autor/-en

Michael Lindner

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Datum der Erstellung

17.06.2025

Berichts-Kennblatt

| | |
|--|--|
| Aktenzeichen UBA: OSe4 | Projekt-Nr.: 003794 |
| Titel des Vorhabens: <i>Ultraschallgestützte Produktion von Betonfertigteilen mit Vorzeigefunktion der Minderung von Umweltbelastungen und CO2-Emissionen durch Verzicht auf Wärmebehandlung und Einsatz klinkerarmer Zemente</i> | |
| Autor/-en (Name, Vorname): Lindner, Michael | Vorhabenbeginn: 21.12.2023 |
| | Vorhabenende (Abschlussdatum): 30.06.2025 |
| Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): MATTIG & LINDNER GmbH C.-A.-Groeschke Str. 15 03149 Forst (Lausitz) | Veröffentlichungsdatum: |
| | Seitenzahl: 30 |
| Gefördert im Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit | |
| Kurzfassung (max. 1.500 Zeichen): Bei der Produktion von Betonfertigteilen wurde durch die physikalische Anregung der Zementhydratation möglich, klinkerreduzierte Zemente mit deutlich geringerer CO2-Last einzusetzen und die Wärmebehandlung der Betonfertigteile zu minimieren. Die Projektziele – die Errichtung, Inbetriebnahme und der produktionsbegleitende Betrieb des Ultraschallmischsystems - wurden erreicht, die Projektergebnisse (CO2-Reduktion von 30%) zeigen modellhaft den erfolgreichen Weg zur nachhaltigen Betonproduktion, auch für andere Betonfertigteilwerke. Das Potenzial für eine weitere CO2-Reduktion unter Einsatz des Ultraschallmischsystems (Zementmengenreduktion) ist erkennbar und realisierbar. | |
| Schlagwörter: Ultraschallmischsystem, Ultraschallmischanlage, Hochleistungsultraschall, Betonfertigteile, Zementreduktion, Wärmebehandlung, Betonfertigteilwerke | |

Report Coversheet

| | |
|--|------------------------------|
| Reference-No. Federal Environment Agency: | Project–No.: 003794 |
| Report Title: Ultrasonic-assisted production of precast concrete elements with a demonstrative function for reducing environmental impacts and CO2 emissions by forgoing heat treatment and using clinker-reduced cements. | |
| Author/Authors (Family Name, First Name): Lindner, Michael | Start of project: 21.12.2023 |
| | End of project: 30.06.2025 |
| Performing Organisation (Name, Address): MATTIG & LINDNER GmbH C.-A.-Groeschke Str. 15 03149 Forst (Lausitz) | Publication Date: |
| | No. of Pages: 30 |
| Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Climate Action, Nature Conservation, and Nuclear Safety. | |
| Summary (max. 1.500 characters): By physically stimulating cement hydration, it became possible to use clinker-reduced cements with a clearly lower CO2 burden and to minimize the heat treatment of precast concrete elements. The project goals—erection, commissioning, and production-support operations of the ultrasonic mixing system—were achieved. The project results (a 30% CO2 reduction) illustrate a model path toward sustainable concrete production, also for other precast concrete plants. The potential for further CO2 reduction using the ultrasonic mixing system (reduction of cement quantities) is evident and feasible. | |
| Keywords: Ultrasonic mixing system, ultrasonic mixing plant, high-performance ultrasound, precast concrete elements, cement reduction, heat treatment, precast concrete plants. | |

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|---|
| 1. Einleitung | 5 |
| 1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner..... | 5 |
| 1.2. Ausgangssituation | 6 |
| 2. Vorhabenumsetzung..... | 8 |
| 2.1. Ziel des Vorhabens..... | 8 |
| 2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten) | 9 |
| 2.3. Umsetzung des Vorhabens | 11 |
| 2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen) | 12 |
| 2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten | 12 |
| 2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms..... | 13 |
| 3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung..... | 14 |
| 3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung | 14 |
| 3.2. Stoff- und Energiebilanz..... | 16 |
| 3.3. Umweltbilanz | 18 |
| 3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse | 22 |
| 3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren | 22 |
| 4. Übertragbarkeit | 23 |
| 4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung | 23 |
| 4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)..... | 25 |
| 4.3. Kommunikation der Projektergebnisse | 25 |
| 5. Zusammenfassung/ Summary | 27 |
| 6. Literatur | 30 |
| 7. Anhang | Fehler! Textmarke nicht definiert. |

| | |
|--|----|
| Bild 1: Betonfertigteilwerk MATTIG & LINDNER GmbH..... | 5 |
| Bild 2: Sonocrete-Anlage in modularer Bauweise als Bypass-System zur M&L-Mischanlage..... | 6 |
| Bild 3: Erster Werksversuch mit einer Labor-Ultraschallanlage während des gemeinsamen KMU-Innovativ-Forschungsprojektes "UltraBePro" | 7 |
| Bild 4: Kavitation und deren Nutzung für die Beschleunigung der Betonerhärtung..... | 10 |
| Bild 5: Sonocrete-Anlage als Bypass-system für die bestehende Betonmischanlage..... | 11 |
| Bild 6: Verschiebungen im Zementmix während des 1.Jahres nach Anlageinstallation..... | 17 |
| Bild 7: Reduzierung des Verbrauchs vom Flüssiggas für die Härtekammer im Betonwerk..... | 18 |
| Bild 8: Reduktion der CO2-Emissionen durch Senkung des Flüssiggasverbrauchs..... | 19 |
| Bild 9: Kolloquium im Kompetenzzentrum Forst (Lausitz)..... | 26 |
| | |
| Tabelle 1: Zementmix bei MATTIG & LINDNER im Basisjahr 2022 und im Umsetzungsjahr..... | 17 |
| Tabelle 2: Materialverbräuche und CO2-Reduktion im Winterhalbjahr..... | 20 |
| Tabelle 3: Materialverbräuche und CO2-Reduktion im Sommerhalbjahr..... | 21 |

1. Einleitung

1.1. Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

MATTIG & LINDNER ist ein mittelständisches Bauunternehmen mit aktuell 135 Mitarbeitern. Das Unternehmen wurde 1909 gegründet und befindet sich seit vier Generationen in Familienbesitz.

Als komplexes Dienstleistungsunternehmen ist M&L als Projektentwickler und ausführendes Generalunternehmen in den folgenden Unternehmensbereichen tätig:

- Hochbau
- Hallenbau (deutschlandweite Errichtung von Industrie- und Gewerbeobjekten)
- Betonfertigteilherstellung
- Transportbeton
- Bewehrungsbau



Bild 1: Betonfertigteilwerk MATTIG & LINDNER GmbH (Quelle: MATTIG & LINDNER)

Das Unternehmen ist seit 1996 nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert. [1] Die Anwendung eines international anerkannten Standards zur Qualitätssicherung beeinflusst positiv die Leistungsfähigkeit des Unternehmens durch kontinuierliche Verbesserung der Prozesse sowie Gewährleistung gleichmäßig hoher Produktqualität.

Neben Tradition und Zuversicht braucht Geschäftserfolg auch die Innovationen. Das Finden von zukunftsorientierten Lösungen bildet dabei einen wesentlichen Schwerpunkt

der Arbeit des eigenen FuE-Bereiches. M&L arbeitet dafür in Kooperationsprojekten mit Forschungseinrichtungen und Unternehmen u.a. Start-Up's an neuen Produkten und Technologien. Das vorliegende Vorhaben ist aus einem FuE-Verbundprojekt mit dem jungen Cottbusser Start-Up-Unternehmen Sonocrete GmbH entstanden [2]. Das im Jahr 2018 gegründete Unternehmen entwickelte sich rasant und genießt inzwischen hohe Anerkennung in den wissenschaftlichen und technischen Kreisen deutschland- und europaweit. Es ist mit vielen Preisen gekrönt, u. a. Innovationspreis der Zulieferindustrie Betonbauteile 2024.

Der Sonocrete GmbH ist es mit der Entwicklung eines Bypass-Systems zu herkömmlichen Betonmischanlagen gelungen, die Betonproduktion neu zu gestalten und den Einsatz CO₂-reduzierter Zemente im Fertigteilwerk zu ermöglichen. Gute Zusammenarbeit mit dem Sonocrete-Team und die hervorragenden Projektergebnisse mündeten im vorliegenden Investitionsvorhaben, welches wir mit dem Innovationszuschuss vom BMUV im Zeitraum vom 21.12.2023 bis 30.06.2025 erfolgreich umgesetzt haben.



Bild 2: Sonocrete-Anlage in modularer Bauweise als Bypass-System zur M&L-Mischanlage (Quelle: MATTIG & LINDNER)

1.2. Ausgangssituation

Die Betonproduktion verursacht große Belastungen für die Umwelt, Beton erweist einen hohen CO₂-Fussabdruck. Dadurch verliert das günstige, robuste, vielseitig einsetzbare, unendlich formbare und langlebige Material zunehmend an Attraktivität.

Die MATTIG & LINDNER GmbH hat sich als Ziel gesetzt, ihre Betonfertigteile klimafreundlicher und nachhaltiger zu produzieren. Dies ist nur dann möglich, wenn der Einsatz der wichtigsten Betonkomponente, des Zementes deutlich reduziert wird, denn seine Produktion ist für ca. 8% der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich. Klimafreundliche Kompositzemente mit dem reduzierten Anteil des Zementklinker verlangsamen aber stark die Festigkeitsentwicklung und die Ausschalzeiten der Betonelemente, daher war deren Verwendung bis dato in den Betonfertigteilverken unüblich.

Um den Einsatz klimafreundlicher Zemente in der Betonfertigteilverproduktion dennoch zu ermöglichen, arbeiten wir bereits seit 2021 mit der Firma Sonocrete zusammen, die ein physikalisches Verfahren zur Erhärtungsbeschleunigung solcher Zemente mittels Hochleistungsultraschall entwickelt hat. Unsere Kooperation startete mit dem gemeinsamen KMU-Innovativ-Forschungsprojekt "UltraBePro", während dessen mehrere Prototypen der Ultraschallanlage durch Sonocrete entwickelt und erstmalig im Werk von MATTIG & LINDNER getestet und weiterentwickelt wurden. Die positiven Projektergebnisse sowie schon immer vorhandene Bereitschaft zur Innovation bei der MATTIG & LINDNER GmbH motivierten zur Umsetzung des Vorhabens im realen Umfeld des Betonfertigteilverwerkes.



Bild 3: Erster Werksversuch mit einer Labor-Ultraschallanlage während des gemeinsamen KMU-Innovativ-Forschungsprojektes "UltraBePro" (Quelle: MATTIG & LINDNER)

2. Vorhabenumsetzung

2.1. Ziel des Vorhabens

Die Vermeidung oder Reduzierung von CO₂-Emissionen stellt auch für die Baubranche seit kurzer Zeit eine neue Priorität dar. Teure Brennstoffpreise (Wärmebehandlung), wachsende Preise für die CO₂-Zertifikate (Zement), aktuelle Baukrise (hohe Zinsen) und Erhöhung des öffentlichen Druckes (Klimaneutralität bis 2050) veranlassen Betonproduzenten zur Suche nach innovativen Lösungen.

Zum Hintergrund: Beton besteht aus Zement, Wasser, Gesteinskörnung und chemischen Zusatzstoffen. Für die hohe CO₂-Last ist der Zement verantwortlich. Bei der Zementherstellung wird Kalkstein und Ton sehr fein gemahlen und bei Temperaturen über 1.400°C zum Klinker, der reaktiven Komponente des Zements, gebrannt. Das im Kalkstein gebundene CO₂ wird dadurch freigesetzt. Bei der Herstellung von Portlandzement (95% reiner Klinker), wird ca. 800 – 1.000 kg CO₂ pro Tonne Zement, je nach eingesetzten Brennstoffen, freigesetzt. Ein durchschnittliches Betonfertigteilwerk mit einer Jahresproduktion von 30.000 m³ Beton und Einsatz von ca. 350 kg Zement/m³ Beton trägt bei ausschließlicher Nutzung von Portlandzement, was für die Fertigteilindustrie auch typisch ist, mit bis zu 10.000 t CO₂ pro Jahr zur Umweltbelastung bei.

Die Zementindustrie hat in den vergangenen Jahren bereits einiges getan und die CO₂-Emissionen um 20 bis 25 Prozent reduziert. Es gab bisher zwei Wege dafür, die nach wie vor aktuell sind: Energie einsparen oder Klinker ersetzen. [3] Energieeinsatz wird durch Optimierung der Produktionsprozesse und die Nutzung alternativer Brennstoffe reduziert. Weitere Möglichkeiten, wie die Stromerzeugung aus der Abwärme der Klinkerkühlgase sind in der Approbation. Auch Abscheiden und Verpressen bzw. Nutzen des CO₂ ist ein riesiges Forschungsthema, allerdings ist diese Technologie noch im Experimentalstadium. Die Reduktion des Klinkers und seinen Ersatz durch klimafreundliche Komponente (Hüttensand, Kalksteinmehl) ist dagegen eine bewährte Lösung, die immer weiterentwickelt wird (CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V).

Nun bringt aber eine Reduktion des Klinkergehalts vor allem im Fertigteilbereich eine große Herausforderung mit sich. Der Klinkergehalt bestimmt maßgeblich die Frühdruckfestigkeit der Fertigteile und damit den Entschalzeitpunkt und den Produktionstakt. Würde man nun den Klinkergehalt stark absenken, um CO₂ zu sparen, könnte das Fertigteilwerk seinen Produktionstakt nicht halten und würde weniger produzieren, was zu Umsatzeinbußen und Reduzierung der Arbeitsplätze führt.

Betonfertigteilwerke suchen deshalb nach Lösungen, um die Reaktivität der klinkerarmen Zemente zu erhöhen und greifen derzeit noch auf die bisher bekannten Lösungen zurück– Wärmebehandlung, die ebenfalls mit hohen CO₂-Emissionen und Kosten verbunden ist oder chemische Aktivatoren, die jedoch sehr teuer sind, erdölbasiert hergestellt werden und nur bei bestimmten Randbedingungen anwendbar sind.

Einen völlig neuen Ansatz bietet die Sonocrete-Technologie: mit Hochleistungsultraschall wird es möglich, den Produktionstakt zu halten und gleichzeitig den Klinkergehalt zu reduzieren und so CO₂ zu sparen. Dieses Verfahren ist weltweit einmalig, und das einzige Anlagenkonzept, welches Frühdruckfestigkeit beschleunigt und CO₂-Reduktion ermöglicht.

Das prioritäre Ziel unseres Vorhabens sehen wir in dem Aufbau einer ultraschallgestützten Produktion von Betonfertigteilen. Neben der Vorzeigefunktion der Minderung von Umweltbelastungen und CO₂-Emissionen durch Verzicht auf Wärmebehandlung und Einsatz klinkerarmer Zemente sollte unsere Anlage zur Showcase für die weiteren Interessenten aus der Betonfertigteilindustrie werden und zum Ansehen des neuen Verfahrens beitragen.

2.2. Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Die Klinker für den Portlandzement werden bei Temperaturen von über 1400°C gebrannt, mit entsprechender Umweltbilanz für die Betonherstellung. Verbesserung der Umweltbilanz wäre mit der Reduzierung der Zementmenge in der Betonrezeptur, bzw. mit dem Austausch des Portlandzementes gegen umweltfreundlichere Kompositzemente erreichbar. Nun führt dies aber zu starker Verlangsamung der Festigkeitsentwicklung vom Beton und zwingt den Fertigteilproduzent, die zusätzlichen Maßnahmen zu ergreifen, um den Produktionstakt beizubehalten und die Ausschulfristen einzuhalten.

In erster Linie ist das die Wärmebehandlung der Rohstoffe (Warmwasser, Bedampfung der Gesteinskörnung) und/oder des Frischbetons samt Schalung (Wärmekammer, Dampfgruben, Heizschalung etc.).

In zweiter Linie werden chemische Erstarrungsbeschleuniger eingesetzt, diese kommen aber bei kälterer Temperatur ohne Wärmebehandlung sehr schnell an ihre Grenzen. Zudem sind diese relativ teuer und sind durch das Wechselspiel mehrerer Einflussfaktoren (Zementsorte, Zementmenge, w/z-Wert, Umgebungstemperatur) schwierig zielsicher zu dosieren.

Diese Maßnahmen zur Erhöhung der Frühfestigkeit der klinkerarmen Betone relativieren wiederum die Ersparnis und auch die Verbesserung der Umweltbilanz.

Dabei sind diese hohen Zementmengen incl. hohen Klinkeranteil nur für die Frühfestigkeit nützlich. Die damit erreichte Endfestigkeit liegt weit über dem konstruktiv notwendigen Maß. Mit steigender Endfestigkeit steigt auch der Bedarf an Bewehrungsstahl durch die höhere Schwindrissneigung der Betone, so dass solche „überfesten“ Betone unnötig teuer werden. Auch aus diesem Grund wäre die Klinkerreduktion sinnvoll, wenn es nur gelingen würde, die Frühfestigkeit rechtzeitig zu erreichen.

Genau hier setzt das Sonocrete-Verfahren ein: durch die Beschallung der Zementsuspension mit dem Hochleistungsultraschall werden Zementkörnchen zerkleinert, was zur größerer Reaktionsoberfläche Zement-Wasser führt. Durch die

Kavitation entsteht zudem zusätzliche Energie, welche die Bildung von Kristallen beschleunigt. Auf den Röntgenaufnahmen unten im Bild 4 sieht man links Bildung weniger Kristallkeime ohne Ultraschallbehandlung, rechts bedeutend mehr Kristallkeime nach der Beschallung. Dank diesen beiden Effekten erreichen ultraschallbehandelte Betone auch bei Klinkerreduktion und ohne zusätzliche Wärmebehandlung die notwendige Frühfestigkeit bei gleichbleibender Endfestigkeit.

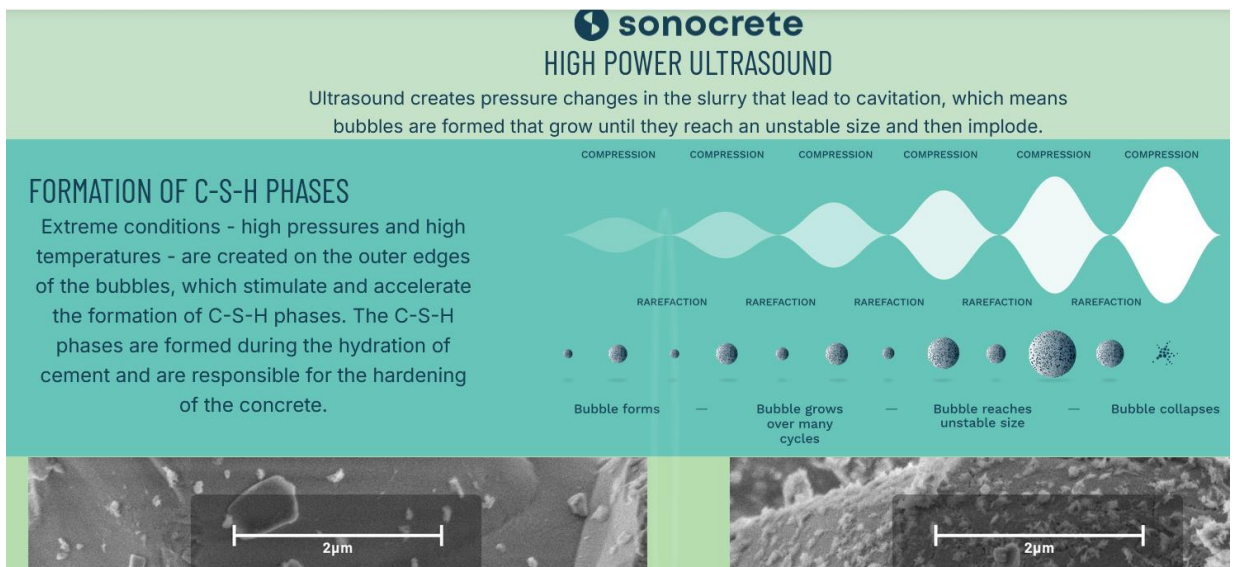


Bild 4: Kavitation und deren Nutzung für die Beschleunigung der Betonerhärtung (Quelle: Sonocrete)

Anders ausgedrückt, verbessert das Sonocrete-Verfahren die Ausnutzung des Reaktivitätspotentials des Klinkers, der im Zement vorhanden ist, so dass es möglich ist, Zemente mit weniger Klinker zu verwenden. Die Nutzung von Sonocrete erlaubt die Reduktion bzw. Substitution von Zement mit hohem CO₂- Fußabdruck. Ca. 30% der Zementmenge (bei Nutzung eines Portlandzementes CEM I) kann durch Ersatzprodukte (Flugasche, Kalksteinmehl etc.) substituiert werden, oder der Portlandzement kann durch einen günstigeren, umweltfreundlicheren Zement ersetzt werden, was zu einer Kosten- und Emissionsreduktion führt.

Die Beschallung der Zementsuspension erfolgt in einem separaten Behälter und wird nach dem Erreichen des Reifegrades zuerst dem Puffertank hinzugefügt und danach entsprechend der Betoncharge dosiert, dem werkseigenen Betonmischer. Je nach vorhandenen Platzmöglichkeiten wird fertige Suspension entweder mittels Slurry-Waage oder vorhandener Wasserwaage dosiert. Des Weiteren läuft die Produktion der Fertigteile wie gewohnt ab, evtl. muss sich Fertigteilproduzent bei manchen Fertigteilen auf den beschleunigten Ablauf bei Bearbeitung der Betonoberfläche einstellen (Scheiben, Glätten ist eher möglich/notwendig), was sich generell positiv auf die Arbeitszeiten auswirkt. Die Reinigung der Anlage kann über den vorhandenen Mischer automatisch oder auch separat im halbautomatischen Betrieb ablaufen.

Schematisch lässt sich die Integration der Sonocrete-Anlage ins vorhandene Betonwerk wie im Bild 5 darstellen.

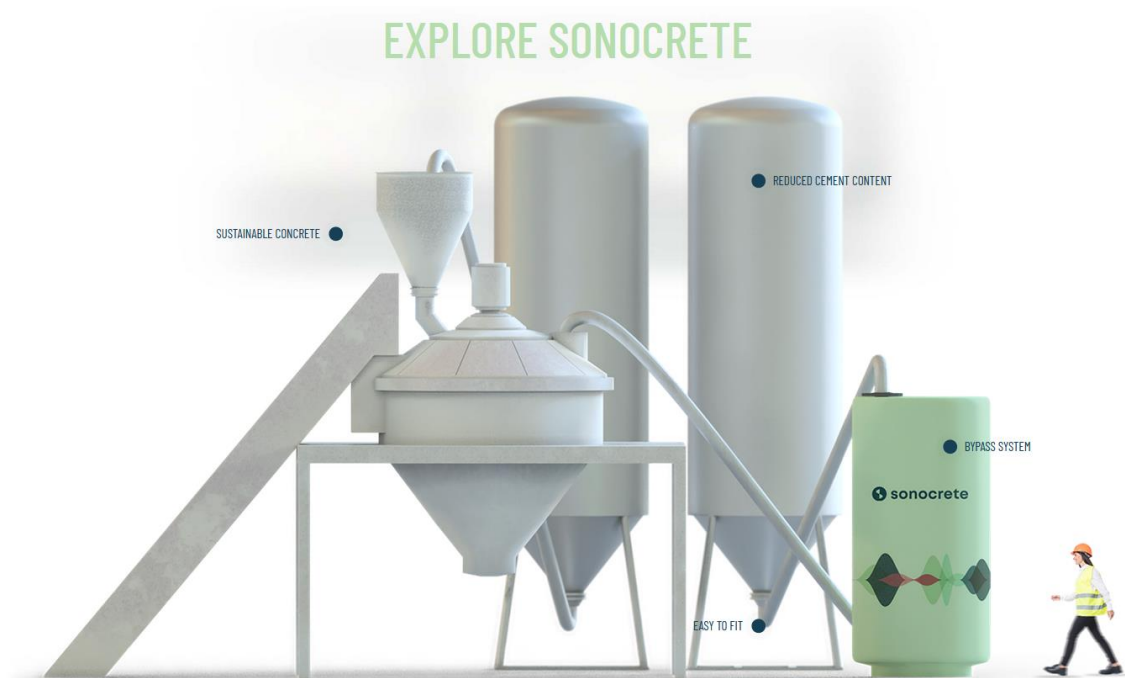


Bild 5: Sonocrete-Anlage als Bypass-system für die bestehende Betonmischanlage (Quelle: Sonocrete)

2.3. Umsetzung des Vorhabens

Angefangen mit dem Messen des Stromverbrauchs, über die Auswertung der Zementverbräuche und Betonproduktion samt Tagesmengen, Tagesspitzen etc. wurden sämtliche für die Anlagekonzipierung relevanten Betriebsdaten seitens MATTIG & LINDNER bereitgestellt und zusammen mit Sonocrete ausgewertet. Anschließend folgte die Anlagekonfiguration auf der Basis der ausgewerteten Betriebsdaten, Konfiguration der Peripherie (Zementsilo und Schnecke, Statik für die Fundamente Silo und die Anlage, Konzepte für die Automatisierung und Steuerung für die ausgewählte Lösung der Materialzusammensetzung und der-zufuhr etc.) Es wurden Ausschreibungen, Angebotsbewertungen, Bestellungen sämtlicher Anlageteile und der Peripherie vorgenommen. Parallel bestellten wir Silo und Schnecke, Elektrik (Kabel, Röhre, Verteilungskasten etc.) für die Vernetzung beider Mischanlagen und des Zusatzsilos. Erdarbeiten, Kabelverlegung und Bauen der Fundamente standen ebenso auf dem Plan. Die Vormontage der Anlage erfolgte bei Sonocrete, die Begutachtung und weitere Abstimmungen zogen nach.

Seitens MATTIG & LINDNER wurden für die Medienführung die notwendigen Wandbohrungen/Durchbrüche getätigt (Wasserleitungen, Druckluftschläuche, Suspensionsschlauch etc.) Ende März 2024 wurde die Sonocrete-Anlage angeliefert und aufgestellt, danach folgte die Anlieferung des Silos und der Schnecke sowie der Aufbau und die Zusammenführung mit der Siloschnecke sowohl auch mit dem Mischer der

MATTIG & LINDNER Mischanlage. In den ersten gemeinsamen Tests wurden Luft und Wasser durch die Schläuche gepumpt, um die Dichtungen zu überprüfen. Es folgten die Anpassungen und die Korrekturen der Ströme. Im August 2024 wurde das Kalkstein-Zementgemisch angeliefert und in das Zusatzsilo eingeblasen, eine Reihe von Laboruntersuchungen wurde dabei durchgeführt. Im September wurde die Schnittstelle-Steuerung sowie die zusätzlichen Spüldüsen für die bestehende Wasserwaage durch die Firma Liebherr installiert, es folgten mehrere Funktionstests mit der Erkenntnis, dass unser vorhandener Kompressor keine ausreichende Druckluftqualität liefert. Als schnelle Lösung wurde eine geliehene Kompressorstation zum Einsatz gebracht, im Oktober 2024 wurde dann die hochwertige neue Kompressorstation erworben und im November geliefert. Im Oktober 2024 wurden auch die Sonocrete-Waagen im eingebauten Zustand kalibriert und es folgte eine Reihe von Betonmischungen, somit wäre der Oktober 2024 als Zeitpunkt der Inbetriebnahme zu verstehen. Leider brach Ende Oktober 2024 ein Brand in einer der Werkshallen aus, das Betonmischen und somit auch die Arbeiten an der Sonocrete-Anlage waren wegen der Räumungsarbeiten 2 Monate lang nicht möglich. Erst im Dezember 2024 konnten die Betontests an der Anlage wieder aufgenommen werden.

Anfang 2025 wurden die Einhausung für die Kompressorstation, die Überdachung für das Kühlgerät, die Heizmanschette und die Dämmung für die Wasserleitungen angebaut. Bis Ende Juni 2025 erfolgten die restlichen IT-Arbeiten zur Harmonisierung der Kommunikation beider Anlagen. Ebenso in Juni 2025 wurde eine Wasseraufbereitungsanlage installiert, eine Wasserumgehungsrinne von der Sonocrete-Anlage zum Recyclingwasserbecken gebaut. Die Anlage ist nun vollständig komplettiert im Betrieb.

2.4. Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Laut Entscheidung des Landesamtes für Umwelt Land Brandenburg vom 19.07.2024 bedarf unsere Ultraschallvormischanlage – Sonocrete MVP 5.3 für die Betonteileherstellung keiner immissionsrechtlichen Genehmigung im Sinne des § 16 Abs. 1 BImSchG.

2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Sonocrete-Anlage erfasst im Sekundentakt die wichtigsten Anlageparameter (Stromverbrauch, Arbeit anlageinterner Technik wie z.B. Sonotroden, sowie Kommunikation mit allen Peripherie-Geräten und der Betonmischanlage incl. Störungsmeldung usw.). Ebenso im Sekundentakt werden Stoffparameter erfasst (Einwaagen, Temperatur der Suspension usw.). Aus den erfassten Stoffparametern werden aktuelle Slurry-Rohdichte, Wasser/Feststoff-Wert der Suspension, Slurry-Temperatur zum Zeitpunkt der Beschallung und dem Zeitpunkt der Abgabe ermittelt, es

findet ein SOLL/IST-Abgleich statt. Die wichtigsten Stoffdaten fließen anschließend in die „Ist“-Rezepturberechnung der zusammengeführten Betonrezeptur mit ein.

Alle erfassten Daten werden durch Sonocrete -Experten aufbereitet und gespeichert, ohne automatisiertes Löschen nach bestimmter Zeit, also unbegrenzt dauerhaft abgelegt. Das deckt sich mit den aktuellen Forderungen an die Betonproduzenten ab, lt. denen die wichtigsten Produktionsdaten über den Zeitraum von 10 Jahren sicher aufzubewahren sind.

Mittels Fernwartung ist es für die Sonocrete jederzeit möglich, bei Störungen, Unklarheiten in die Steuerung den Einblick zu nehmen und ggf. einzugreifen.

Außerdem erlaubt Sonocrete-System einen 100%ig automatischen Start, ohne Anwesenheit des Bedieners. Es kann sowohl über die Fernwartung vom Anlageentwickler als auch vom Bediener mittels Zeitvorwahl initiiert werden. Dadurch kann die Slurry-Aufbereitung in der Nacht erfolgen (Komponentendosierung, Beschallung, Übergabe in den Lagerungsbehälter, Kühlung auf die Abgabetemperatur falls notwendig). Dies entlastet und schützt die betriebliche Stromversorgung vor Überlastung und ermöglicht außerdem den Bezug des günstigen Nachtstroms. So steht die fertige Slurry gleich zum Schichtanfang bereit und es entstehen keine ungeplanten Produktionspausen.

Durch Vier-Augen-Prinzip (Anlageentwickler und Bediener) und ein intelligentes Warnsystem im Ampelformat sind erhebliche Ausschüsse weitestgehend vermeidbar. Dreifache visuelle Warnung dient dem Grundsatz früherer Erfassung und Beseitigung der Störung.

Geringfügige Emissionen fallen in der Form des Stromverbrauches an, des Lärms vom Ultraschall (s. dazu Punkt 2.4) und dem Reinigungswasser (ca. 1 m³/Tag), welches aber dem Wasserkreislauf zurückgeführt wird. Die Sonocrete-Anlage ist stromsparend und verbraucht inklusive Kühlung, Reinigung und sonstigen elektrischen Abnehmern knapp 35 kWh.

2.6. Konzeption und Durchführung des Messprogramms¹

Es wurde uns kein durch UBA beauftragtes Messprogramm vorgelegt, die Förderung dieser Maßnahme wurde abgelehnt. Sämtliche Messungen erfolgten aus eigenen Mitteln durch MATTIG & LINDNER und Sonocrete, es wurde kein Fremdleister dafür beauftragt, lediglich die notwendigen Geräte wurden bei Bedarf ausgeliehen.

In der Vorbereitung der Anlagekonzeption wurde durch MATTIG & LINDNER gemessen:

- Stromverbrauch des Fertigteilwerkes, Spitzenverbräuche während des Tagesablaufs und im Zusammenhang mit Arbeit der wichtigsten Produktionsanlagen
- Flüssiggasverbrauch bezogen auf die Wärmekammer für die frisch geschüttete Fertigteillemente

¹ Sofern durchgeführt

- Zementverbräuche und Klinkerfaktor des Fertigteilwerkes vor und nach der Anlageinstallation

Seitens Sonocrete erfolgen folgende Messungen an der Sonocrete-Anlage permanent

- Energieverbrauch
- Verschleiß der Anlageteile (Sonotroden, Schläuche, Düsen etc.)
- Materialmengen (Überwachung des Silostandes der sekundären Bindemittel, Einwaagen der Slurry-Komponenten, Einwaage fertige Slurry, Soll/Ist-Vergleich etc.)
- Materialparameter (Energieeintrag, Ziel-Temperatur, Wasser/Feststoff-Wert, Slurry-Dichte, Abgabe-Temperatur und Kühlungszustand etc.)
- Kommunikation zwischen Steuerungssystemen beider Mischanlagen sowie mit der Peripherie (Kompressorstation, Kühlgerät, Silo und Schnecke, etc.)

Überdies wurde seitens Sonocrete Rezeptur- und Material-Screening gemacht sowie die Rezepturumrechnungen für den neuen Zustand „Mischanlage + Bypass“. Es erfolgte ein umfangreiches Prüfprogramm unter Laborbedingungen mit der Labor-Slurry für Winter- und Sommer- Rezepturen.

MATTIG & LINDNER verifizierte diese Laborergebnisse für den gleichen Rezepturpool unter realen Bedingungen im Betonfertigteilwerk mit der Anlage-Slurry und führte außerdem in regelmäßigen Abständen zusätzliche Betonbeprobungen durch, um Frisch- und Festbetoneigenschaften (Verarbeitbarkeit und Druckfestigkeit) zu überprüfen.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1. Bewertung der Vorhabendurchführung

Das Vorhaben konnte erfolgreich und gemäß dem Zeitplan umgesetzt werden. Die beantragten Fördermittel wurden sparsam eingesetzt, es konnten 20% der Zuwendung durch alternative technische Lösungen im Vergleich zum Antrag eingespart werden (Umbau der vorhandenen Wasserwaage statt dem Einbau einer zweiten Waage). Die geplante CO₂-Einsparung konnte unter Verwendung der Ultraschalltechnologie bestätigt werden – der betriebliche Zementmix hat sich zu Gunsten klinkerreduzierter Zemente verschoben, es wird zudem auch viel weniger geheizt. Die Umstellung auf die neuen Rezepturen mit den klinkerreduzierten Zementen ist an sich unproblematisch. Die Sonocrete-Anlage in Forst entwickelte sich wie geplant zur Showcase: zahlreiche Besucher aus verschiedenen Ländern u.a. Österreich, Spanien, Finnland, Belgien, Thailand, Indien, Brasilien, sowie Vertreter der deutschen Betonindustrie haben die Anlage bei uns in Forst bereits besichtigt und es kommen immer mehr Anfragen. Das Verfahren erregt großes Interesse sowohl bei den Wissenschaftlern als auch in der Betonindustrie.

Selbstverständlich verlief nicht alles reibungslos - die Inbetriebnahme stellte das gemeinsame Projektteam zunächst vor einige Herausforderungen. So beeinträchtigte z.B. die unterklassige Druckluft vom hauseigenen Kompressor die Generatoren beim Kühlen, was zur Beschädigung und zum Austausch der Ultraschallkonverter führte. Eine höherklassige Druckluft musste dann mittels spezieller Kompressorstation (Mittelumwidmungsantrag) bereitgestellt werden, mit positivem Ergebnis.

Die Anschaffung spezieller Geräte, wie die Kompressorstation, stellte uns wegen der Außenplatzierung der Bypass-Anlage vor die Frage „Winterschutz“, welche für uns während der Antragstellung nicht relevant war. Auch an die Isolierung sämtlicher Zuleitungen (Wasser, Druckluft) ist im Fall der Außenplatzierung unbedingt zu denken, für das Kühlgerät ist die Überdachung eine Mindestanforderung. Die Anlage selbst war mit dem Rundum-Wasserabflussschlitz und somit nicht winterfest, sondern eher für die Hallenplatzierung konzipiert und musste durch die Dämmung des Abflussschlitzes, Einbau der Abflussrinne und der Wandheizung als Frostsicherung, ergänzt werden.

Ein weiteres Problem war die Prozessumstellung auf eine Zement-Füllstoff-Mischung, für die zwei Silos ideal gewesen wären, und wir nur ein Silo an die Sonocrete-Anlage lt. Konzeption angebunden hatten. Um den Zeitplan und das Budget nicht zu sprengen, wurde sich nach einer Reihe Betonversuche mit der Zement-Füllstoff-Mischung für eine stoffliche Rückkehr (1-Komponenten-System) anstelle technischer Erweiterung (2.Schnecke, 2.Silo) entschieden, zwar mit Zeitverlust aber ohne Qualitätseinbuße.

Auch die Integration in die übergeordnete Steuerung erforderte zusätzliche Anpassungen und zeitintensive Abstimmungen, Nachrüstungen (Visualisierung) und alternative Lösungen (externe Suspension-Chargenprotokolle über hauseigenes Netzwerk, ohne Anbindung in die übergeordnete Steuerung).

Dennoch konnten angesprochene Anfangsschwierigkeiten, in enger Zusammenarbeit des Anwender- und Entwicklerteams, erfolgreich überwunden werden.

Die Anlage wurde im September 2024 fertiggestellt und in Betrieb genommen - es erfolgten mehrere Tests mit dem Zement-Füllstoff-Gemisch, welche nach den Hallenreinigungsarbeiten Anfang 2025 fortgesetzt wurden. Allerdings stand der Verwendung des Zement-Füllstoff-Gemischs einiges im Wege (Zulassungen bzw. weitere Investitionen und Umbauarbeiten), so dass am 31.03.2026 anstelle des Zement-Füllstoff-Gemischs ein zum Konzept passender Zement angeliefert wurde, und es folgten weitere Test mit dem 1-Komponenten-System.

Am 07.05.2025 ist die Anlage erstmalig unter voller Auslastung mit dieser 1-Komponenten-Suspension gefahren. Dabei konnte die geplante Kapazität unter Beweis gestellt werden, mit positivem Ergebnis. Durch das intelligente Zeitvorwahlssystem und die Pufferlagerung kann die Anlage bei Bedarf auch das Dreifache an Kapazität abdecken.

Die Sonocrete-Technologie ermöglicht dabei stabile Prozesse, führt zur signifikant höheren Frühfestigkeiten und angestrebter Absenkung des Klinkergehaltes. Einer flächendeckenden Anwendung stellte sich in unserem Fall die Problematik des RC-Wasser-Überschusses in den Weg, deren Lösung ein Weiterdenken der Konzeption anstieß. Das RC-Wasser (Recyclingwasser, welches bei der Reinigung beider Mischanlagen anfällt), sollte nun für die Suspensionsherstellung verwendet werden und zur Grundlage weiterer Innovationsschritte in Richtung Umweltschutz und Kreislaufwirtschaft werden. Die ersten Versuche mit dem Ziel, die Zementsuspension mit RC-Wasser anzusetzen, verliefen vielversprechend und für beide Seiten sehr motivierend, denn durch die Integration eines geschlossenen Wasserkreislaufs können zusätzliche Ressourceneinsparungen erzielt und ökologische Potenziale des Verfahrens weiter gehoben werden.

Die Projektergebnisse zeigen eindeutig: Mit der Einführung von modernen Mischprozessen, unterstützt durch Ultraschallmischtechnik und digitale Steuerungskonzepte, leistet MATTIG & LINDNER einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigeren Betonfertigteileproduktion – und positioniert sich als Vorreiter in der Baubranche der Region.

3.2. Stoff- und Energiebilanz

Die Erfolgskontrolle wird durch den Vergleich der Betonproduktion mit Sonocrete im ersten Jahr und der Produktion vom Vorjahr ohne Sonocrete gemessen. Da die Innovative Technologie gerade eben eingeführt ist, liegen die Zahlen einer Jahresproduktion mit Sonocrete noch nicht vor. Auch die Einführung neuer Zemente, neuer Rezepturen kann in der Realität nicht auf den „Knopfdruck“ gehen, es erfordert immer einen fließenden Übergang, während dessen alte und neue Rezepturen parallel laufen, daher ist die erste Zeit kurz nach der Einführung neuer Technologie noch nicht wirklich repräsentativ, wie es auch die Tabelle 1 zeigt. Der zu eliminierende CEM I ist noch in dem Silo vorhanden und wird nicht entsorgt, sondern weiter gebraucht, auch manche Festlegungen aus den Zeiten davor erfordern den Gebrauch alter Rezepturen, sowie die „Kinderkrankheiten“ der Schnittstelle.

Nach dem Einbau der Schnittstelle-Steuerung im September 2024 erfolgten Tests mit den zahlreichen Probe-Elementen, ohne den Beton in die laufende Produktion zu geben, dennoch wirkte es sich bereits zu diesem Zeitpunkt positiv auf die Verschiebung in dem betrieblichen Zementmix aus. Es wurde immer weniger CEM I mit dem höchsten Klinkeranteil eingesetzt. Für diese Zwecke wurde CEM II eingeführt und schließlich für die Produktion übernommen, wobei CEM II davor bei uns gar keine Rolle spielte.

Maßgeblich für den Erfolg ist hierbei vor allem der Klinkerfaktor, also das Verhältnis von eingesetztem Zement zu eingesetztem Zementklinker.

Der Zementmix bei MATTIG & LINDNER verteilt sich in etwa wie in folgender Tabelle ersichtlich auf verschiedene Zementsorten:

| Zementart | Basisjahr 2022 | | | | 2024 (II-JH)/2025 (I-JH) | | | |
|-----------------------------|----------------|-----|-------------------|----------------|--------------------------|-----|-------------------|----------------|
| | Menge | | GWP (total) | CO2-Emissionen | Menge | | GWP (total) | CO2-Emissionen |
| | t | % | t CO2 Äq/t Zement | t CO2 Äq | t | % | t CO2 Äq/t Zement | t CO2 Äq |
| CEM I 52,5 R | 1.050 | 88% | 0,678 | 711,9 | 215 | 27% | 0,678 | 145,77 |
| CEM II/A-LL 42,5 R | 0 | 0% | 0,591 | 0 | 436 | 55% | 0,591 | 257,676 |
| CEM III/A 42,5 N | 150 | 13% | 0,419 | 62,85 | 135 | 17% | 0,419 | 56,565 |
| SUMME | 1200 | | | 774,75 | 786 | | - | 460,01 |
| CO2-Emissionen pro t Zement | | | | 0,645625 | | | | 0,5852557 |

Tabelle 1: Zementmix bei MATTIG & LINDNER im Basisjahr 2022 und im Umsetzungsjahr

Dabei ergibt sich aus der Verschiebung des Zementmixes bereits im ersten Jahr nach der Anlageinstallation eine CO2-Ersparnis von 73 Tonnen als Differenz aus den CO2-Emissionen, wenn man sich auf die eingesetzte Zementmenge im Basisjahr bezieht:

2022: $1200 \text{ to} * 0,646 = 775 \text{ to CO}_2$

2024: $1200 \text{ to} * 0,585 = 702 \text{ to CO}_2$

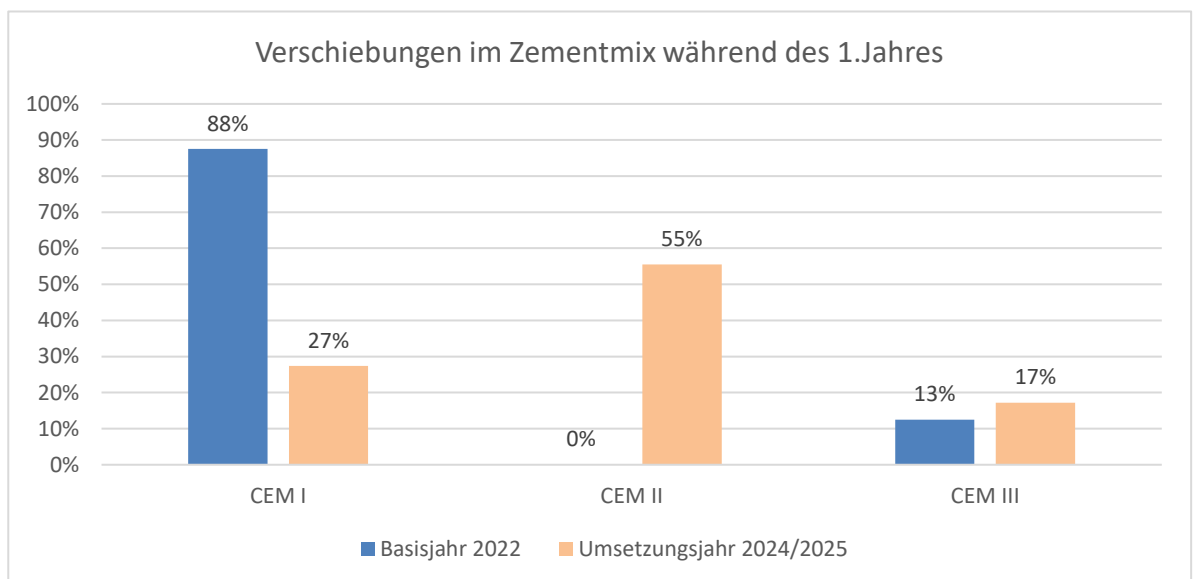


Bild 6: Verschiebungen im Zementmix während des 1.Jahres nach Anlageinstallation

Kompositzement mit Kalksteinmehl CEM II fand bei uns wegen seiner vergleichsweise langsamen Festigkeitsentwicklung keine Verwendung. Die Einführung des CEM II zuerst für die Testzwecke, dann für die Freitagproduktion, später auch während der Woche führte zu einer bedeutender Umweltentlastung und auch zur Ersparnis.

In unserem Werk kommt mit dem Verzicht auf Wärmebehandlung ein weiterer Aspekt hinzu - eine Wärmekammer, die mit Flüssiggas geheizt ist, um die Hydratation zu beschleunigen wird nach und nach zum Stapelregal, eine Art Reifekammer, da nur noch wenig geheizt wird. Wird Sonocrete-Anlage durchgängig eingesetzt, kann dieses Gas künftig komplett eingespart werden. Hiermit ließen sich, bei vollständigem Abschalten der Heizung, ca. 40 t CO₂ pro Jahr einsparen, im Umsetzungsjahr 2024 konnten bereits 32 Tonnen CO₂ eingespart werden.

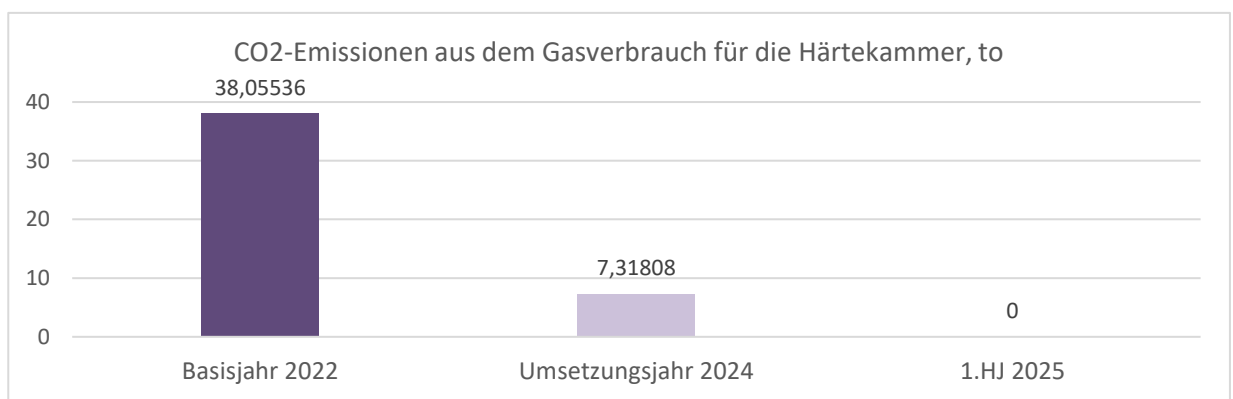


Bild 8: Reduktion der CO₂-Emissionen durch Senkung des Flüssiggasverbrauchs

Eine weitere Umweltentlastung und Kostenersparnis kommen mit dem Verzicht auf die chemischen Beschleuniger hinzu, da auch diese hergestellt, verpackt und transportiert werden müssen.

Es wurden zwei Rezeptur-Pools entwickelt, getestet und eingeführt – Winter- und Sommer-Rezepturen mit dem ultraschallbehandelten Zement-Slurry. Unser Ziel ist ein vollständiger Verzicht auf den teuren und klimaschädlichen Portlandzement CEM I. Stattdessen wie die Tabellen 2 und 3 zeigen, sollte im Sommer mit dem CEM III und im Winter mit dem CEM II produziert werden, die Voraussetzungen sind dafür erschaffen, Rezepturen dafür sind bereits in der Produktion.

Die CO₂-Ersparnis, erreicht bereits 1 Jahr nach der Anlageinstallation, beträgt:

32 t (aus Gasreduktion, Bild 8)+73t (Verschiebung im Zementmix, Tab.1) = **104 t CO₂ p.a.**

Das Einsparpotenzial der Sonocrete-Technologie in unserem Werk (errechnet mit den statistischen Produktionsdaten, aufgeteilt auf gleich große Produktionsmengen in Winter- und Sommer-halb-jahr, mit durchschnittlichem Flüssiggasverbrauch) ist in den Tabellen 2 und 3 wiedergegeben und beträgt zusammengezählt:

137 t (Winter) + 180 t (Sommer) = 317 t CO₂ p.a.

| Eingabeparametern | Einheit | vor Optimierung | nach Optimierung |
|---|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| Beton im Winterhalbjahr | m ³ /Halbjahr | 2.500 | 2.500 |
| CEM I (Portlandzement) | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,35 | 0,00 |
| CO2-Emissionen | t CO2/t Zement | 0,678 | 0,678 |
| CEM II | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,00 | 0,315 |
| CO2-Emissionen | t CO2/t Zement | 0,591 | 0,591 |
| CEM III | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,00 | 0,00 |
| CO2-Emissionen | t CO2/t Zement | 0,419 | 0,419 |
| PKH-Zement (naturecem) | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,00 | 0,035 |
| CO2-Emissionen | t CO2/t Zement | 0,350 | 0,350 |
| Gesamtmenge an Zement | t /Halbjahr | 875 | 875 |
| CO2-Emissionen aus Zementen | | t CO2 | |
| Wärmebehandlung | | /Halbjahr | 593 |
| Menge (Flüssiggas) | l /Halbjahr | 25.000 | 0 |
| Brennwert * | kwH pro Liter | 7 | 7 |
| CO2-Emissionen** | t CO2/kwH | 0,24 | 0,24 |
| CO2-Emissionen im Winterhalbjahr*** | t CO2 | | |
| Sonocrete Technologie | | /winterhalbjahr | 43 |
| Sonocrete Energieverbrauch | kwH/m ³ | | 1,5 |
| CO2-Emissionen durch Stromverbrauch**** | t CO2/kwH | | 2 |
| Einsparungen | | | |
| CO2-Einsparungen im Winterhalbjahr | t CO2/Halbjahr | | 137 |
| CO2-Reduktion | | | 22% |

Tabelle 2: Materialverbräuche und CO2-Reduktion im Winterhalbjahr

*Brennwert: [Heizwert und Brennwert von Flüssiggas auf einen Blick » PROGAS](#)

**CO2-Emission: [BAFA - Energie - Informationsblatt CO2-Faktoren](#)

***CO2-Emissionen aus der Wärmebehandlung: 0,24 (CO2-Emission Flüssiggas)*7 kWh (Brennwert Flüssiggas)*25000 Liter (Verbrauch)/1000=43 Tonnen CO2 im Winterhalbjahr

**** CO2-Emissionen durch Stromverbrauch der Sonocrete-Anlage: 0,42 tCO2/MWh (CO2 el. Strom)/1000 *1,5 kWh/m³(Sonocrete Energieverbrauch für 1 m³Beton)*2500 m³(Betonmenge)=2 tCO2/KWh

| Eingabeparametern | Einheit | vor Optimierung | nach Optimierung |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| Beton Sommerhalbjahr | m ³ /Halbjahr | 2.500 | 2.500 |
| CEM I (Portlandzement) | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,00 | 0,00 |
| CO2-Emissionen* | t CO2/t Zement | 0,678 | 0,678 |
| CEM II | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,35 | 0,00 |
| CO2-Emissionen** | t CO2/t Zement | 0,591 | 0,591 |
| CEM III | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,00 | 0,315 |
| CO2-Emissionen*** | t CO2/t Zement | 0,419 | 0,419 |
| PKH-Zement (naturecem) | | | |
| Menge | t/m ³ | 0,00 | 0,035 |
| CO2-Emissionen**** | t CO2/t Zement | 0,350 | 0,350 |
| Gesamtmenge an Zement | t /Halbjahr | 875 | 875 |
| CO2-Emissionen aus Zementen | t CO2 /Halbjahr | 517 | 361 |
| Wärmebehandlung | | | |
| Menge (Flüssiggas) | l /Sommerhalbjahr | 15.000 | 0 |
| Brennwert | kwH pro Liter | 7 | 7 |
| CO2-Emissionen | t CO2/kwH | 0,24 | 0,24 |
| CO2-Emissionen im Sommerhalbjahr | /Sommerhalbjahr | 26 | 0 |
| Sonocrete Technologie | | | |
| Sonocrete Energieverbrauch | kwH/m ³ | | 1,5 |
| CO2-Emissionen aus Stromverbrauch | t CO2/kwH | | 2 |
| Einsparungen | | | |
| CO2-Einsparungen im Sommerhalbjahr | t CO2 /Halbjahr | | 180 |
| CO2-Reduktion | | | 33% |

Tabelle 3: Materialverbräuche und CO2-Reduktion im Sommerhalbjahr

*UMWELT-PRODUKTDEKLARATION CEM I 52,5 R (ft) [41011b95-4cff-fcb2-1a84-75f46fc0017e](https://www.epd.org/epd/41011b95-4cff-fcb2-1a84-75f46fc0017e)

**UMWELT-PRODUKTDEKLARATION CEM II/A-LL 42,5 R [d179d222-42c7-df50-67c7-8208520c24e5](https://www.epd.org/epd/d179d222-42c7-df50-67c7-8208520c24e5)

***UMWELT-PRODUKTDEKLARATION CEM III/A 42,5 N (na) [db688ba0-8f33-caaa-67d2-a36a37ef006a](https://www.epd.org/epd/db688ba0-8f33-caaa-67d2-a36a37ef006a)

****Zum Zeitpunkt des Abschlussberichtes noch keine UMWELT-PRODUKTDEKLARATION für PKH naturecem, laut Spinner hat er ca. die Hälfte des CO2-Fußabdruckes von Standardzementen.

3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Das bei der Antragstellung errechnete Investitionsvolumen konnte bestätigt werden und ist im Verwendungsnachweis wiedergegeben. Unsere im Antrag geplante Investition belief sich auf 250.000 EUR, die tatsächliche Investition (Eigenmittel) zum Zeitpunkt der Berichtserstellung beträgt 251.833 EUR.

Unter Berücksichtigung der Betriebskosten (pro m³ Beton ca. 0,50 EUR für Strom) und der Anlagen-Wartung (voraussichtlich ca. 5.000 bis 10.000 EUR p.a.) wurde bei der Antragstellung mit dem Wechsel von CEM I auf CEM II sowie der Reduktion von 350 kg auf 320 kg/m³ Beton eine Amortisationsperiode von etwa 6 Jahren erwartet. Die Einsparung p.a. sollte etwa 50.000 EUR betragen.

Während des Projektes wurde der Wechsel von CEM I auf CEM II im Winter und von CEM II auf CEM III im Sommer (Reduktion von 350 kg auf 320 kg/m³ Beton steht noch bevor) realisiert und die dadurch errechnete Einsparung p.a. von etwa 46.000 EUR und die Amortisationsperiode nach Abzug von Wartung und Betriebskosten von etwa 3,3 Jahren berechnet.

Des Weiteren ist anzunehmen, vorausgesetzt der stabilen Wirtschaftslage, dass der positive Marketingeffekt zur Kapazitätserweiterung, Sicherung der Arbeitsplätze und weiterer Verringerung der Amortisationsperiode führt.

Die Wirtschaftspotenziale, wie auch die technologischen Potenziale des Sonocrete-Verfahrens sind in unserem Werk noch lange nicht erschöpft. Wir stehen ganz am Anfang eines neuen Betonzeitalters: vordergründig ist das Kennenlernen des Verfahrens und seine Auswirkung auf die betrieblichen Prozesse angestrebt sowie die notwendigen Umstellungen und Anpassungen in dem Produktionsablauf. Im nächsten Schritt tasten wir uns an die Zementmenge in unseren Rezepturen und versuchen diese zu reduzieren. Später sind auch Versuche mit den gröber aufgemahlene Zementen geplant – diese sind billiger und umweltfreundlicher, da für deren Herstellung weniger Energie gebraucht wird.

3.5. Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Konventionelle Verfahren zur Beschleunigung der Betonfestigkeit basieren meist auf Temperaturerhöhung (z. B. Dampfbehandlung, Wärmekammer) oder dem Einsatz chemischer Beschleuniger. Beide Ansätze bringen Nachteile mit sich: Das Heizen erfordert hohe Energiemengen und verursacht entsprechende CO₂-Emissionen. Chemische Beschleuniger sind teuer und wirken nur bei relativ warmen Temperaturen.

Im Gegensatz dazu setzt das Sonocrete-Verfahren auf einen physikalischen Ansatz: Mittels gezielter Ultraschallbehandlung wird eine vorgemischte Slurry aus Zement, Wasser und sekundären Bindemitteln (SCMs) aktiviert. Diese vorgelagerte Behandlung

verändert die Hydratationskinetik auf Mikroebene und fördert eine schnellere und gleichmäßigere Reaktion im Beton auch bei niedrigen Temperaturen.

Die Vorteile gegenüber den konventionellen Verfahren sind vielfältig. Sonocrete benötigt nur minimale zusätzliche Energie im Produktionsprozess, da keinen Wärmeeintrag nötig. Die CO₂-Emissionen sinken dadurch deutlich. Gleichzeitig werden keine chemischen Zusatzstoffe verwendet, was deutlich kosteneffizienter ist. Auch die Qualitätskonstanz ist höher, da die Ultraschallparameter präzise und reproduzierbar eingestellt werden können.

Insgesamt stellt Sonocrete eine technische Neuerung dar, die sich deutlich von bestehenden Verfahren unterscheidet. Durch den Verzicht auf thermische oder chemische Eingriffe bietet es eine nachhaltige, wirtschaftliche und produktionstechnisch effiziente Alternative zur klassischen Beschleunigung der Festigkeitsentwicklung.

4. Übertragbarkeit

4.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Laut dem Anlagehersteller ist einer der wichtigen Vorteile der Sonocrete-Anlage, dass sie in nahezu jedem Betonfertigteilwerk integriert und eingesetzt werden kann. Die Technologie funktioniert als Bypass-System und lässt sich schnell und nahtlos in bestehende Produktionsprozesse integrieren, ohne dabei die übliche Betonproduktion wesentlich zu verändern. [4]

Das können wir nun bestätigen – die Konfigurierung der Anlage hat nur einen Monat gedauert, die Aufstellung in der modularen Weise dauerte einen Tag. Wie schnell die Implementierung weiter geht, hängt allerdings von der ausgewählten Suspensionszusammensetzung und der Materialzufuhr ab und nimmt in jedem Einzelfall ungleich viel Zeit in Anspruch.

Es kann auch technisch unterschiedlich herausfordernd sein – als zweite (oder auch dritte -bei dem Bindemittelmix) Schnecke vom bestehenden Zementsilo bis zum externen Silo (evtl. doppelwandig) mit eigenem Fundament und Steuerung.

Während des Projektes kam der Anlage-Entwickler Sonocrete zur Erkenntnis, dass mit einer Mischung sekundärer Bindestoffe den Problemen an der Anlage im Wesentlichen vorgebeugt werden kann – dafür wären aber bei uns die Aufstockung der Investitionssumme und erhebliche Änderungen im Zeitplan erforderlich. Nach mehreren Versuchen in diese Richtung, Antragstellung auf Mittelumwidmung und anschließendem Zurückziehen des Antrages, sind wir bei der ursprünglichen Lösung, der Slurry aus Zement, geblieben. Für die anderen Fertigteilwerke ist die Lösung mit der Mischung aus den sekundären Bindemitteln sinnvoll und bei entsprechender Vorplanung sehr empfehlenswert. Dies hätten wir auf jeden Fall so gemacht, wenn die Kenntnis zum Punkt der Anlagekonfiguration vorgelegen hätte. Evtl. wird es Gegenstand des

Folgeprojektes bei MATTIG & LINDNER sein.

Einen beachtlichen Teil nahmen zudem die Implementierungsarbeiten, vor allem durch Abstimmung mehrerer Akteure (IT Sonocrete, eigene IT, IT der Mischanlagesteuerung) und der Kommunikation verschiedener Steuerungssysteme ein. Dem sollte bei der Planung genügend Zeitraum eingeräumt werden und die Bestellung der Steuerung gleich nach der Anlagebestellung erfolgen. Hier entstand bei uns eine Verzögerung, da die Konfiguration der Schnittstelle und die Bereitstellung der Steuerung ebenso zeitintensiv sind.

Je nach Platzangebot kann die Sonocrete-Mischanlage direkt in der Werkshalle oder außerhalb, anliegend an das Werk, aufgebaut sein. Bei der zweiten Variante – wie in unserem Werk – sollte die Wasserzuleitung, die Kompressorstation, das Klimagerät, und die Sonocrete-Anlage winterfest gemacht werden. Auch der Aufbau einer Restwasserrinne von der Sonocrete-Anlage bis zum Recyclingbecken sowie Entsorgungsmöglichkeit für die Suspensionsreste sind bei uns erforderlich gewesen.

Demzufolge ist die gesamte Peripherie ein beachtlicher Teil des Vorhabens und entsprechend zeitlich und wirtschaftlich einzuplanen.

Jedes Fertigteilwerk hat sein eigenes Profil und ist entweder breit oder eng spezialisiert. Je enger die Spezialisierung ist, desto überschaubarer sind die Anforderungen an die Frisch- und Festbetoneigenschaften und desto einfacher ist die Zusammenführung beider Technologien.

Bei enger Spezialisierung sind meistens auch die Produktionsabläufe fester und geregelter, ähnlich dem Fließbandkonzept. Springt die Produktion zwischen verschiedenen Fertigungshallen, den Sonderbauteilen mit verschiedenen Anforderungen, wie es bei uns der Fall ist, ist die Suspensionsabnahme sehr diskontinuierlich und über einen längeren Zeitraum ausgedehnt. Dabei muss der Kühlungsgrad höher sein, was wiederum den Beschleunigungseffekt etwas unterdrückt. Wenn wir dieses Projekt noch einmal angehen würden, würden wir anstelle eines großen Suspensionsaufbereitungstanks zwei kleinere Tanks setzen, um flexibler bei der Abnahmezeit zu sein. Auch betontechnologische Anforderungen würden wir mit zwei Aufbereitungstanks besser bewältigen – so könnten wir z.B. dünnwandige Teile mit einer Suspension (höhere Abnahmetemperatur) und die massigen Teile mit der zweiten, stärker gekühlten Suspension produzieren. Nachträglich ist die Nachrüstung eines zweiten Tanks aufgrund begrenzter Platzkapazität in dem auf bestimmte Größe konzipierten Modul nicht umsetzbar.

Die zweite Verbesserung, die wir demnächst umsetzen möchten, ist die Vereinfachung der Bedienungsfläche, die folgende Vorteile mit sich bringt:

- Größere Übersichtlichkeit
- Intuitive Bedienung

- Einfachere Vorplanung
- Tablet-Einbindung für mobiles Arbeiten (interessant in den Fällen der Außenplatzierung der Sonocrete-Anlage, wenn die Hauptmischanlage nicht im Sichtfeld ist)

4.2. Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Im Prinzip kann jedes Betonfertigteilwerk von der Sonocrete-Technologie profitieren, die Investitionen sind überschaubar, die Integration ist schnell geplant und je nach Lösungsweg auch relativ schnell umgesetzt.

Das Verfahren lässt sich modular in bestehende Betonwerke integrieren, ohne tiefgreifende Änderungen an Infrastruktur oder Prozesskette. Durch die Aktivierung der Slurry außerhalb des Hauptmischprozesses bleibt der Produktionsablauf weitgehend unangetastet, lediglich Mischzeit wird minimal erhöht.

Die Sonocrete GmbH ist dabei, die Technologie in den deutschen und europäischen Markt einzuführen, auch darüber hinaus gibt es Anfragen von Interessenten. Es sind bereits einige Anlagen gebaut und in Fertigteilwerken verschiedener Größen und Ausrichtungen installiert. Die Technik ist somit grundsätzlich für alle Fertigteilwerke geeignet. In Zukunft soll die Ultraschall-Vormischanlage auch in Richtung Transportbeton und Betonwaren weiterentwickelt werden, da auch in diesen Zweigen die Frühfestigkeit von Beton ein wichtiges Thema ist, insbesondere unter der Verwendung klinkerreduzierter Zemente. Nach Angaben des Umweltbundesamtes gibt es in Deutschland 752 Betriebe, die Betonprodukte herstellen und über 1.800 Transportbetonwerke – dass sind alles potenzielle inländische Anwender der neuen Technologie. [5]

Durch die gute Zusammenarbeit und die territoriale Nähe des Anlageentwicklers und des Anwenders hat die Anlage, die bei MATTIG & LINDNER installiert wurde, sich zu der Showcase für weitere interessierte Betonwerke entwickelt und trägt somit zur Übertragung der Technologie bei. Bereits im ersten Jahr haben wir die Besucher von über 20 Werken empfangen. Auch Interessenten aus Wissenschaft weltweit (darunter Thailand, Indien, Brasilien) haben unsere Anlage in Forst im ersten Halbjahr 2025 besichtigt.

4.3. Kommunikation der Projektergebnisse

Während des Projektes erfolgte kontinuierlich die im Zuwendungsbescheid beauftragte branchenspezifische Kommunikation der Projektergebnisse durch

- a) Veröffentlichungen in den bundesweit erscheinenden Fachjournalen wie BFT international,

- b) Fortschrittberichte auf der unternehmenseigenen Webseite (<https://www.mattig-lindner.de/inhalte/5-2679-neuigkeiten.php>, <https://www.mattig-lindner.de/inhalte/40-2690-entwicklung.php>)
- c) Informationsweitergabe auf einem Kolloquium im Kompetenzzentrum Forst (<https://www.mattig-lindner.de/inhalte/40-2693-entwicklung.php>)



Bild 9: Kolloquium im Kompetenzzentrum Forst (Lausitz) (Quelle: MATTIG & LINDNER, 2025)

Darüber hinaus besprechen wir die Projektergebnisse auch direkt mit unseren Lieferanten (Zementindustrie, Betonzusatzmittelindustrie), Anlagebauer, Fachverbänden und natürlich mit Kunden/Interessenten.

Seitens Sonocrete wird das Verfahren (incl. Ergebnisse unseres Projektes) weltweit popularisiert – auf den Messen (z.B. bauma 2025, München), Festival Decarbon Days 2025, in den zahlreichen Publikationen und Vorträgen.

Im Juni 2025 wurde unsere Anlage in Forst vom Chefredakteur der BFT-international besichtigt [6] https://www.linkedin.com/posts/bft-international_concrete-precasterinnovationinconstruction-activity-733664929833380609-l8UB

Das Cluster Dekarbonisierung der Industrie (CDI) lädt seine Partner vom 10. bis 12. September 2025 zum diesjährigen CDI Summer Summit am dritten Tag nach Forst ein [7]

5. Zusammenfassung/ Summary

– Einleitung/Introduction

MATIG & LINDNER GmbH ist ein mittelständisches Bauunternehmen mit eigenen Betonfertigteilwerk, Prüfstelle und FuE-Bereich. Wir arbeiten in Kooperationsprojekten mit Forschungseinrichtungen und Unternehmen an neuen Produkten und Technologien. Das vorliegende Vorhaben ist aus einem FuE-Verbundprojekt mit dem jungen Cottbusser Start-Up-Unternehmen Sonocrete GmbH entstanden. Wie die anderen Fertigteilwerke setzen auch wir den klinkerreichen Zement CEM I um die Frühfestigkeiten schneller zu erreichen. Es belastet die Umwelt mit hoher CO₂-Emission und die Betonwerke mit hohem Zementpreis. Alternativen brachten in dieser Hinsicht bis jetzt keine Verbesserung.

MATIG & LINDNER GmbH is a medium-sized construction company with its own precast concrete plant, testing facility, and R&D division. We collaborate with research institutions and industry partners on the development of new products and technologies. The current project emerged from a joint R&D collaboration with the young start-up Sonocrete GmbH, based in Cottbus. Like other precast plants, we use clinker-rich cement (CEM I) to achieve early strength gain. However, this practice causes high CO₂ emissions and leads to significant costs due to the price of cement. So far, alternative approaches have not delivered any improvements.

– Vorhabenumsetzung/Project implementation

Ziel unseres Vorhabens besteht in dem Aufbau einer ultraschallgestützten Produktion von Betonfertigteilen. Neben der Vorzeigefunktion der Minderung von Umweltbelastungen und CO₂-Emissionen durch Verzicht auf Wärmebehandlung und Einsatz klinkerarmer Zemente sollte unsere Anlage zur Showcase für die weiteren Interessenten werden und zum Ansehen des neuen Verfahrens beitragen.

Die Sonocrete-Anlage beschleunigt die Hydratation des klinkerärmeren Zementes mittels Hochleistungsultraschall. Dadurch kann der Beton trotz des langsamen Zementes etwa gleich schnell wie mit CEM I aus der Schalung genommen werden. Sonocrete-Verfahren ist somit in der Lage, den Betonproduzenten zu helfen, ihren Beton günstiger und mit deutlich weniger CO₂-Last bei gleichbleibender Qualität und Festigkeit herzustellen.

Die Anbindung der Sonocrete-Anlage erfolgt in modularer Bauweise und ist zeitlich schnell realisierbar. Da es wie ein Bypass-System funktioniert und die ultraschallbehandelte Suspension dem Produktionsmischer zufügt, bleibt die eigentliche Fertigteilproduktion weitestgehend unberührt.

The goal of our project is to establish an ultrasound-assisted production process for precast concrete elements. In addition to demonstrating reduced environmental impact and CO₂ emissions—thanks to avoiding heat curing and using low-clinker cement—our facility is intended to serve as a showcase for interested stakeholders and contribute to broader adoption of the process.

The Sonocrete system accelerates the hydration of low-clinker cement using high-performance ultrasound. This enables the concrete to be demolded as quickly as when using CEM I, despite the slower-reacting cement. The Sonocrete process helps concrete producers manufacture more cost-effective concrete with significantly lower CO₂ emissions while maintaining the same quality and strength.

The Sonocrete system is modular and can be implemented quickly. As a bypass system that introduces the sonicated slurry into the main production mixer, the existing precast production process remains largely unaffected.

– **Ergebnisse/Project results**

Das Vorhaben konnte erfolgreich und gemäß dem Zeitplan umgesetzt werden.

Die beantragten Mittel wurden sparsam eingesetzt, es konnte 20% der Zuwendung durch alternative Lösungen eingespart werden. Die eingesetzten Eigenmittel entsprachen der errechneten Investitionssumme.

Die geplante CO₂-Einsparung (30%) konnte erreicht werden: es wird kaum noch beheizt, die Umstellung auf die neuen Rezepturen mit den klinkerreduzierten Zementen war erfolgreich.

Die Sonocrete-Anlage entwickelte sich zur Showcase: zahlreiche Besucher haben die Anlage bei uns in Forst bereits besichtigt und es kommen immer mehr Anfragen. Das Verfahren erregt großes Interesse sowohl bei den Wissenschaftlern als auch in der Betonindustrie.

The project was implemented successfully and according to schedule.

The granted public funds were used efficiently; 20% of the funding could be saved through alternative solutions. The invested own capital corresponded to the planned investment amount.

The planned CO₂ reduction of 30% was achieved: heating is now barely required, and the transition to new mix designs using low-clinker cement was successful.

The Sonocrete system has developed into a true showcase installation: many visitors have already toured the plant in Forst, and the number of inquiries continues to grow. The process is generating significant interest from both the scientific community and the concrete industry.

– **Ausblick/Prospects**

Im Prinzip kann jedes Betonfertigteilwerk von der Sonocrete-Technologie profitieren, die Integration ist schnell geplant und je nach Lösungsweg auch relativ schnell umgesetzt.

Das Verfahren lässt sich modular in bestehende Betonwerke integrieren, ohne tiefgreifende Änderungen an Infrastruktur oder Prozesskette. Durch die Aktivierung der Slurry außerhalb des Hauptmischprozesses bleibt der Produktionsablauf weitgehend unangetastet.

Die Sonocrete GmbH ist dabei, die Technologie in den deutschen und europäischen Markt einzuführen, auch darüber hinaus gibt es Anfragen von Interessenten. Es sind bereits einige Anlagen gebaut und in Fertigteilwerken verschiedener Größen und Ausrichtungen installiert. In Zukunft soll die Ultraschall-Vormischanlage auch in Richtung Transportbeton und Betonwaren weiterentwickelt werden, da auch in diesen Zweigen die Frühfestigkeit von Beton ein wichtiges Thema ist. Nach Angaben des Umweltbundesamtes gibt es in Deutschland 752 Betriebe, die Betonprodukte herstellen und über 1.800 Transportbetonwerke – dass sind alles potenzielle inländische Anwender der neuen Technologie.

In principle, every precast concrete plant can benefit from Sonocrete's technology. The integration is easy to plan and, depending on the specific solution, can be implemented relatively quickly.

The system is modular and can be integrated into existing plants without major changes to infrastructure or the production chain. Since the slurry is activated outside the main mixing process, the production flow remains largely unaffected.

Sonocrete GmbH is currently introducing the technology to the German and European markets, with international interest already growing. Several systems have already been built and installed in precast plants of varying sizes and orientations.

In the future, the ultrasonic premixing system is also expected to be developed for ready-mix and concrete product applications, as early strength development is an important topic in these segments as well. According to the German Environment Agency, there are 752 manufacturers of concrete products and over 1,800 ready-mix concrete plants in Germany—each a potential domestic user of this new technology.

6. Literatur

- [1] <https://www.mattig-lindner.de/index.php>
- [2] bft-international, Ausgabe 2021-05, „Nachhaltige Beschleunigung der Betonerhärtung mit Sonocrete“
- [3] <https://bi-medien.de/fachzeitschriften/baumagazin/ingenieurbau/klimaneutrales-bauen-zement-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-b14498>
- [4] <https://www.bft-international.com/de/artikel/innovation-hochleistungsultraschall-vormischanlage-4104465.html>
- [5] https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet_beton_fi_barrierefrei.pdf&ved=2ahUKEwj74o6c1-mOAxVE7LsIHYP5KSoQ-tANegQICRAO&usg=AOvVaw1pN4Wl1PQtTGJhEZD4uZc4
- [6] https://www.linkedin.com/posts/bft-international_concrete-precastconcrete-innovationinconstruction-activity-7336649298333380609-l8UB
- [7] <https://zukunft-aus-brandenburg.de/aktuelles/veranstaltungen/cdi-summer-summit-2025>

7. Anhang