

# Prädiktive Qualitätsregelung im TB

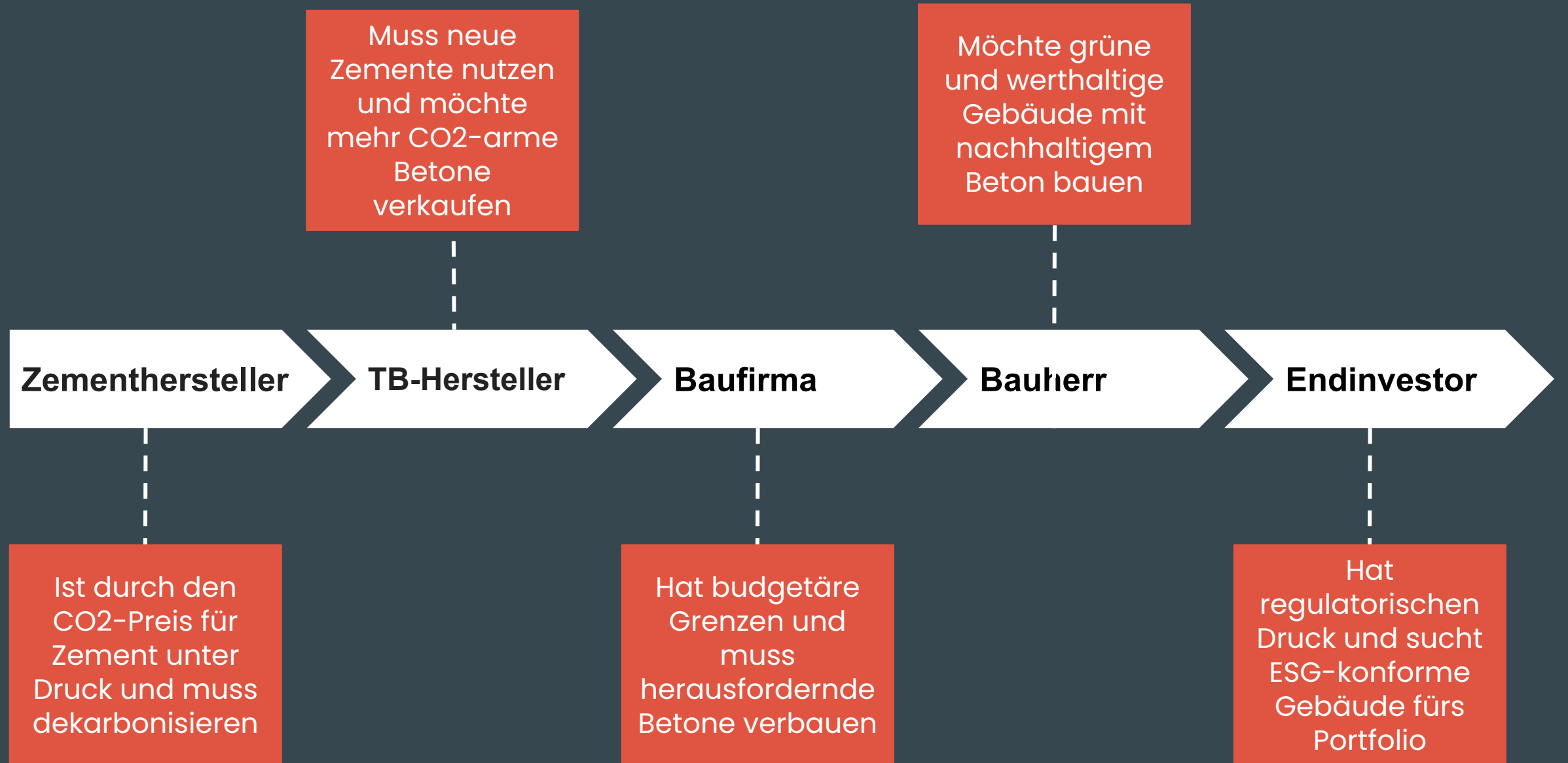
Effizient und kostengünstiger bauen  
mit CO<sub>2</sub>-reduziertem Beton

**a|cem|y**

# Agenda

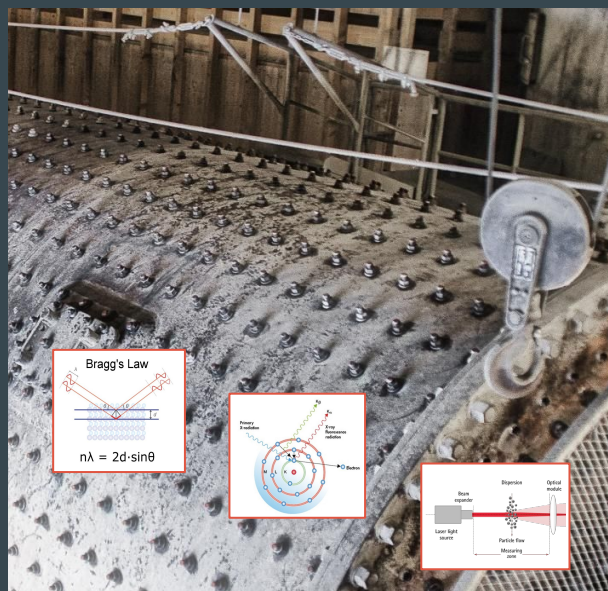
1. Über alcemy
2. Herausforderung im Beton
3. alcemy's Qualitätssicherung
4. Projektbeispiel: Edge East Side

# Nachhaltiger Beton: Das Henne-Ei-Problem



# alcemy blickt auf erfolgreiche Jahre zurück

## alcemy für ZEMENT



**20**

Werke bis Ende  
2023

**ROI positiv**  
nach 2 Jahren

## alcemy für BETON



**30+**

Werke bis Ende  
2023

**20-40%**

weniger  
Fluktuationen des  
Ausbreitmaßes

## Klinkereffizienz IN AKTION



**28%**

Klinker Zement  
erfolgreich betoniert

**4 CEM X**

ABZ auf dem  
Weg

# ...und hat ein ambitioniertes Team

## Eckdaten

- ★ 2018 in Berlin gegründet
- ★ 50+ Mitarbeiter, v.a. ML- & Software-Ingenieure
- ★ 20+ Kunden
- ★ 14 Mio. € an Finanzmitteln
- ★ Zu 100% unabhängig von Spenner / Herkules
- ★ Investoren: u.a. Bitstone Capital, Momeni Ventures, Martin Rodeck



Zement  
& Beton

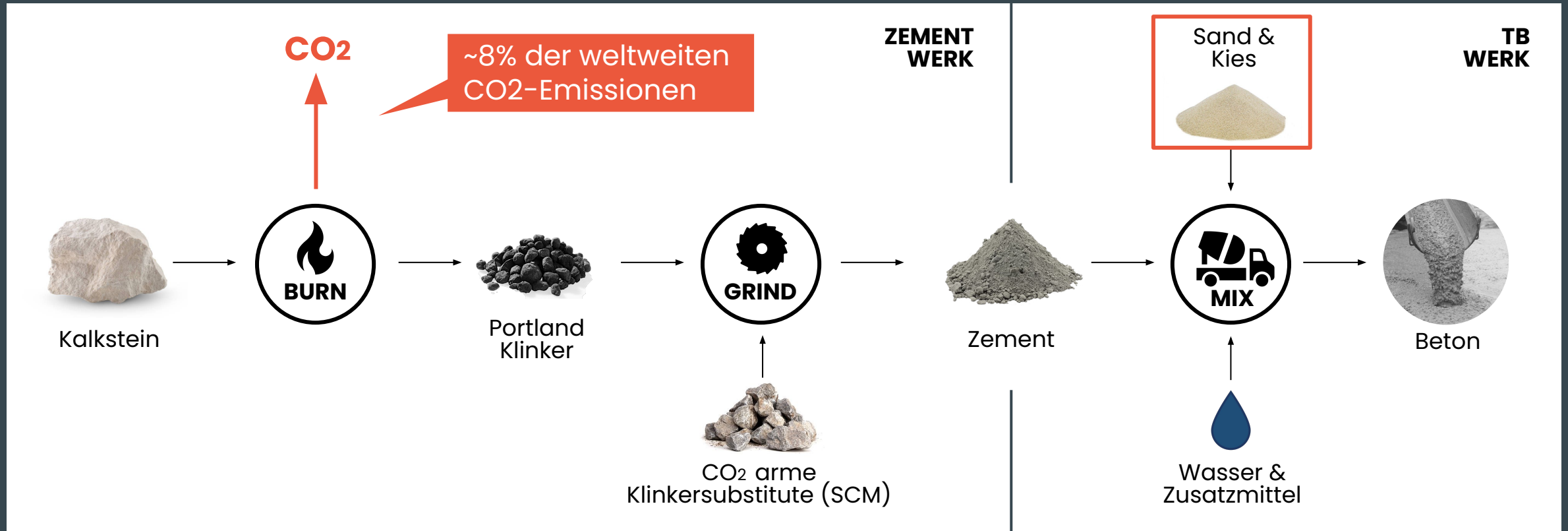
ML,  
Daten,  
Software

CO<sub>2</sub>  
Reduktion

# Agenda

1. Über alcemy
2. Herausforderung im Beton
3. alcemy's Qualitätssicherung
4. Projektbeispiel: Edge East Side

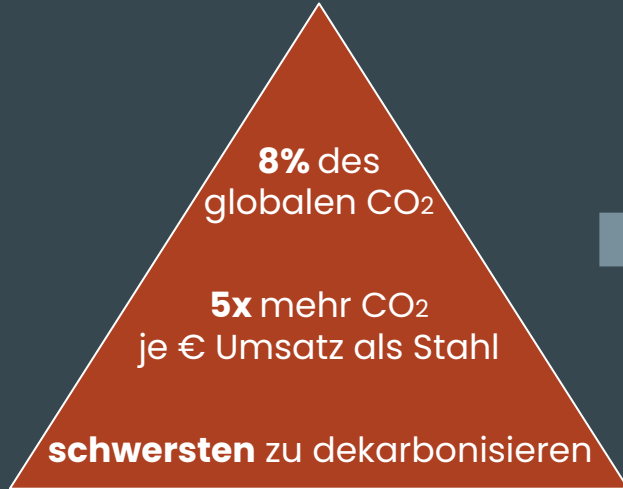
# Die zwei Herausforderungen von Beton: CO<sub>2</sub> und Primärrohstoffe



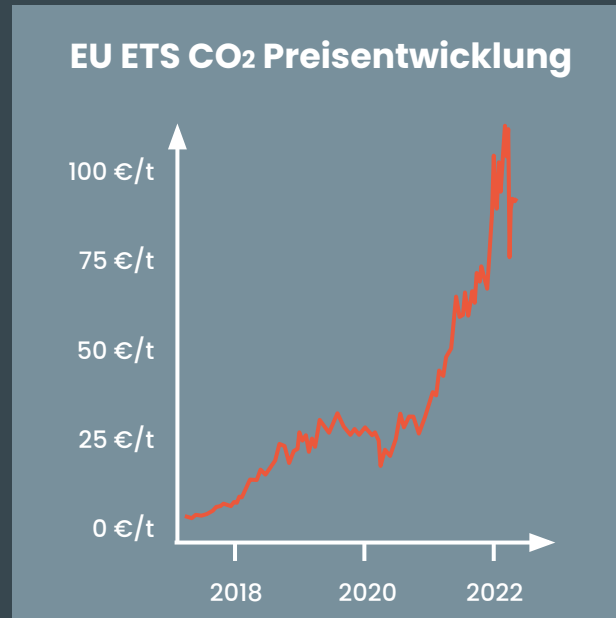
~85% des CO<sub>2</sub> Fußabdrucks von Beton kommt vom Klinker

~80% der Masse des Betons ist Sand/Kies aus Natur

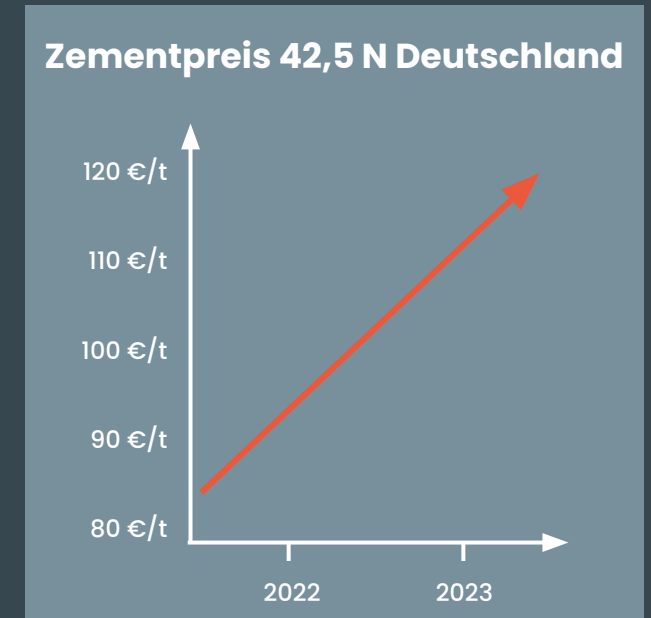
# Kein anderes Material wird in Zukunft so teuer



Kein anderer Sektor hat ein vergleichbares CO<sub>2</sub> Problem



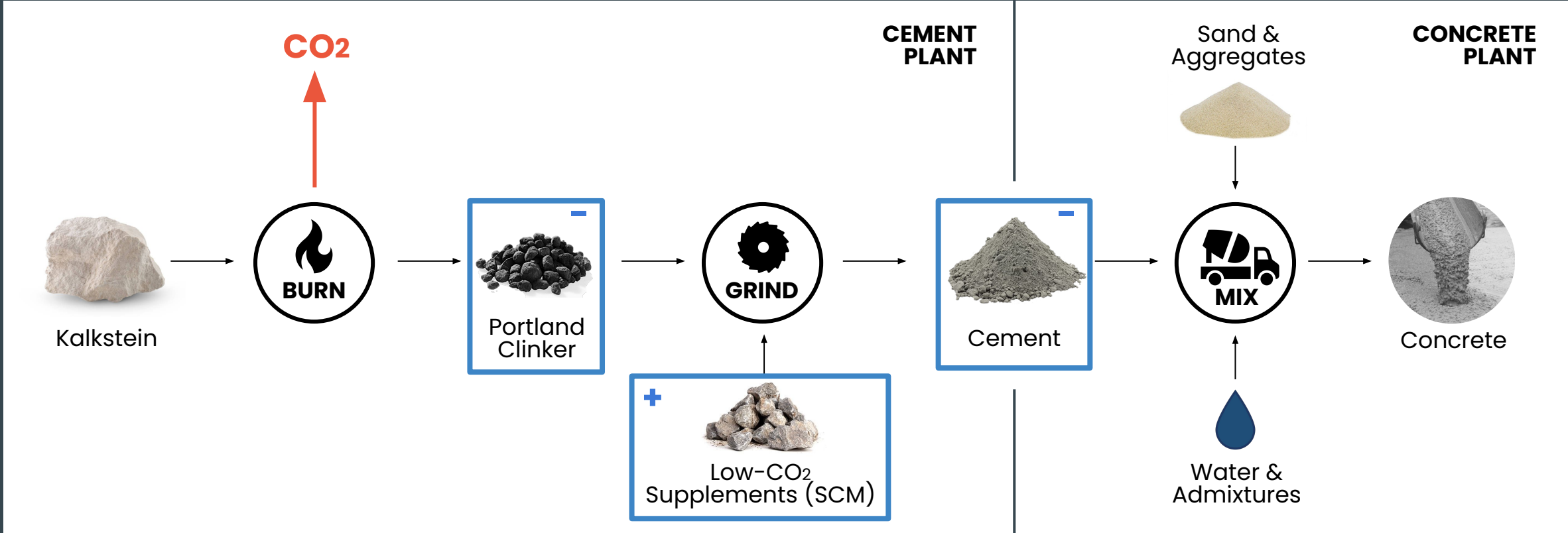
CO<sub>2</sub> Preise von 5€ auf 100€ explodiert



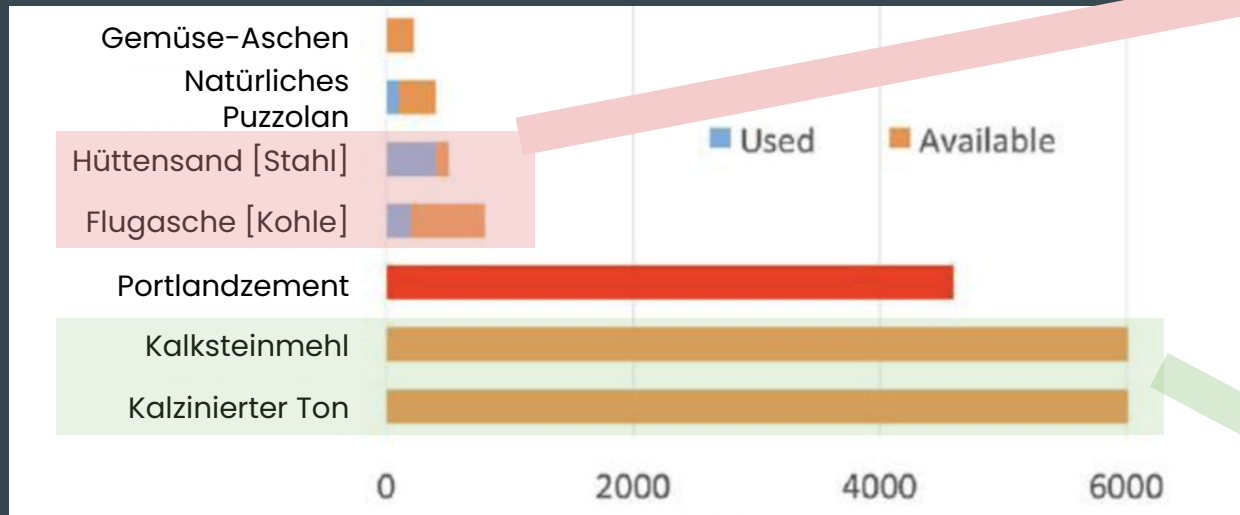
Zementpreise kennen nur eine Richtung



# CO<sub>2</sub>-Reduktion heute über Reduktion Klinkerfaktor



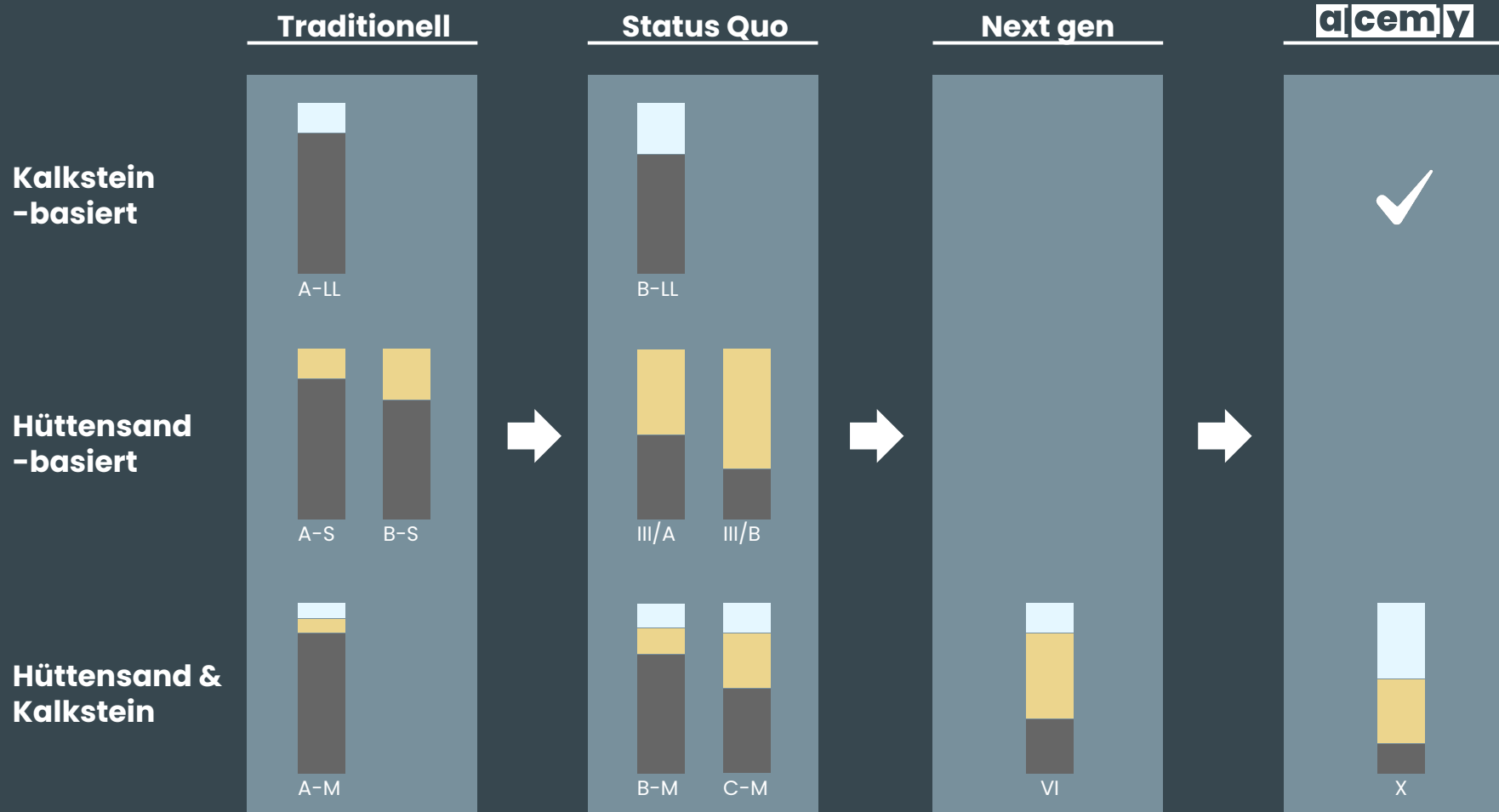
# Doch mit heute verwendeten **Klinkersubstituten** ist das Potenzial ausgeschöpft



Quelle: UN-Studie: Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry (2017)

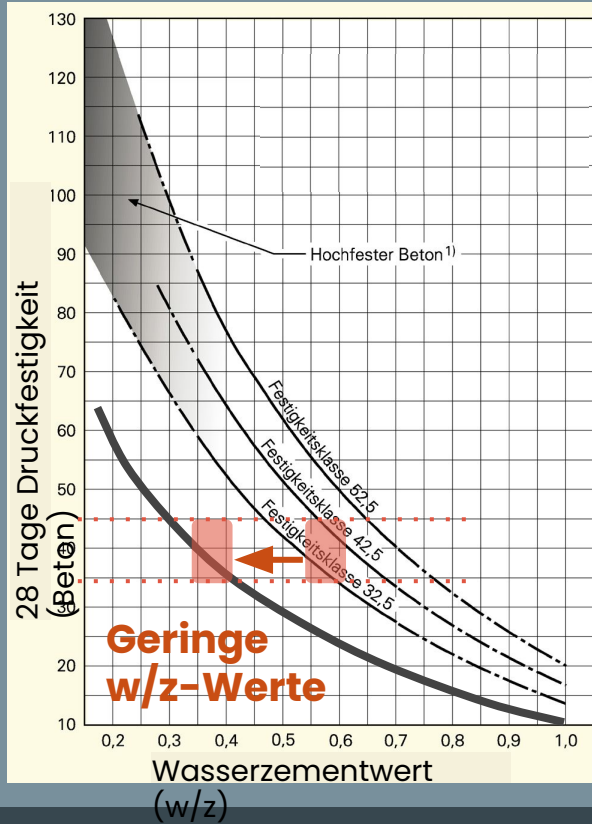
| Zementklinker<br>- zu ersetzen -   | Hüttensand  | Flugasche        |
|--|---|------------------|
|  |   |                  |
| hinaus   | Bereits praktisch voll ausgeschöpft<br>Zudem weiter abnehmend |                  |
| Kalksteinmehl  | Rezyklierte Feinstoffe  | Calcinierte Tone |
|  |   |                  |
| Hoch – in größerer Menge verfügbar als Klinker selbst<br>Allerdings regional unterschiedlich gut verfügbar |   |                  |

# Nachhaltigkeit: CO<sub>2</sub> - Reduzierung UND Skalierbarkeit

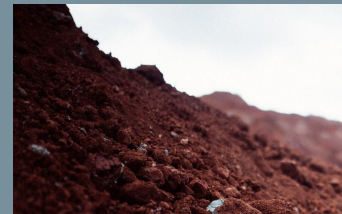


# Breit verfügbare Substitute...

## Niedrige w/z-Werte nötig



**Kalksteinmehl**

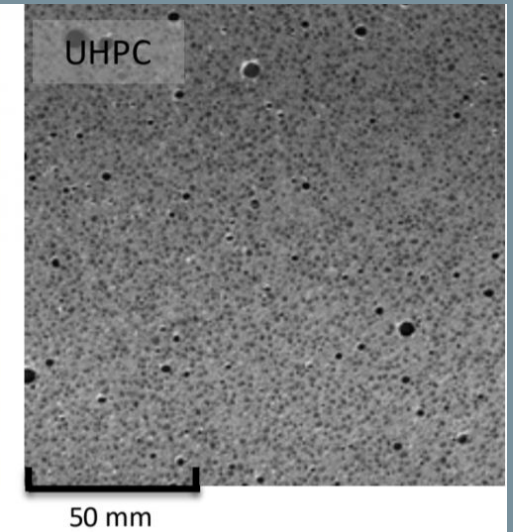
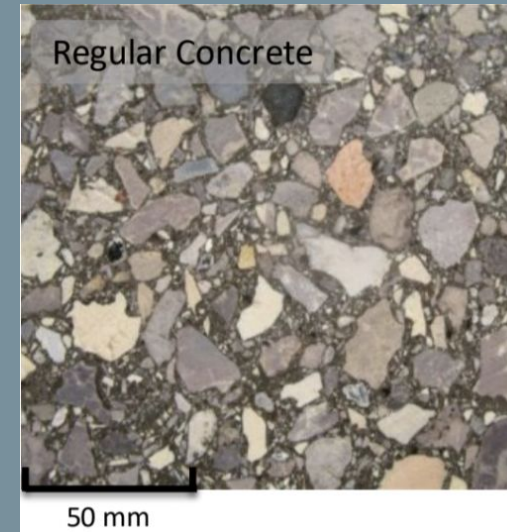


**Kalziniertes Ton**



**RC-Brechsand**

## Ähnlichkeit mit UHPC



2-3x höhere Herstellkosten wegen v.a. Aufwand für Qualitätsicherung

**...machen den Beton sehr anspruchsvoll**

# ...brauchen ein **neues Level** an Präzision

## Normalbeton



Viel CO<sub>2</sub>-intensiver  
Klinker  
Viel Wasser



Verzeiht auch mal  
Fehler auf der  
Baustelle



## Klinkerarmer Beton auf Basis von **breit verfügbaren Substituten**



Kaum CO<sub>2</sub>-intensiver  
Klinker  
Wenig Wasser



Verzeiht deutlich  
weniger  
(Nachbehandlung,  
Ausschalung,  
Wasserzugabe)



# Qualitätsüberwachung braucht Personal auf der Baustelle



## Auf der Baustelle:

Endkontrolle Schalung  
und Bewehrung

Zuweisung Fahrmischer zu  
richtigem Entladepunkt

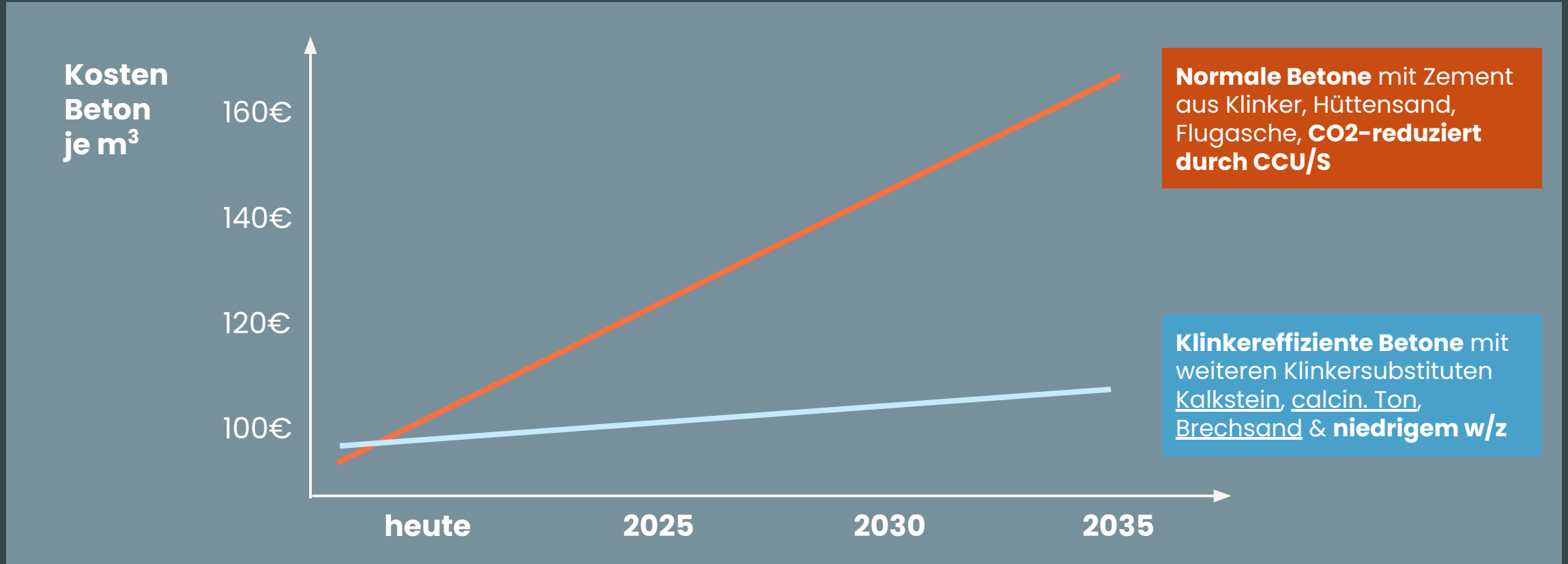
Annahmepfung des  
gelieferten Betons  
- Augenschein  
- Ausbreitmaß  
- [+Finetuning]

Auswahl geeigneter  
Pumpe / Kübel

Passende Verdich-  
tung und Entlüftung

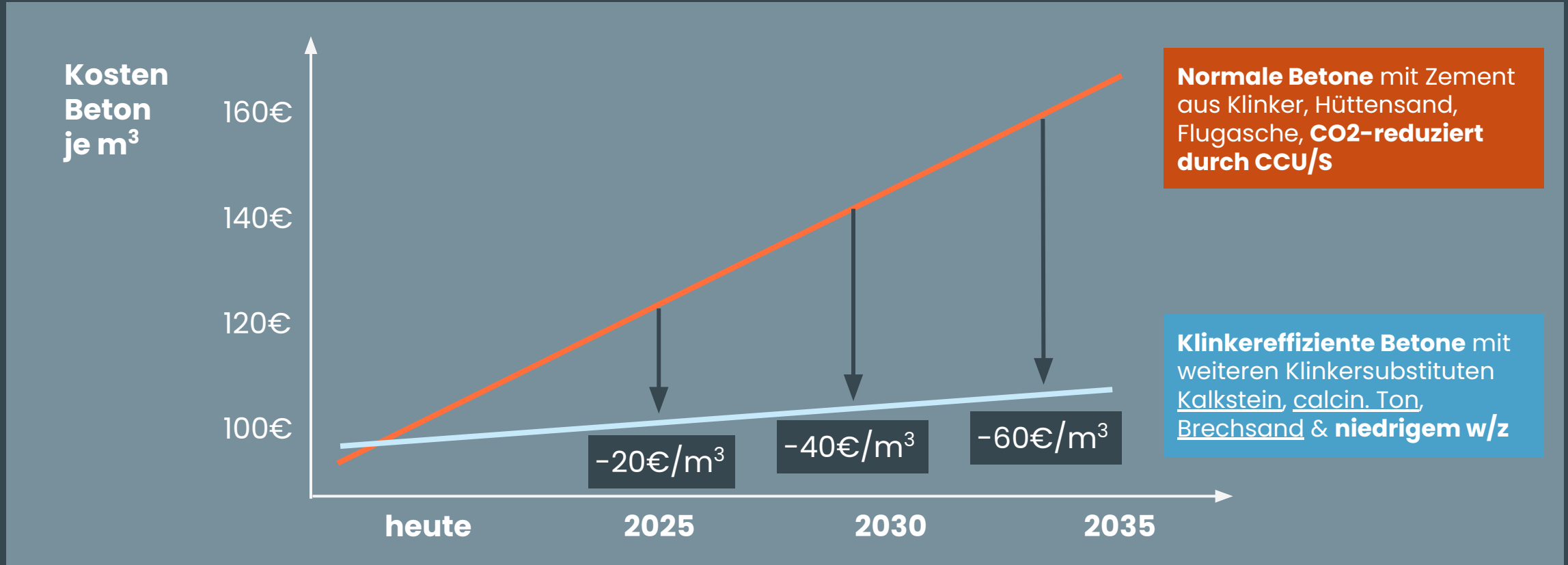
Passende  
Nachbehandlung

# Fazit 1: Klinkereffizienz ist günstiger ABER herausfordernder



|                           |          |          |          |          |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| EU CO <sub>2</sub> -Preis | ~100 €/t | ~110 €/t | ~130 €/t | ~150 €/t |
| Kostenfreie Zuteilung     | ~80%     | ~60%     | ~30%     | 0%       |

# Fazit 2: Hohe Einsparungen, WENN man QS schafft



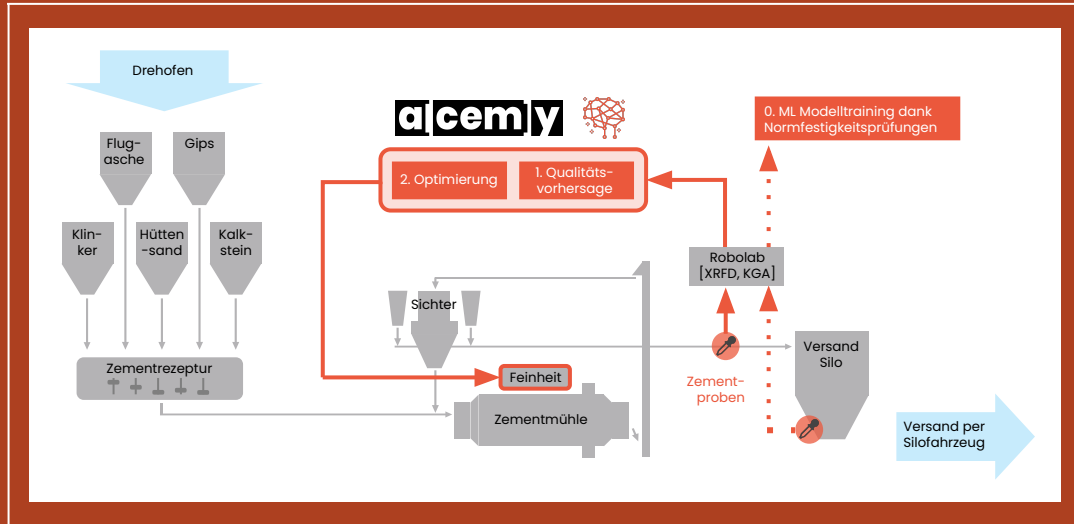
|                           |          |          |          |          |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|
| EU CO <sub>2</sub> -Preis | ~100 €/t | ~110 €/t | ~130 €/t | ~150 €/t |
| Kostenfreie Zuteilung     | ~80%     | ~60%     | ~30%     | 0%       |



# Agenda

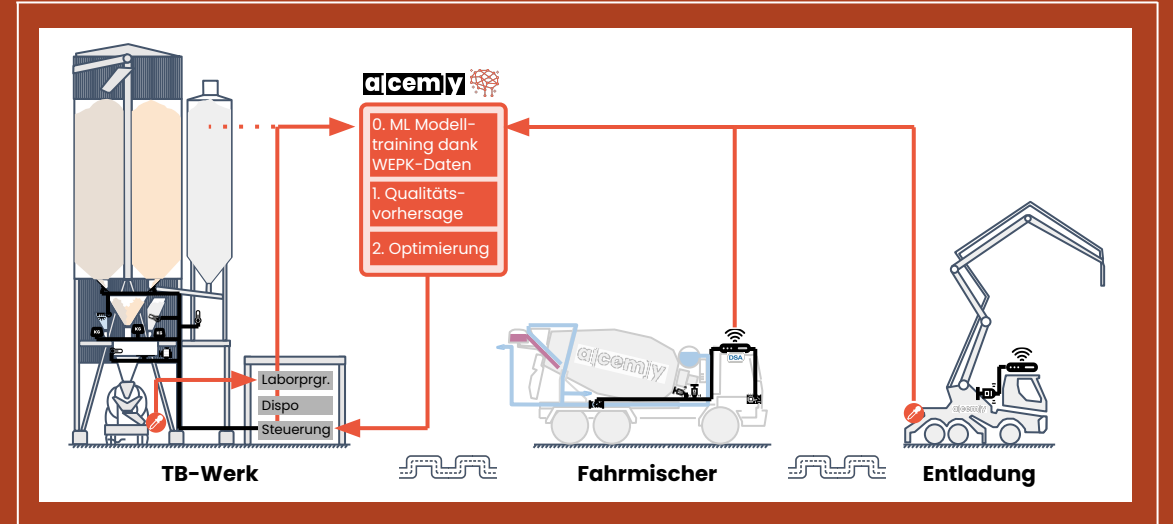
1. Über alcemy
2. Herausforderung im Beton
3. alcemy's Qualitätssicherung
4. Projektbeispiel: Edge East Side

# Von der Zementmahlung zum TB-Werk bis zur Baustelle...



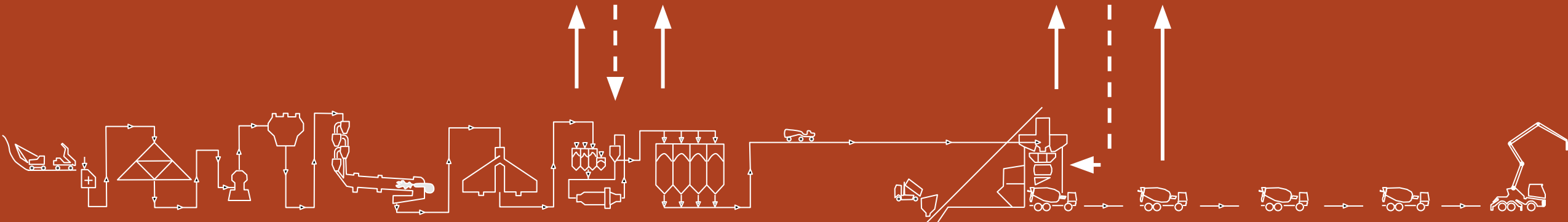
**alceemy**

FÜR ZEMENT

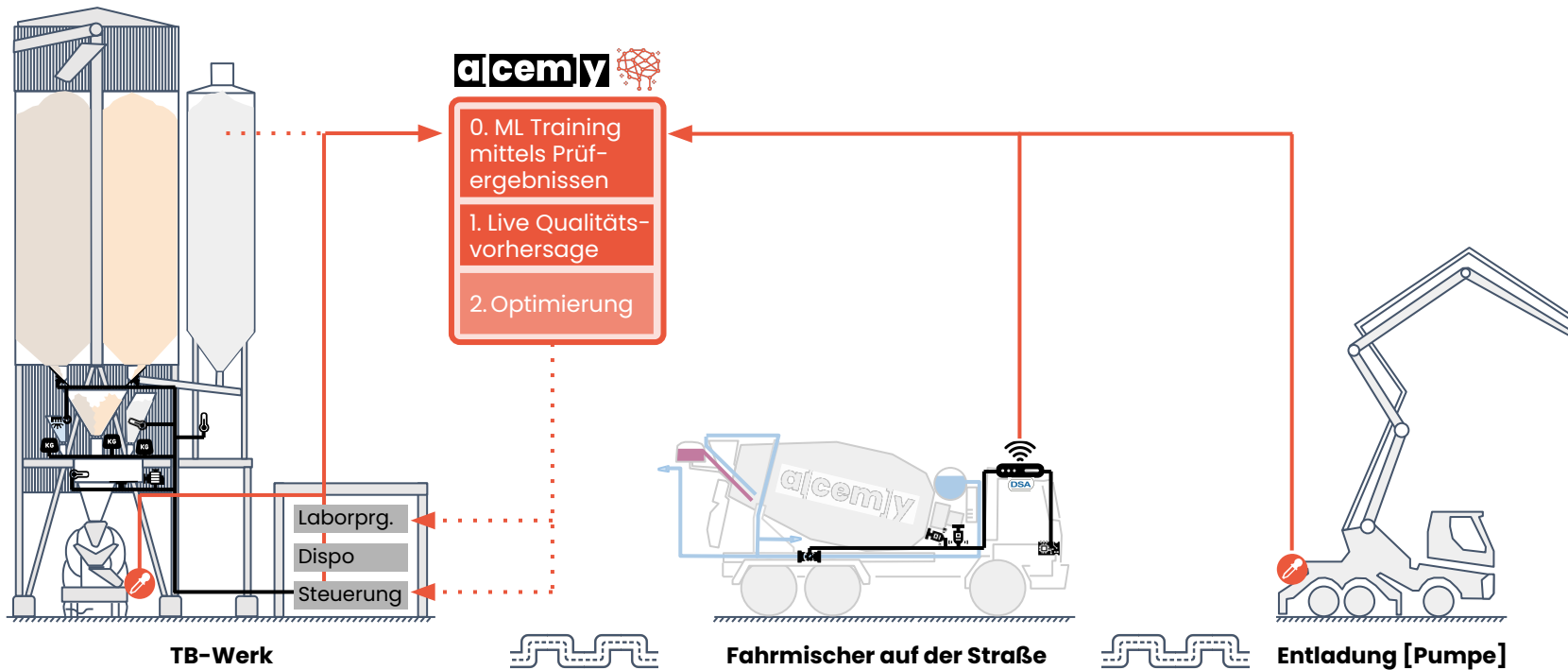
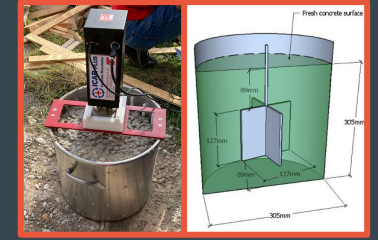


**alceemy**

FÜR BETON



# Lückenloses Monitoring des Ausbreitmaßes vom Werk bis zur Baustelle in Echtzeit



## Prediktoren: Sensordaten

- Werk: Wirkleistungskurve, Dosierungen, Feuchten, Temperaturen, etc.
- Fahrnischer: Wasseruhr, Öldruck, Trommel-RPM

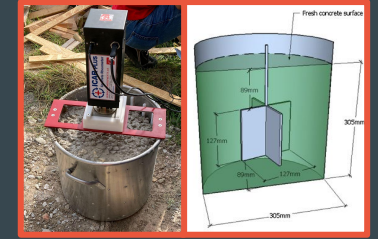
## Vorhersageziele: Frisch- & Festbetoneigenschaften

- Ausbreitmaß
- DF28 und DF56, WIP

## Stellgrößen:

- Wasserhaushalt, WIP
- FM/Konsistenzhalter, WIP
- Rezeptur, WIP

# Lückenloses Monitoring des Ausbreitmaßes vom Werk bis zur Baustelle in Echtzeit



## Zwangsmischer und Fahrmischer → Rheometer



### Prediktoren: Sensordaten

- Werk: Wirkleistungskurve, Dosierungen, Feuchten, Temperaturen, etc.
- Fahrmischer: Wasseruhr, Öldruck, Trommel-RPM

### Vorhersageziele: Frisch- & Festbetoneigenschaften

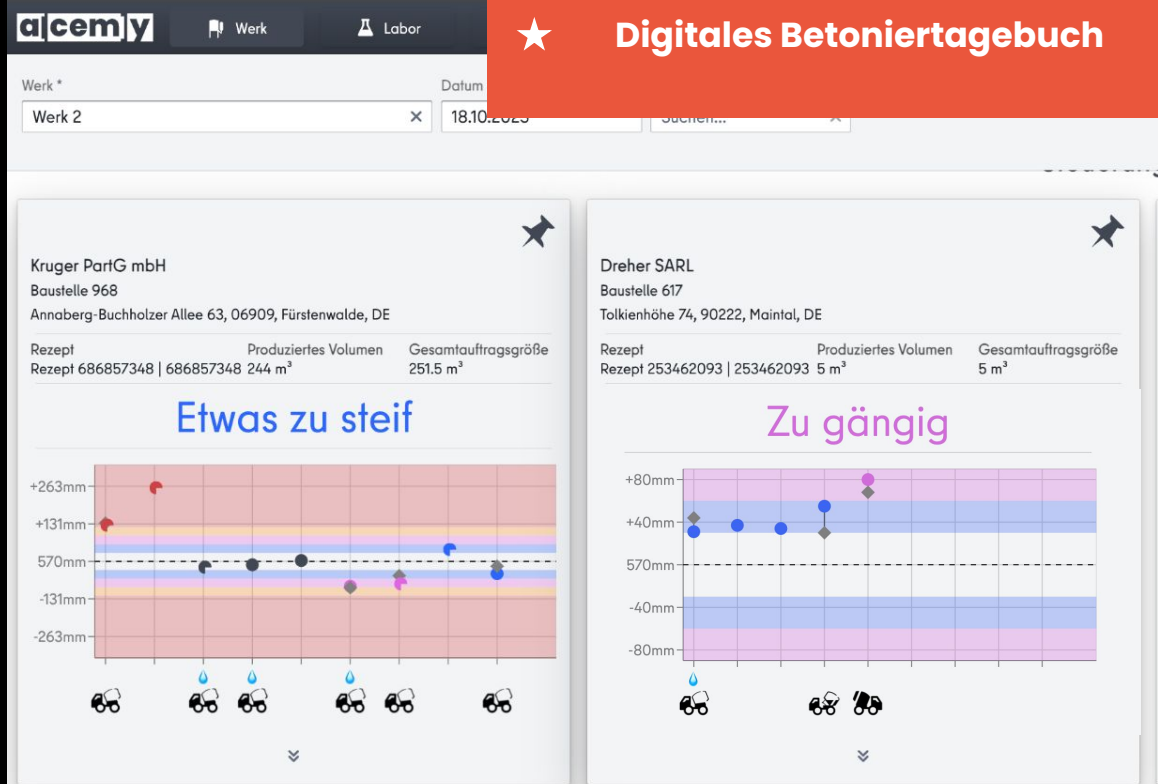
- Ausbreitmaß
- DF28 und DF56, WIP

### Stellgrößen:

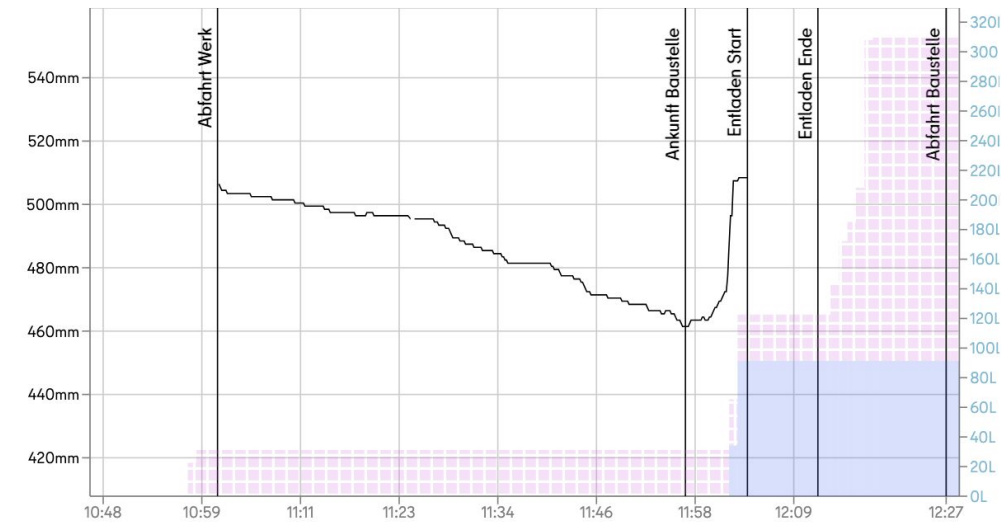
- Wasserhaushalt, WIP
- FM/Konsistenzhalter, WIP
- Rezeptur, WIP

# Web App – Eine für alle

- ★ **ABM Vorhersagen für jede Lieferung**
- ★ **Echtzeitverfolgung der Betonkonsistenz im Fahrnischer**
- ★ **Digitales Betoniertagebuch**



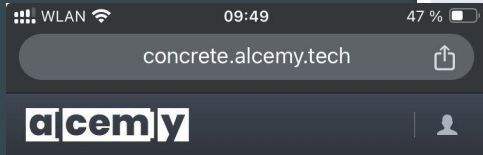
## Fahrnischerdaten



# ...und Infos für Baustelle für Polier und Administration

Digitales Betoniertagebuch inkl. ABMs bei Entladung und Wasserzugabe

| Werk        |                   | Zeitfenster                        |                  | Lieferung         |                  | Rezept           |                  |                   |            |   |                                       |                                  |  |  |                          |                          |                          |                           |  | Me |  |
|-------------|-------------------|------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------|---|---------------------------------------|----------------------------------|--|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--|----|--|
| Werk 2      |                   | 17.08.2023                         | 17.08.2023       | Suchen...         |                  | Suchen...        |                  |                   |            |   |                                       |                                  |  |  |                          |                          |                          |                           |  |    |  |
| Lieferungen |                   |                                    |                  |                   |                  |                  |                  |                   |            |   |                                       |                                  |  |  |                          |                          |                          |                           |  |    |  |
| Info        |                   |                                    |                  |                   |                  |                  |                  |                   |            |   |                                       |                                  |  |  |                          |                          |                          |                           |  |    |  |
|             | Lieferung         | Baustelle                          | Rezept           | Sortenbezeichnung | KFZ              | Liefermenge (m³) | Konsistenzklasse | Festigkeitsklasse | W/Z (soll) | W/Z (ist)                               | Sandfeuchte (%)                       | Wasser Zielwertkorrektur (kg/m³) | Manuelle Wasserdosierung - Waage (kg/m³) | Manuelle Wasserdosierung - Mischer (kg/m³) | Restwasserdichte (kg/m³) | Mischzeit bis Klappe (s) | Temperatur - Zement (°C) | Temperatur - Umgebun (°C) |  |    |  |
| 2023 16:31  | Lieferung 3319546 | Hoover SE, Baustelle 798           | Rezept 805860128 | 805860128         | 6630   IY A 1214 | 7.5              | F4               | C 35/45           | 0.47       | 0.49                                    | 4                                     | 0                                | 0  | 0  | -                        | 46.5                     | -                        | 0                         |  |    |  |
| 2023 16:30  | Lieferung 4680803 | Bosch PartG, Baustelle 542         | Rezept 288891119 | 288891119         | 118   LYF 9976   | 7                | F52              | C 30/37           | 0.53       | 0.53                                    | 3.7                                   | 0                                | 0  | 0  | -                        | 15.5                     | -                        | 27.6                      |  |    |  |
| 2023 16:14  | Lieferung 492417  | Kopp GmbH & Co. KG, Baustelle 1129 | Rezept 137822875 | 137822875         | 969   V YM 3967  | 9                | F52              | C 30/37           | 0.58       | 0.55                                    | 3.9                                   | 0                                | 243                                      | 0  | -                        | 15.9                     | -                        | 28.2                      |  |    |  |
| 2023 16:05  | Lieferung 3676994 | Dieler GbR, Baustelle 514          | Rezept 236351109 | 236351109         | 63   C J 742     | 9                | F52              | C 25/30           | 0.53       | 0.53                                    | 3.6                                   | 0                                | 0  | 0  | -                        | 15.3                     | -                        | 26.9                      |  |    |  |
| 2023 16:02  | Lieferung 1533694 | Slein SE, Baustelle 869            | Rezept 680984787 | 680984787         | 953   O U 7816   | 2.5              | F45              | C 12/15           | 1.12       | 1.19 <span style="color: red;">▲</span> | 3.7                                   | -10                              | 0  | 0  | -                        | 15.7                     | -                        | 27                        |  |    |  |
| 2023 15:56  | Lieferung 5737214 | Schafer SE, Baustelle 726          | Rezept 79198853  | 79198853          | 0   YH Y 6296    | 5.25             | F5               | C50/60            | 0.4        | 0.4                                     | 4                                     | 0                                | 0  | 0  | -                        | 159.5                    | -                        | 16.6                      |  |    |  |
| 2023 15:47  | Lieferung 4502852 | Kappel PartG, Baustelle 177        | Rezept 686857348 | 686857348         | 21   DU SW 8309  | 8                | F4               | C30/37            | 0.51       | 0.44                                    | 1.2                                   | -25                              | 0  | 0  | 1.1                      | 35.2                     | -                        | -                         |  |    |  |
| 2023 15:41  | Lieferung 7275435 | Hoover SE, Baustelle 798           | Rezept 805860128 | 805860128         | 6350   KG J 224  | 7.5              | F4               | C 35/45           | 0.47       | 0.48                                    | 4                                     | 0                                | 0  | 0  | -                        | 46.5                     | -                        | 0                         |  |    |  |
| 2023 15:38  | Lieferung 3416971 | Fertig OHG, Baustelle 1100         | Rezept 824954874 | 824954874         | 26009   K E 6052 | 7.5              | F3               | C25/30            | 0.55       | 0.55                                    | 1 <span style="color: blue;">▲</span> | 0                                | 0  | 0  | 1024                     | 57.3                     | -                        | 0                         |  |    |  |



Konsistenz bei Entladung

Vorhersage

**546 mm**

Vorhersage aktualisiert am/um:

11.01.2024 09:34

Konsistenz (Ziel)

**610 mm**

Einfache Info für Fahrmischerfahrer und Polier über Konsistenz des Betons


Hilfe

# ...und Infos für Baustelle für Polier und Administration

WLAN 09:52 46%

concrete.alcemy.tech

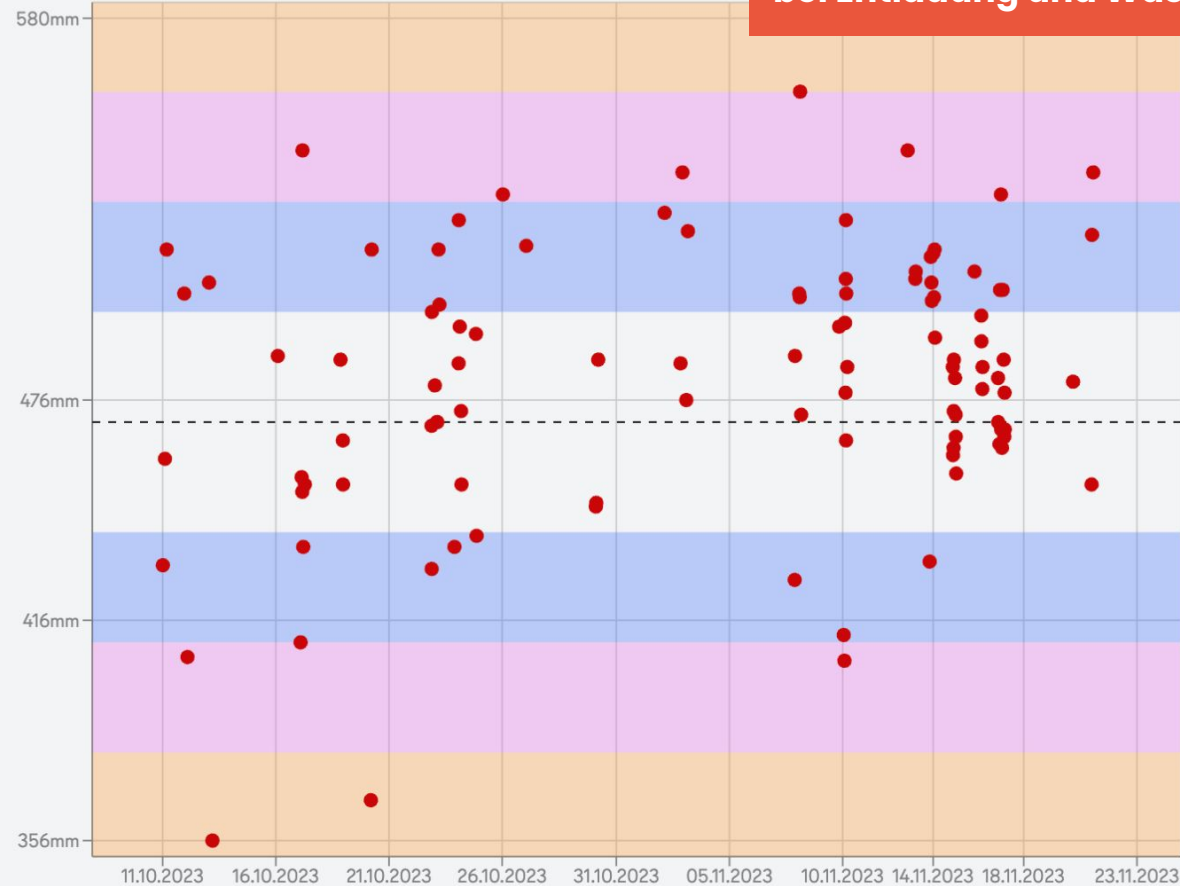
**alcemy**



**Консистенция при разгрузке**  
Прогноз  
**546 mm**  
Прогноз обновлен на:  
11.01.2024 9:34

**консистенция (Цель)**  
610 mm

|                                    |
|------------------------------------|
| W/Z (ist)                          |
| Sandfeuchte                        |
| Wasser Zielwertkorrektur           |
| Manuelle Wasserdosierung - Waage   |
| Manuelle Wasserdosierung - Mischer |
| Restwasserdichte                   |
| Mischzeit bis Klappe               |
| Temperatur - Zement                |
| Temperatur - Umgebung              |
| Temperatur - Beton                 |
| ABM Werk (Vorhersage)              |
| ABM Werk (ist)                     |
| Dauer Lieferung                    |
| Wartezeit                          |
| Entladezeit                        |
| Wasser Fahrmischer                 |
| Rücksteif-Verhalten                |
| <b>ABM Baustelle (Vorhersage)</b>  |
| ABM Baustelle (ist)                |



**Digitales Betoniertagebuch inkl. ABMs bei Entladung und Wasserzugabe**

- Lieferungen mit gleichem Rezept & Werk
- Lieferungen mit gleichem Rezept

**Einfache Info über Konsistenz des Betons - in verschiedensten Sprachen.**

# ...und Infos für Baustelle für Polier und Administration

Digitales Betoniertagebuch auch für die Baustelle

**alcemy** Werk Labor Verwaltung

+ Zugriffslink erstellen

## Temporärer Zugriff

| Ablaufdatum      | Baustellen | Kunden  | Notiz                                    |  |
|------------------|------------|---------|--|--|
| 09.03.2023 23:59 | -          | Lädt... |  | <a href="#">Zugriffslink erneuern</a><br><a href="#">Löschen</a> |
| 31.03.2023 23:59 | -          | Lädt... | EDGE-Betonage                            | <a href="#">Zugriffslink erneuern</a><br><a href="#">Löschen</a> |
| 30.11.2022 23:59 | -          | Lädt... | für meine lieben Poliere Edgar und Wilma | <a href="#">Zugriffslink erneuern</a><br><a href="#">Löschen</a> |

Einträge insgesamt: 3

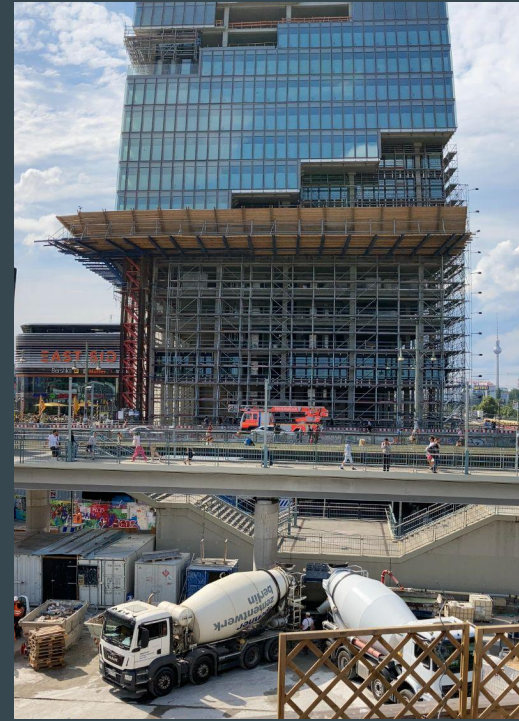
<< < > >> Seite 1 von 1 Gehe zu Seite  Zeige



# Agenda

1. Über alcemy
2. Herausforderung im Beton
3. alcemy's Qualitätssicherung
4. Projektbeispiel: Edge East Side

# “CEM X” demonstriert bei EDGE East Side Berlin



## Eckdaten

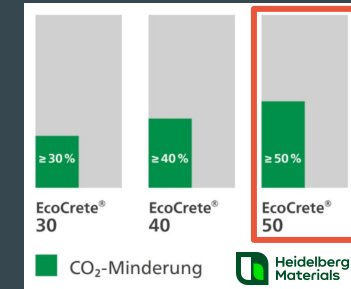
- ★ Knapp 500m<sup>3</sup> C40/50 XC1 an 12 Betoniertagen im August 2022
- ★ Gepumpt mit 25 m<sup>3</sup>/h über ~285m Pumpstrecke
- ★ Rücksteifen < 4cm bei 35°C
- ★ Lückenlose Doku durch Sensorik, dig. ABM für jede Charge und jedes Auto
- ★ ZÜBLIN war zufrieden mit Beton & Pumpbarkeit
- ★ 60% CO<sub>2</sub>-Reduktion vs. CEM I, 50% vs. Benchmark

# Durch inerte, aber breit verfügbare Klinkersubstitute bewirkten die Betonagen eine *tatsächliche* CO<sub>2</sub>-Reduktion

**CSC CO<sub>2</sub>-Level 3** [-50% CO<sub>2</sub>] lässt sich auch über heute im Markt verfügbare Produkte schaffen...

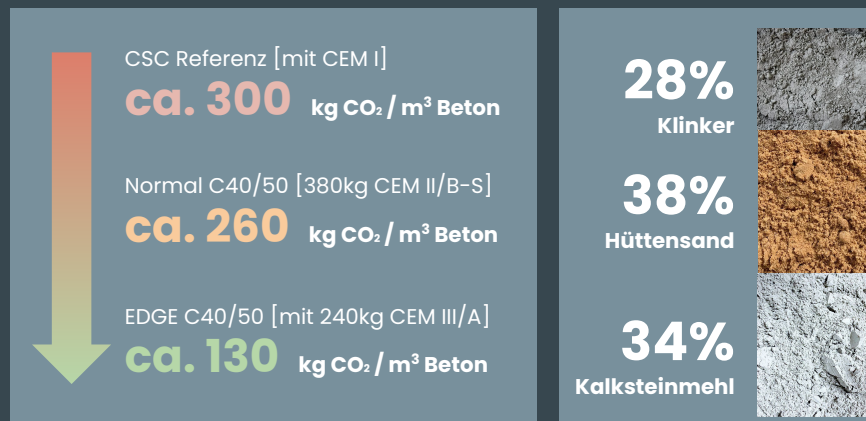
Tabelle 1: Maximal zulässige Treibhausgasemissionen [kg CO<sub>2</sub>-Äq. / m<sup>3</sup> Beton]

| CO <sub>2</sub> -Klassen  | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C45/55     | C50/60 |
|---|--------|--------|--------|--------|------------|--------|
| Maximal zulässige Treibhausgasemissionen [netto kg CO <sub>2</sub> -Äq. / m <sup>3</sup> ] <sup>3</sup> |        |        |        |        |            |        |
| Durchschnittsbeton CEM I  | 213    | 237    | 261    | 286    | 312        | 325    |
| Level 1 (↓ ≥ 30%)   | 149    | 166    | 183    | 200    | 218        | 228    |
| Level 2 (↓ ≥ 40%)   | 128    | 142    | 157    | 172    | 187        | 195    |
| Level 3 (↓ ≥ 50%)   | 107    | 119    | 131    | 143    | <b>156</b> | 163    |
| Level 4 (↓ ≥ 60%)   | 85     | 95     | 104    | 114    | 125        | 130    |



...die allerdings alle auf **Hüttensand & Flugasche** beruhen...

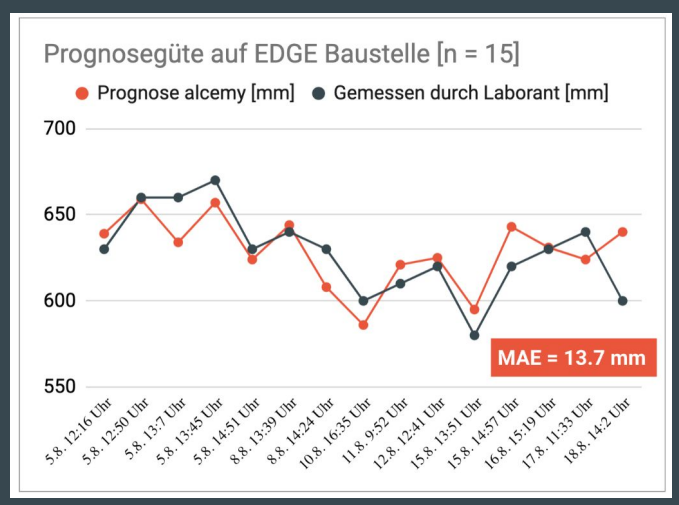
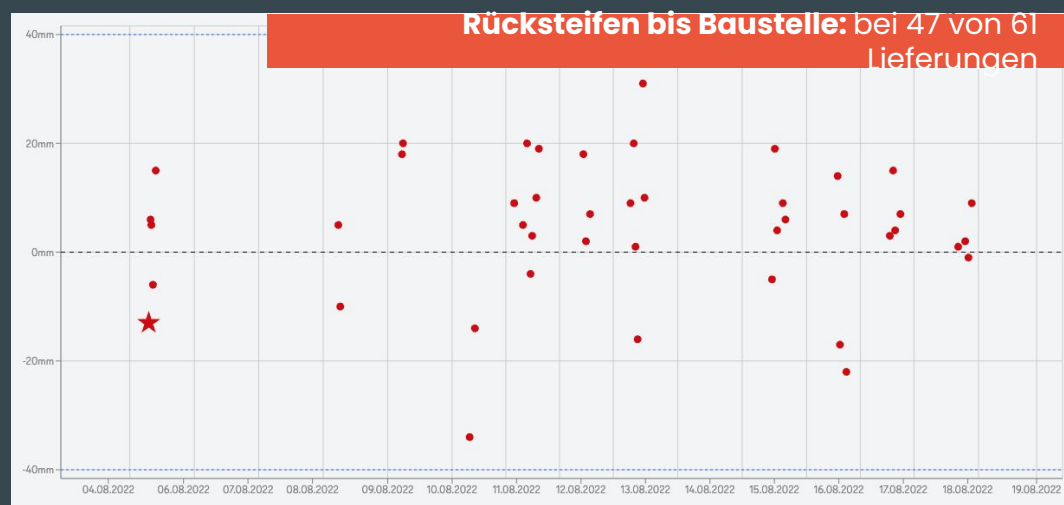
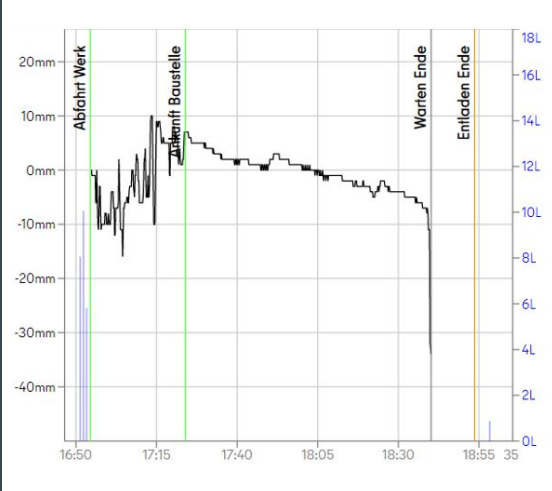
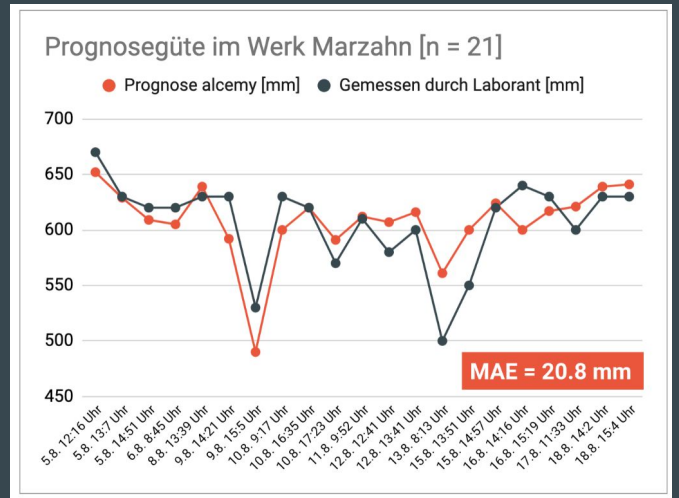
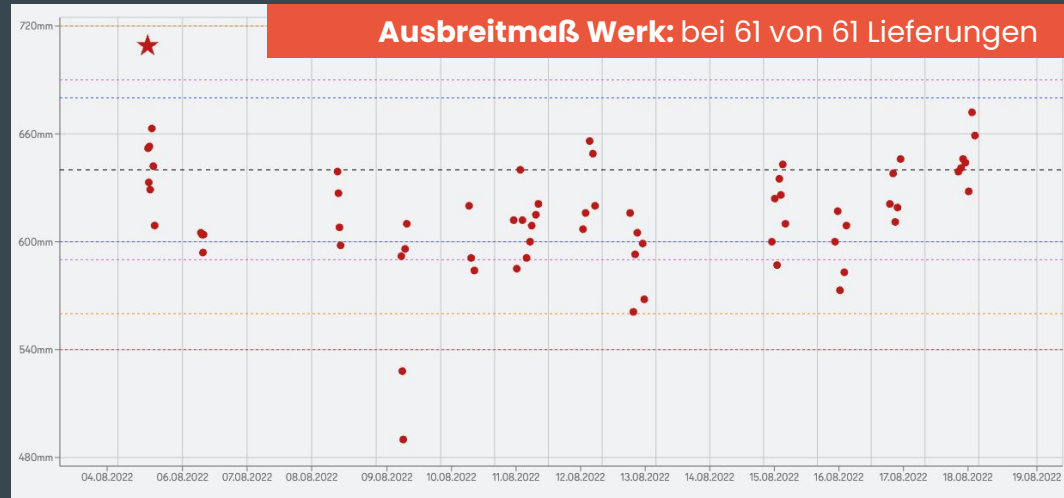
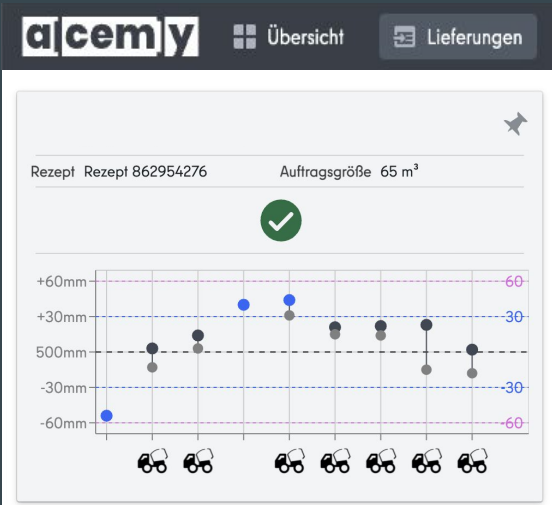
...wir haben Level 3 bzw. ganz knapp sogar Level 4 mit **Kalksteinmehl** als Schlüssel-Klinkersubstitut geschafft



## Dargestellt gemäß Norm

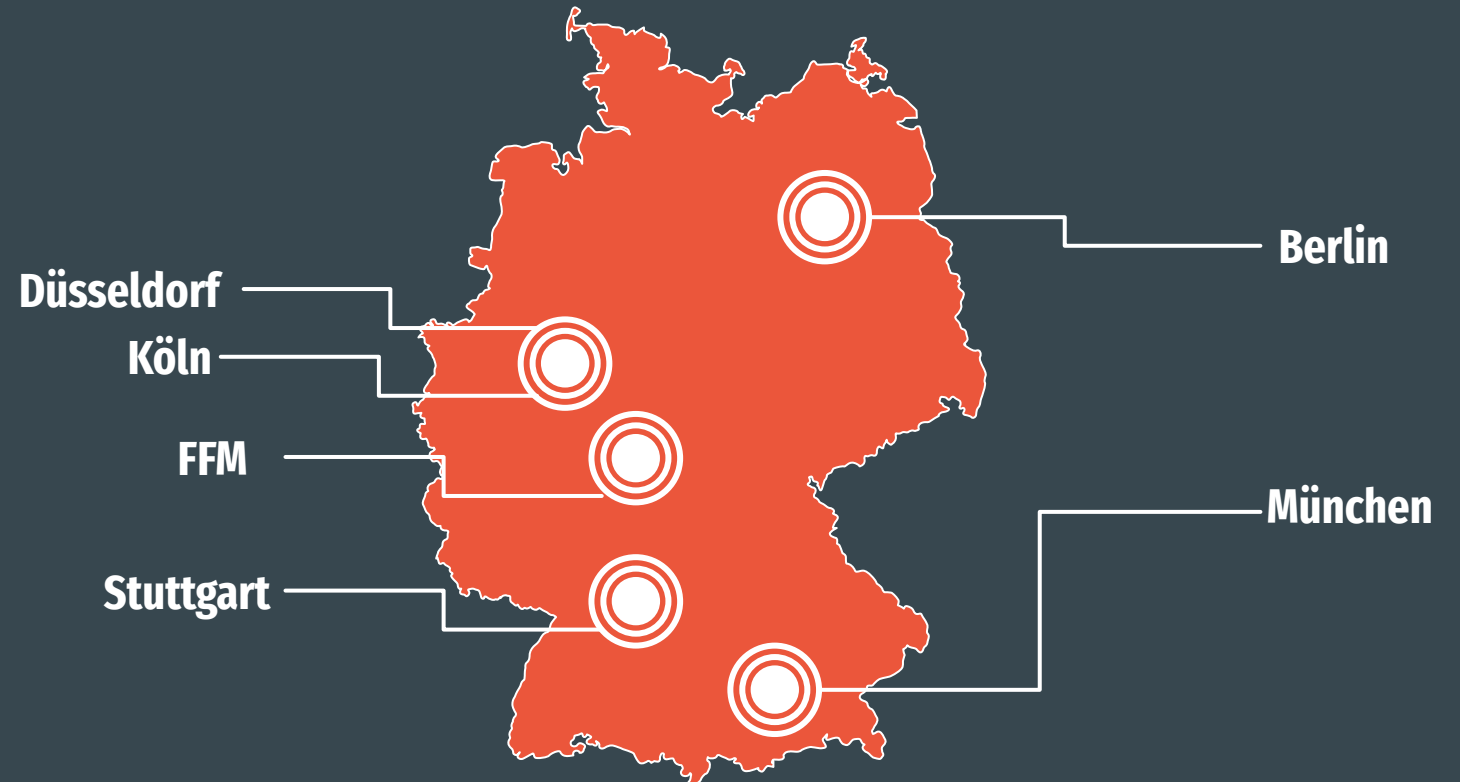
- 127 kg Wasser
- **240 kg CEM III/A 42,5 N**
- **w/z<sub>Norm</sub> = 0,53**
- **125 kg Kalksteinmehl**
- 1.901 kg GK 0-16 [Sieblinie 36-20-44]
- 1% v.Z. MasterGlenium 700
- 1% v.Z. MasterSuna SBS 6080


# Den technischen Herausforderungen wurde erstmals mit lückenloser, digitaler Qualitätsüberwachung begegnet



# Interesse an echtem nachhaltigen Beton?

Erproben Sie den CO<sub>2</sub>-ärmeren & digital überwachten Beton an einem ihrer Bauprojekte!



The background of the entire image is a photograph of a construction site. Several tall buildings are under construction, their facades covered in blue safety netting. Yellow tower cranes are positioned around the buildings against a cloudy sky.

# Together we accelerate the decarbonization of concrete. Now!

**Hoang Anh Nguyen**

HEAD OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION  
AND COMMUNICATION

+49 1579 2538995

hoang.nguyen@alcemy.tech

Linkedin:

