



Bauforum Rheinland-Pfalz | 07.11.2024

LEHM IM AUFWIND

EINBLICKE AUS FORSCHUNG
UND PRAXIS

Julian Mönig

Natural Building Lab, TU Berlin

www.nbl.berlin





DesignBuild
Self-Determined
Learning
Real-world
Laboratories



Climate Activism
Cargo-Bike
Logistics
Earth Building
Techniques

Natural Building
Materials
Resource Positive
Building
Circular Timber
Construction



LowTech
Strategies
Post-Fossil
Society
Transdisciplinary
Collaborations





Natural Building Lab operates as part of a transdisciplinary network undertaking projects that produce knowledge and built prototypes for a post-fossil society

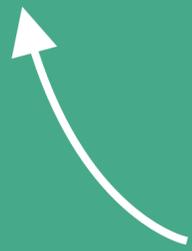
COLLABORATING



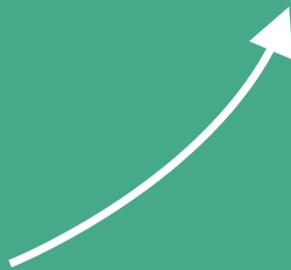
THINKING



FUTURE



DOING

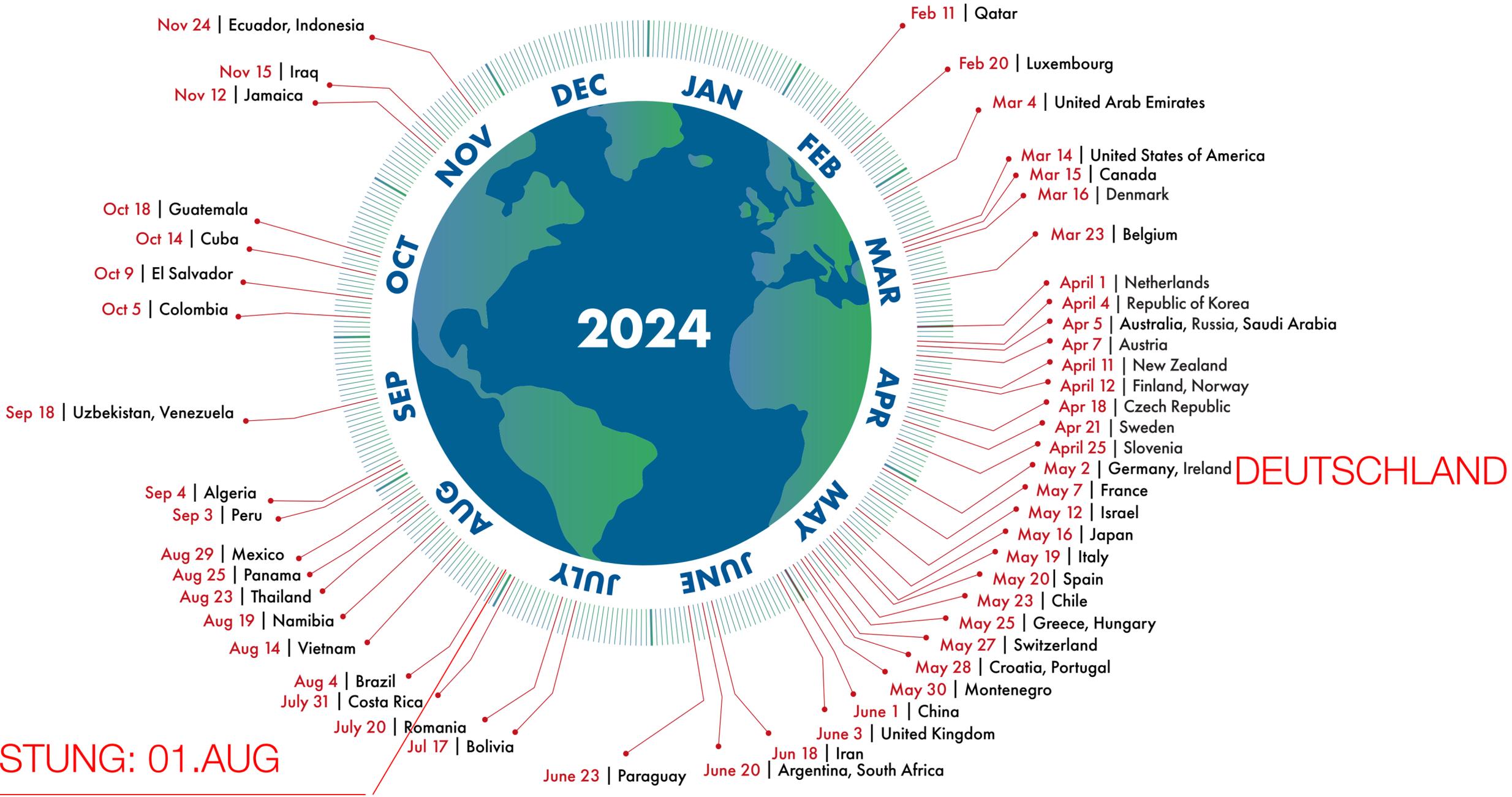


A Post-Fossil Society?



PLANETARE GRENZEN

COUNTRY OVERSHOOT DAY | EARTH OVERSHOOT DAY



Quelle: <https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/> Global Footprint Network 2024, www.overshootday.org

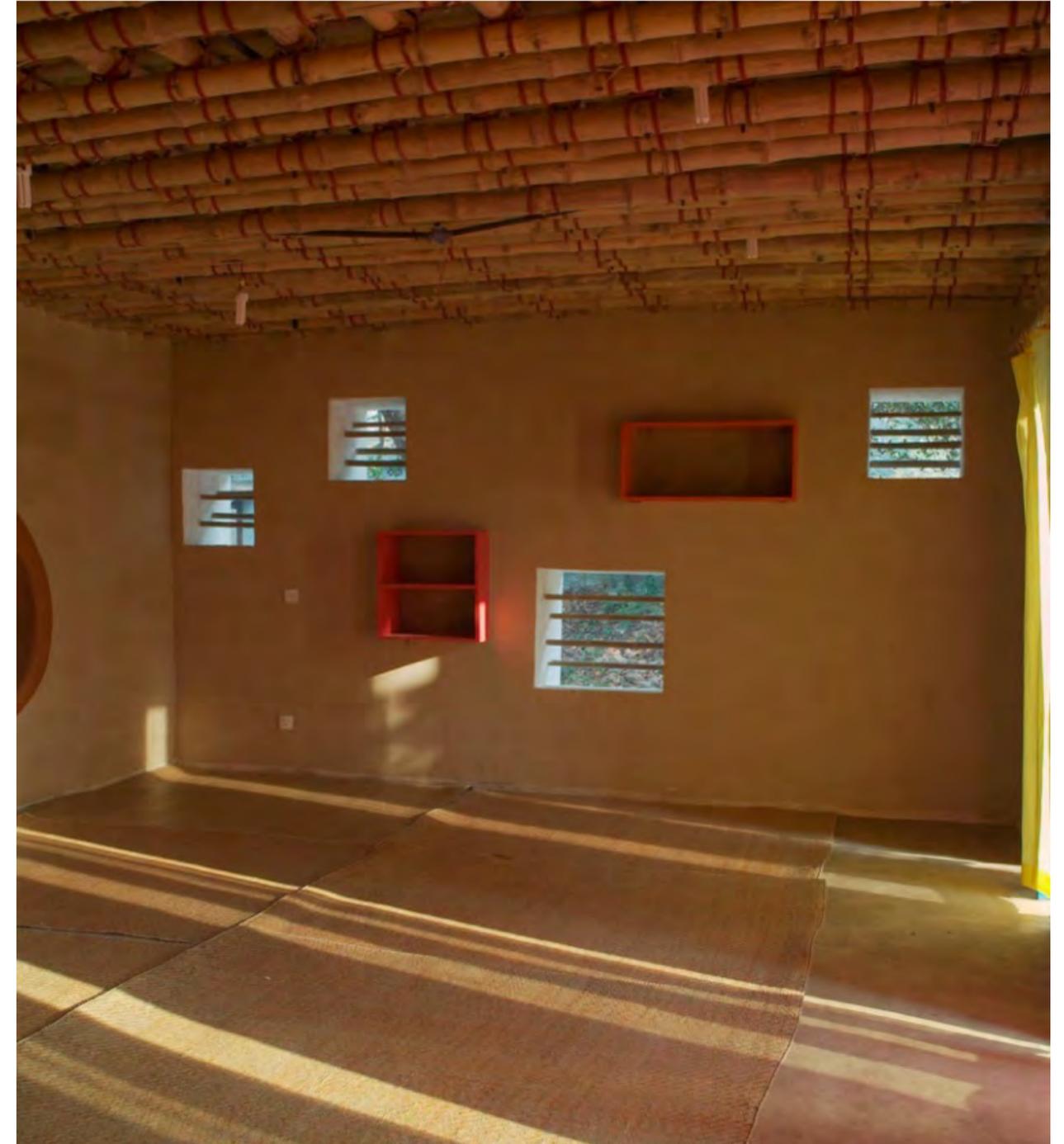
BAUSTOFF LEHM

GRUNDLAGEN

EIGENSCHAFTEN VON LEHM ALS BAUSTOFF

VORTEILE VOM BAUEN MIT LEHM

- Lokal verfügbar
- besondere ökologische Qualität
- trocknet an der Luft
- unendlich Wiederverwendbar
- Verarbeitungsfreundlich
- Sorptionsfähig
- Hohe kapillare Leitfähigkeit bei niedriger Ausgleichsfeuchte, sind somit für Diffusionsoffenes Bauen geeignet
- Das Wärmespeichervermögen schwerer Lehmbauteile bewirkt eine Harmonisierung von Lufttemperaturschwankungen in Innenräumen von Gebäuden, die in leichter Bauweise errichtet wurden

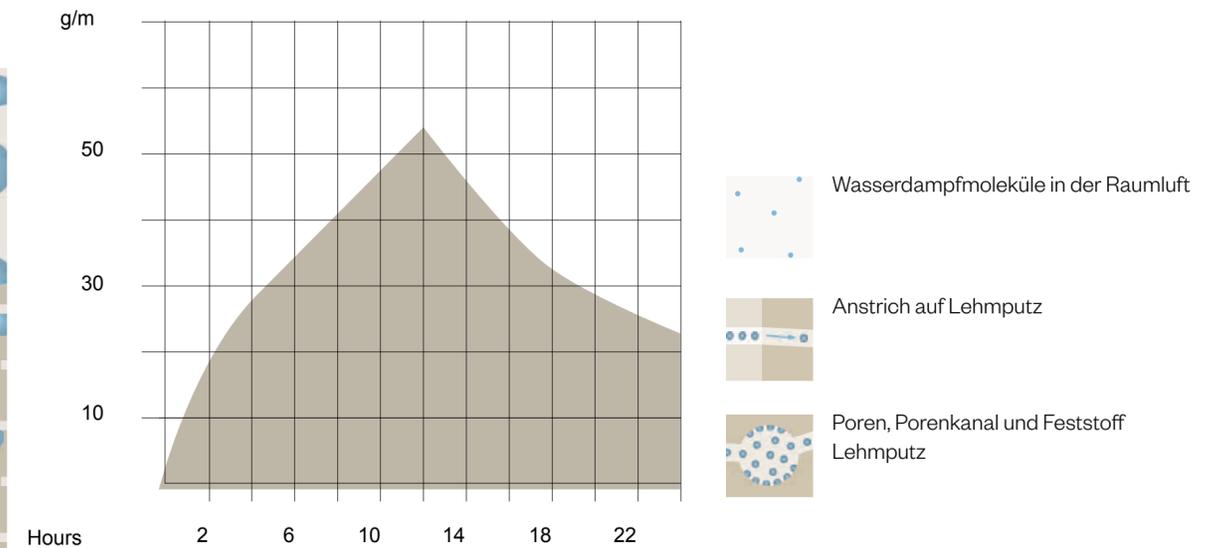
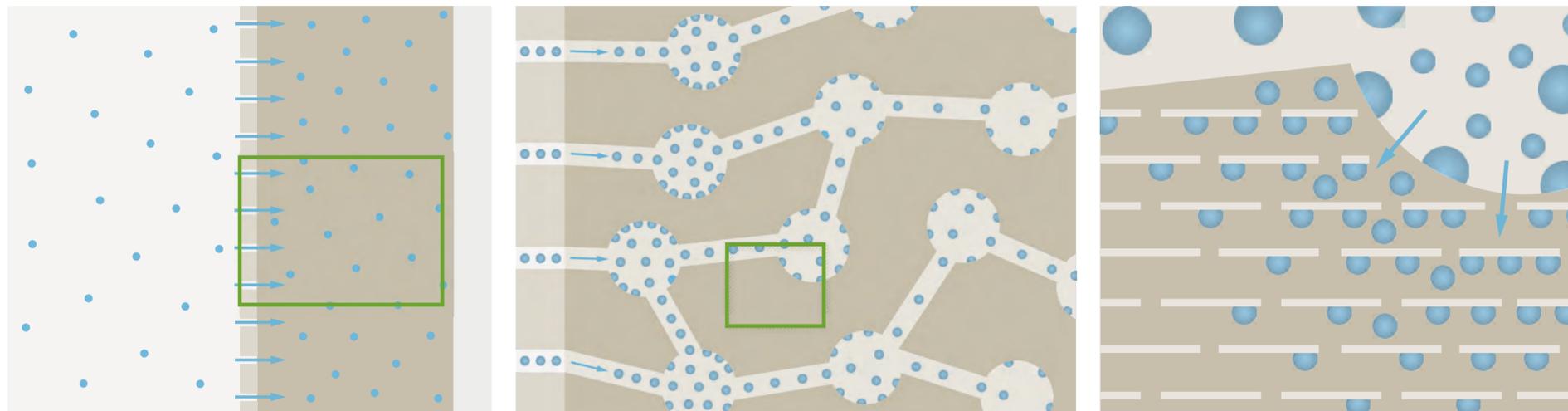


EIGENSCHAFTEN: FEUCHTEVERHALTEN

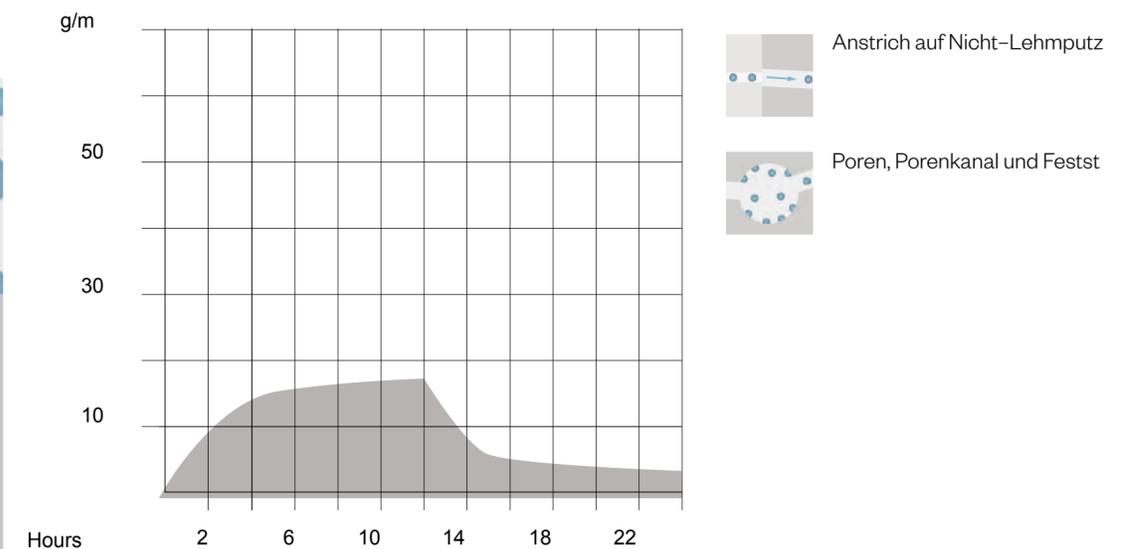
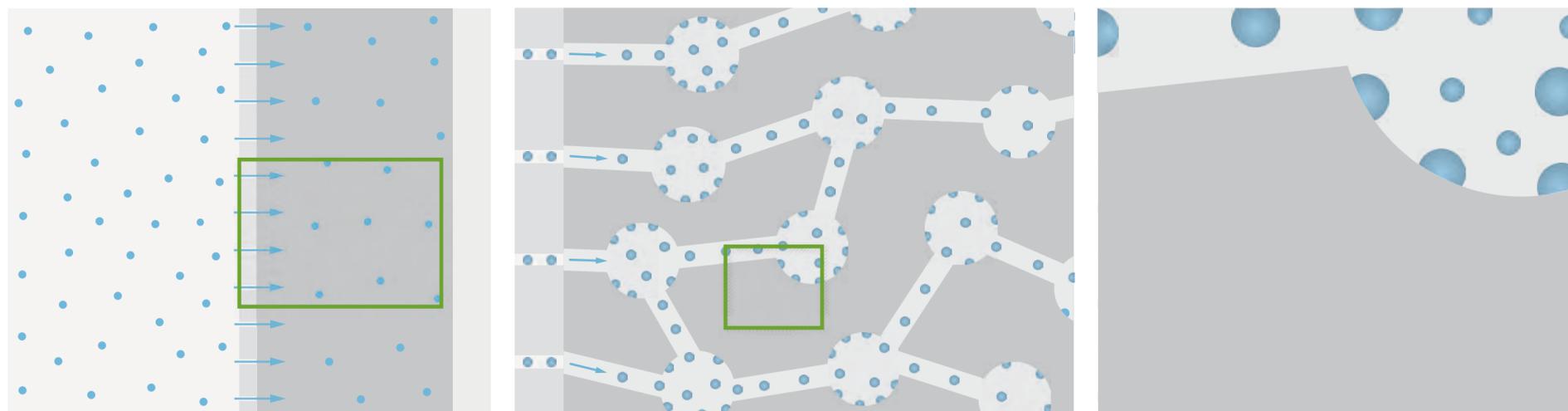
HOHE AUFNAHME / SPEICHERUNG VON FEUCHTE IM LEHM

Vergleich Feuchteabsorption Lehm und Beton in 24 h

Lehmputze

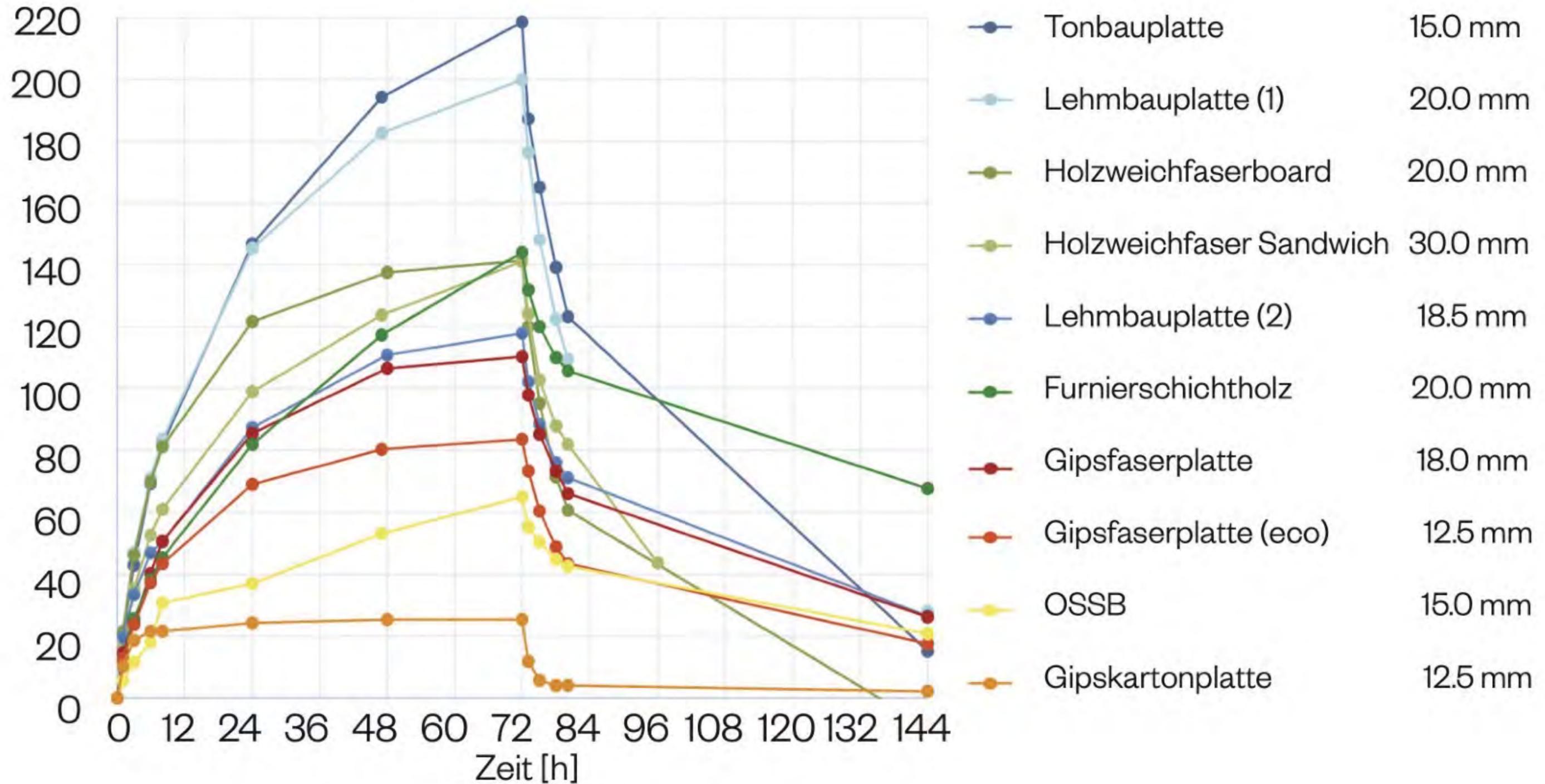


Zementputze



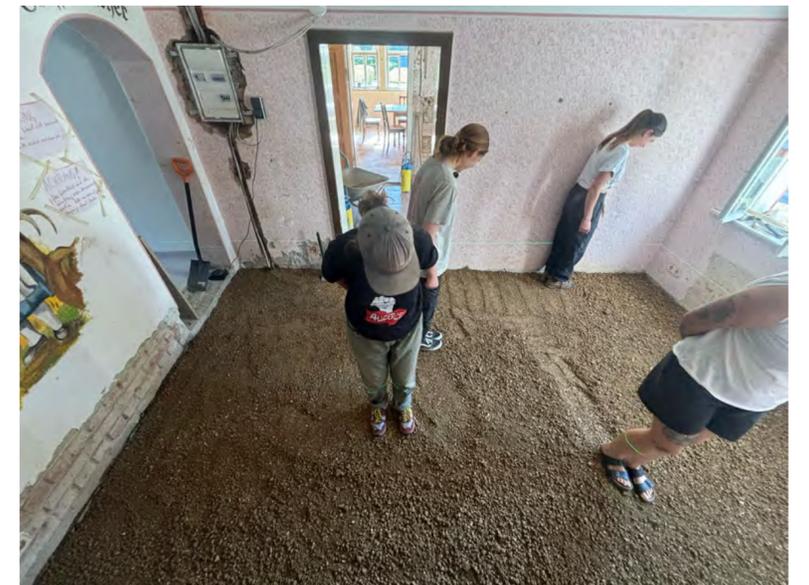
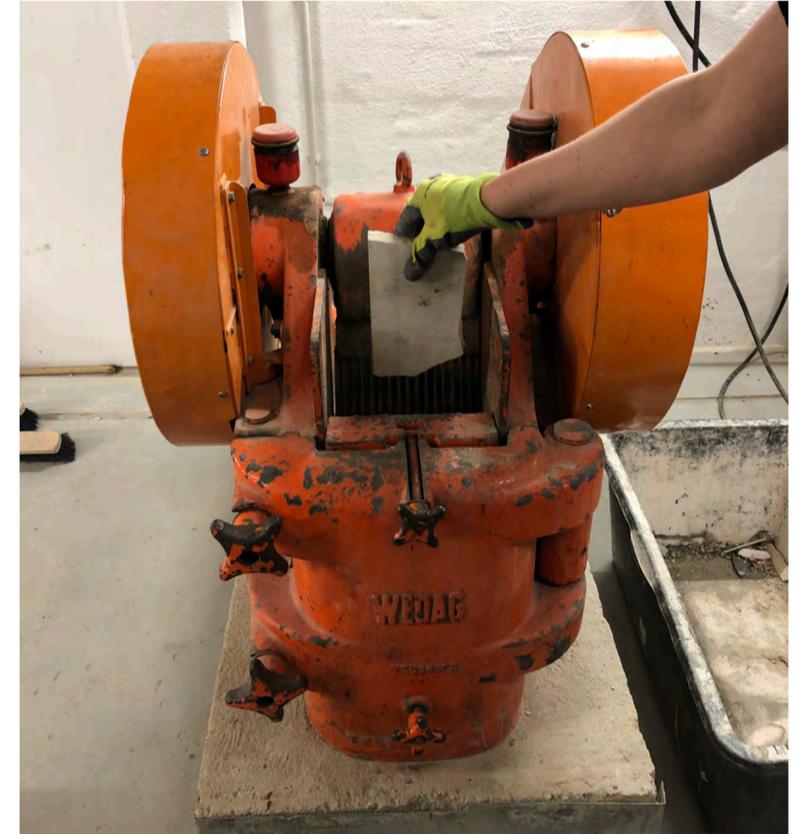
EIGENSCHAFTEN

WASSERDAMPFADSORPTION



LEHMBAU AM NBL

EXPERIMENTELLE BAUSTOFFENTWICKLUNG



gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



Förderung aus dem
Innovationsförderfonds der
Senatsverwaltung für
Sonderinvestitionen
Innovationsanteile

HOLZ ZIEGEL LEHM FORSCHUNGSPROJEKT

In Zusammenarbeit mit:



HOLZ ZIEGEL LEHM

FORSCHUNGSLAYOUT

Stufe 1 (2021-2022)

- AP1 – Grundlagen und Definition der Bausysteme
- AP2 – Transdisziplinärer Forschungs- und Entwicklungsprozess
- AP3 – Typologische Analysen
- AP4 – Sondierende Untersuchung Material
- AP5 – Simulation, Material- und Raumbezogene Analysen
- AP6 – Kreislaufgerechtigkeit

Stufe 2 (2023-2024)

- Vorbereitung Monitoring
- Bauteilanalyse/Prototypen



Stufe 3 (ab 2025)

- Datenerhebung und Auswertung



HOLZ ZIEGEL LEHM

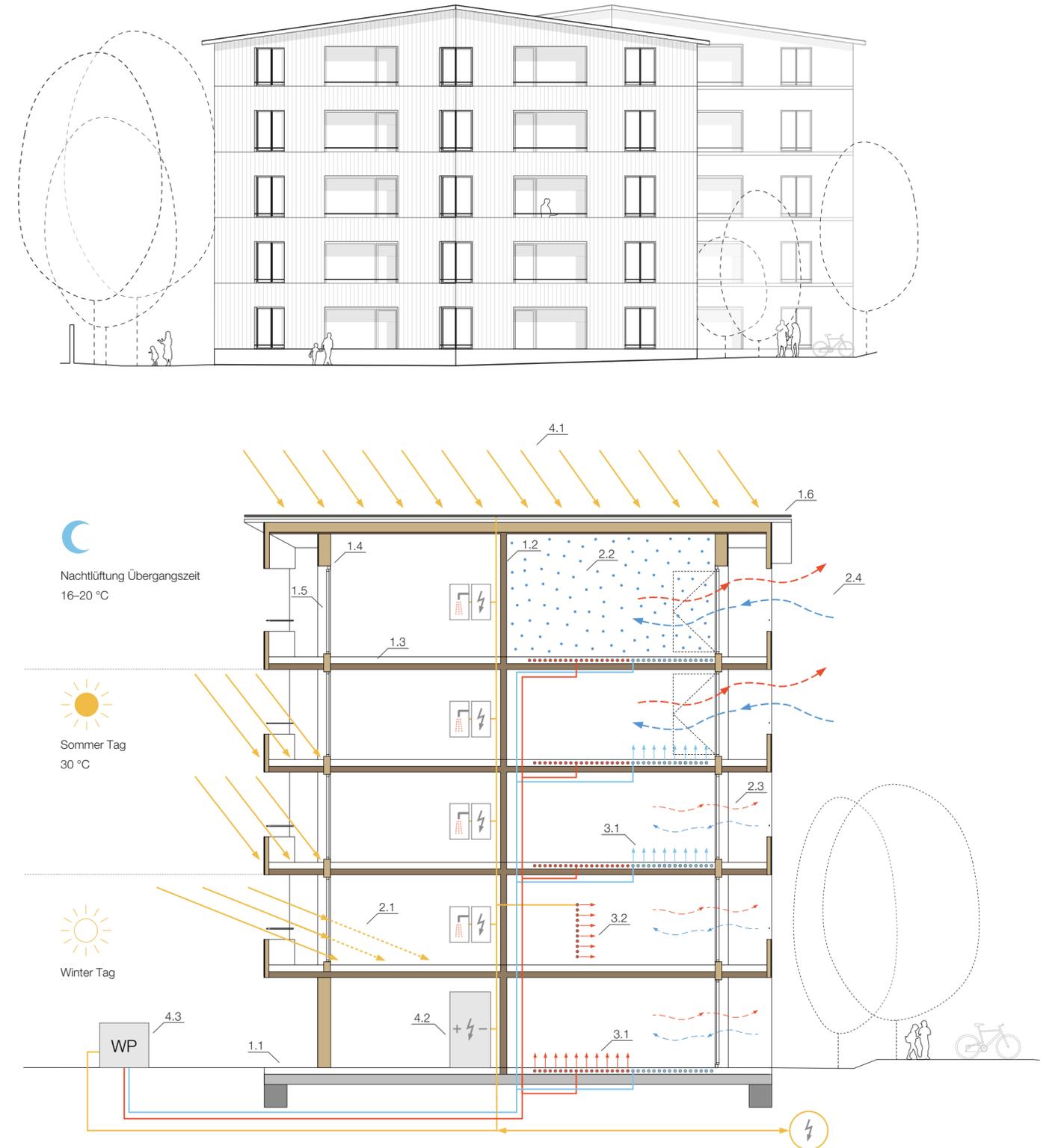
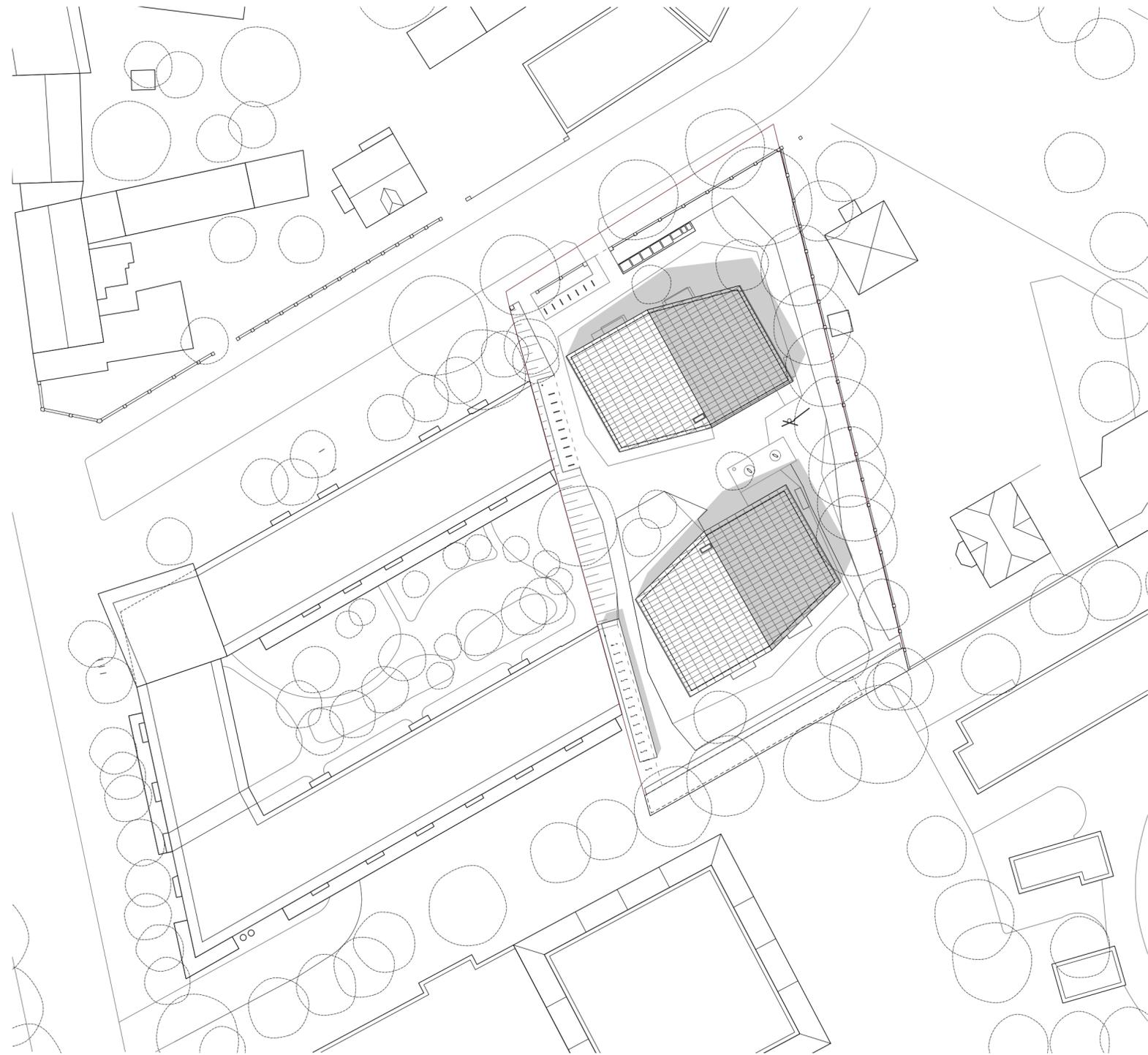
FORSCHUNGSFRAGEN

- Funktioniert ein öffentlicher Geschosswohnungsbau ohne Lüftungsanlage mithilfe von LowTech-Konzepten auf Basis von sorptionsfähigen Naturbaustoffen?
- Unter welchen Bedingungen können technische Standards abgesenkt werden um technische Ausstattung zu reduzieren?
- Schaffen innovative Wohntypologien den Materialbedarf im Verhältnis zur Wohnfläche und zum Wohnvolumen pro Kopf zu senken?
- Wie unterscheiden sich die Bausysteme in Bezug auf Ökobilanz, Betrieb und Performance?



HOLZ ZIEGEL LEHM

ENTWURF



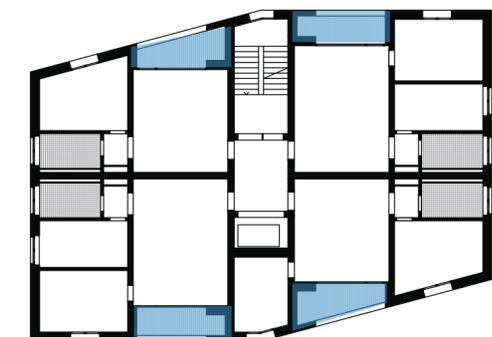
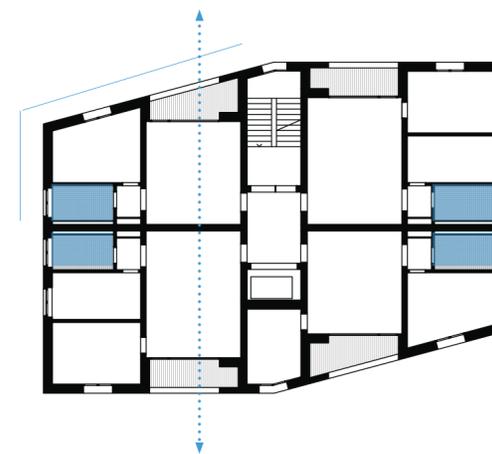
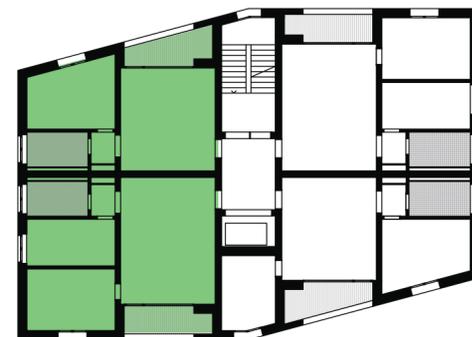
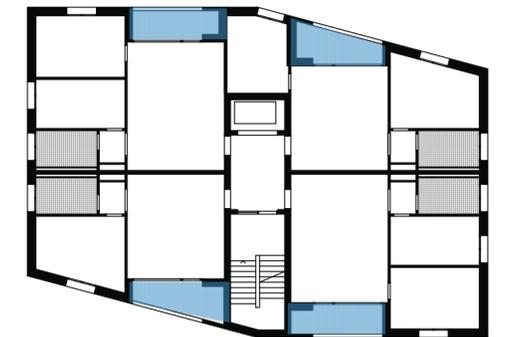
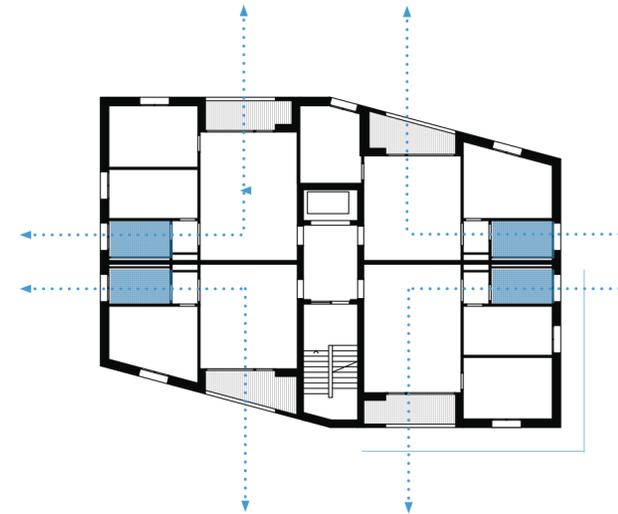
HOLZ ZIEGEL LEHM

TYOLOGISCHE STRATEGIEN

03 | LOW TECH STRATEGIEN

Ableitung typologischer Ansätze

- 03.01 Städtebau
- 03.02 Baukörpergliederung
- 03.03 Grundrisskonzepte
- 03.04 Natürliche Belüftung
- 03.05 Natürliche Belichtung
- 03.06 Wärmeschutz
- 03.07 Einfache Installationsführung
- 03.08 Low Tech und Konstruktion
- 03.09 Räumliche Effizienz



3.03 Grundrisskonzepte

- Flexibilität: Schalträume, Schaltbarkeit von Wohnungen u. Nutzungsneutralität

03.04 Natürliche Belüftung

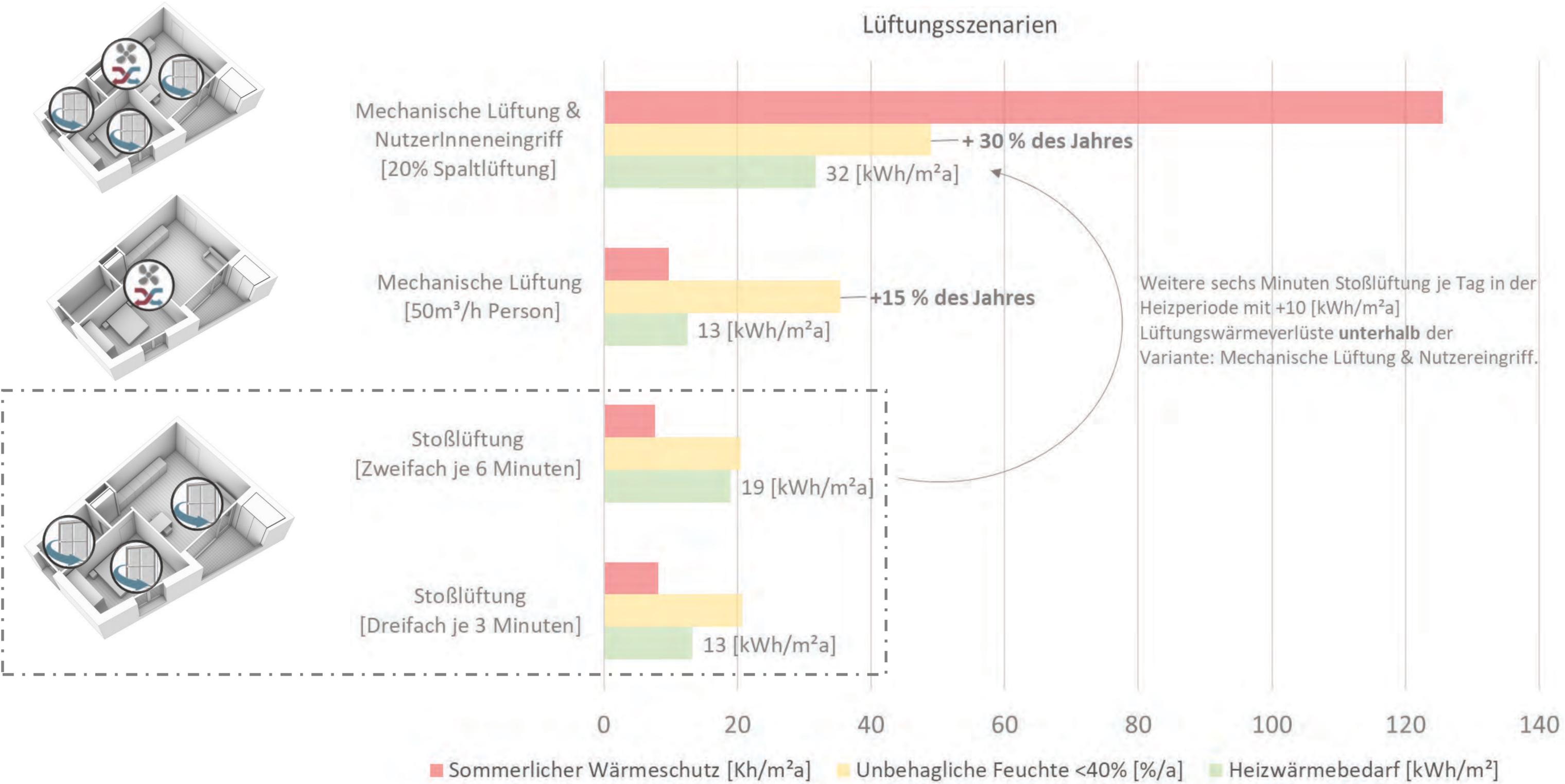
- Querlüftung für Lüftungseffizienz
- außenliegende Bäder, d.h. Verzicht auf Lüftungsanlagen

03.06 Wärmeschutz

- Zwischenräume: Loggia als passiver baulicher Sonnenschutz vor großen Verglasungen

HOLZ ZIEGEL LEHM

DURCHSTRÖMUNGSMODELL



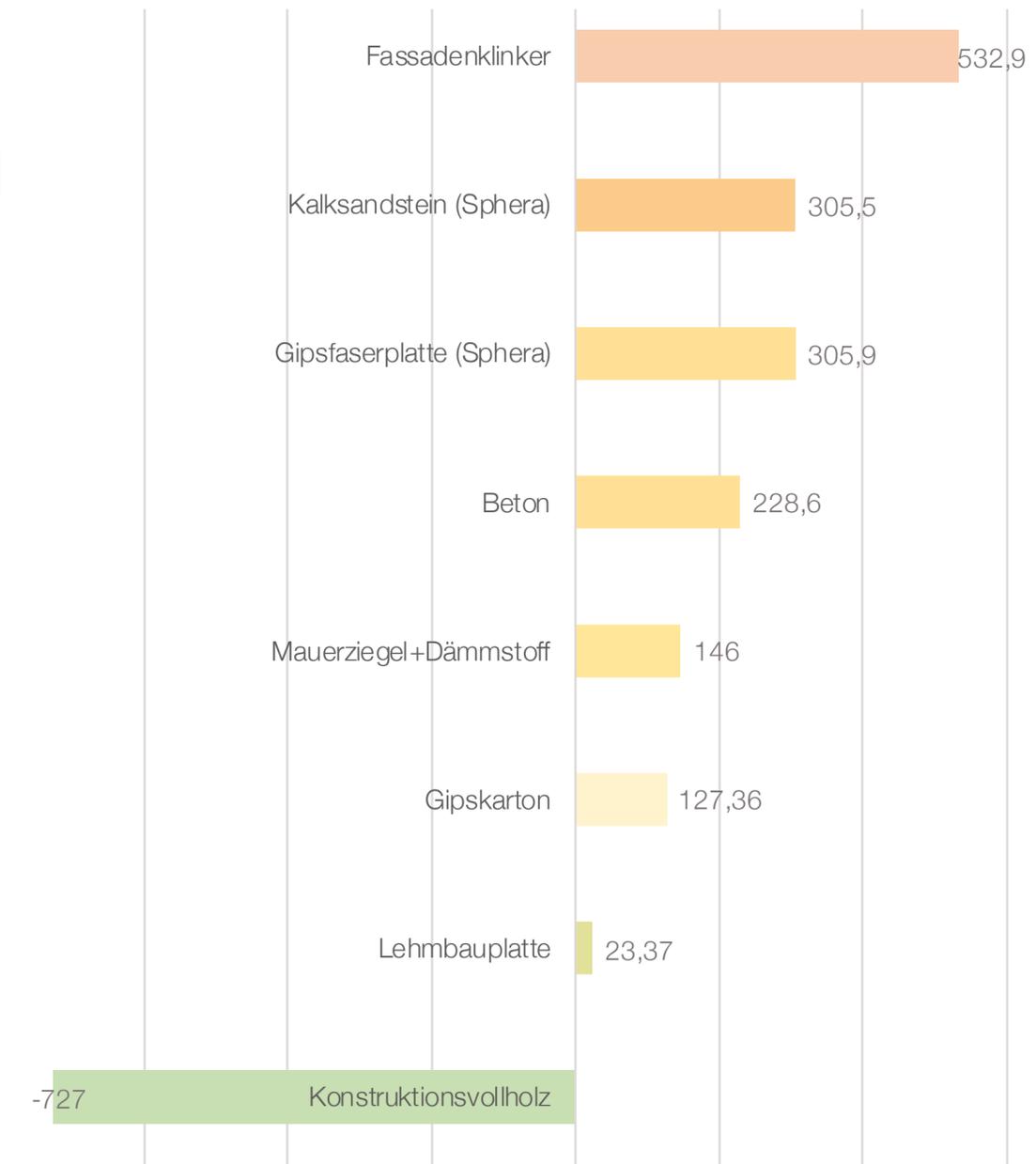
HOLZ ZIEGEL LEHM

ÖKOBIANZ

- Treibhauspotential (**GWP**=Global Warming Potential) als CO₂-Äqv. [kg/m²]
- Ozonschichtabbaupotential (**ODP**=Depletion Potential of stratospheric Ozone layer) als R11-Äqv. [kg/m²]
- Ozonbildungspotential (**POCP**=Formation Potential of tropospheric Ozone Photochemical oxidants) als C₂H₄-Äqv. [kg/m²]
- Versauerungspotential (**AP**=Acidification Potential of land and water) als SO₂-Äqv. [kg/m²]

- Überdüngungspotential (**EP**=Eutrophication Potential) als PO₄-Äqv. [kg/m²]
- Primärenergiebedarf (**PENRT**=Total nicht erneuerbare Primärenergie + **PERT**= Total erneuerbare Primärenergie) [kWh/m²]
- Verschiedene Datensatztypen
- Generic
- Average
- Representative
- Specific
- Template

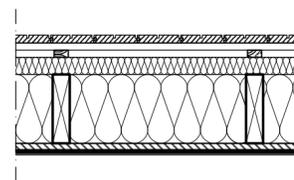
Herstellungsphase A1-3
In kg CO₂-Äqv./m³ Bauteil



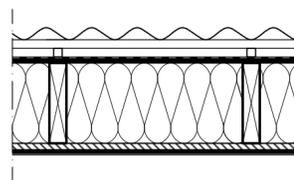
HOLZ ZIEGEL LEHM

ÖKOBILANZ

- Vergleich von 3 Bauweisen: Ziegel, Holz und Typenhaus (KS+WDVS)
- Betrachtung Schwerpunkt GWP (Global Warming Potential) CO₂-Äquivalent
- Betrachtung mit und ohne LCA Phasen C3-C4 (Thermische Verwertung des Holzes)
- Bewertung nach BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen)

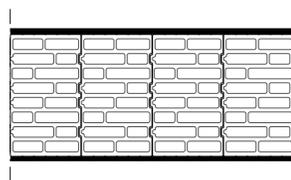


H.1 Holzbauplus M-HFHolzR sichtbares Holz
 Fassade Nadelholz Nut+Feder 27mm
 Kreuzlattung 2x 25mm
 Holzweichfaserplatte 60mm
 Holzständerwerk 60/240mm
 Holzfaser-Einblasdämmung 240mm
 ESB 22mm (OBD_2023_I_A2: 3.2.04)
 Lehmbauplatte 14mm
 Lehmfeinputz 5mm

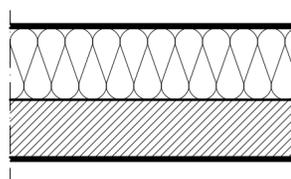


H.2 Holzbauplus M-HFHolzR sichtbares Holz + Gips
 Fassade Nadelholz Nut+Feder 27mm
 Kreuzlattung 2x 25mm
 Fassadenbahn
 Gipsfaserplatte 15mm
 Holzständerwerk 60/280mm
 Holzfaser-Einblasdämmung 280mm
 ESB 22mm (OBD_2023_I_A2: 3.2.04)
 Leichtlehmplatte 14mm
 Lehmfeinputz 5mm

H.3 Holzbauplus M-HolzBauRL + SiTRR Metallfassade
 Aluminium Wellprofil, 42mm
 Horizontales Alu-Hutprofil, 40mm
 Vertikales Aluminium-Hutprofil, 40 mm
 Fassadenbahn
 Gipsfaserplatte 15mm
 Holzständerwerk 60/280mm
 Holzfaser-Einblasdämmung 280mm
 ESB 22mm (OBD_2023_I_A2: 3.2.04)
 Leichtlehmplatte 14mm
 Lehmfeinputz 5mm

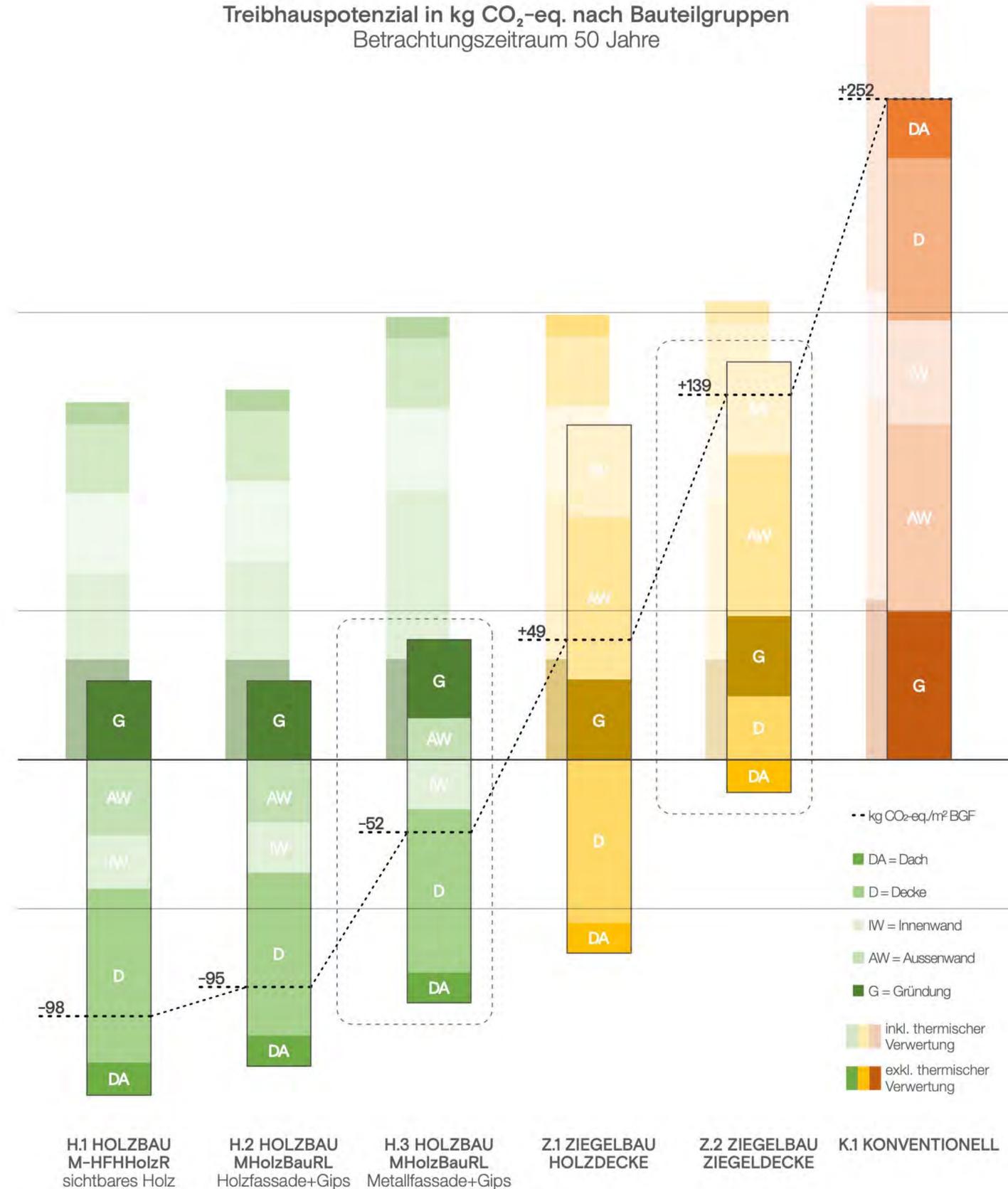


Z. Ziegelbau
 Kalk-Zement-Putz 20mm
 Poroton 425mm (OBD_2023_I_A2: 1.3.02)
 Lehmputz 15mm



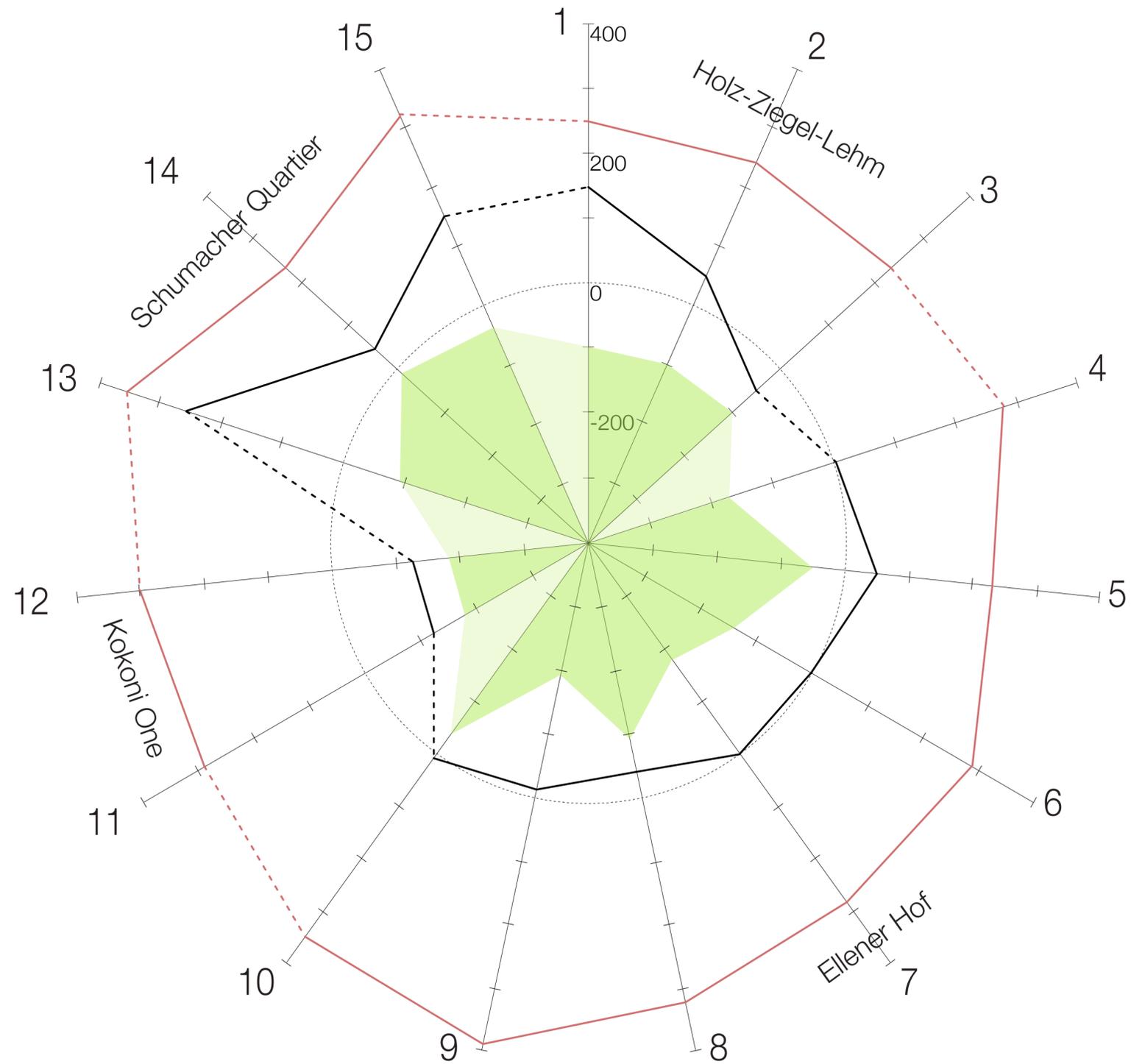
K.1 Konventionell
 Gipsputz 15mm
 Kalksandstein 200mm
 Mineralwolldämmung 250mm
 Kalkzementputz 15mm

Treibhauspotenzial in kg CO₂-eq. nach Bauteilgruppen
 Betrachtungszeitraum 50 Jahre



TREIBHAUSGASPOTENTIAL VON „HOLZBAUTEN“ IN VIER QUARTIEREN

VARIANTENVERGLEICH – LEBENSZYKLUSANALYSE (LCA) MODULE A1-3



Treibhauspotenzial der Herstellung
in kg CO₂-eq. pro m² Brutto Geschossfläche

- Holzbau +
- Aktueller Planstand
- Konventionelle Bauweise
- CO₂-Neutralität in der Herstellung

1. **Ziegelbau | HZL**
2. **Ziegelbau mit Holzdecken | HZL**
3. **Holz-Lehmbau | HZL**
4. **G1 Wohn- und Geschäftshaus | Ellener Hof**
5. **G5 Studierendenwohnheim | Ellener Hof**
6. **G8 GEWOBA Wohnungsbau | Ellener Hof**
7. **G10 GEWOBA Wohnungsbau | Ellener Hof**
8. **G23 Bremer Haus | Ellener Hof**
9. **G38 Wohnen und Kita | Ellener Hof**
10. **G49 Kita | Ellener Hof**
11. **Reihenendhaus | Kokoni One**
12. **Reihemittelhaus | Kokoni One**
13. **Westkopf | Schumacher Quartier**
14. **Südzeile | Schumacher Quartier**
15. **Hochhaus | Schumacher Quartier**

HOLZ ZIEGEL LEHM

VISUALISIERUNGEN



UPMIN100 FORSCHUNGSPROJEKT

In Zusammenarbeit mit:



Habitat Unit

ZR
S



BAM

feess



ClayTec®

Lehm in Bestform.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung

ZUKUNFTBAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Das Forschungsprojekt mit dem Titel „upMIN 100 upcycling MINeralischer Bau- und Abbruchabfällen zur 100-prozentigen Substitution natürlicher Gesteinskörnungen und Bindemittel in wiederverwendbaren Lehmbaustoffen (upMIN100)“ wird gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung (BMWSB) aus Mitteln der Zukunft Bau Forschungsförderung.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-21.24

Projektlaufzeit: 02.2022 bis 02.2024

upMIN 100

FORSCHUNGSFRAGEN

- Eignen sich Rezyklate für den Einsatz in Lehmstoffen?
- Zu welchen Anteilen können diese eingesetzt werden?
- Zulässige Gütekontrollwerte um gesundheitliche Beeinträchtigungen für Gebäudenutzer*innen sowie negative Umweltwirkung bei potenzieller Rückführung in den natürlichen Kreislauf ausschließen zu können
- Welche technischen Voraussetzungen sind notwendig, um eine wirtschaftliche Nutzung im Vergleich zu Primärrohstoffen zu gewährleisten?
- Lässt sich eine Verbesserung der Ökobilanzierung erreichen?

upMIN 100

AUFBEREITUNGSANLAGE FÜR RECYCLINGBAUSTOFFE FA. FEESS



upMIN 100

AUSWAHL DER REZYKLATE



Zusatzstoffe

Bindemittel

upMIN 100

SCHADSTOFFE FESTSTOFF

Organische Schadstoffe:

PAK mit GC-MS

Anorganische Schadstoffe:

Erfassung breites Elementspektrum (bes. Schwermetalle) mit:

Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Königswasseraufschluss + Analyse mit ICP-OES/ICP-MS



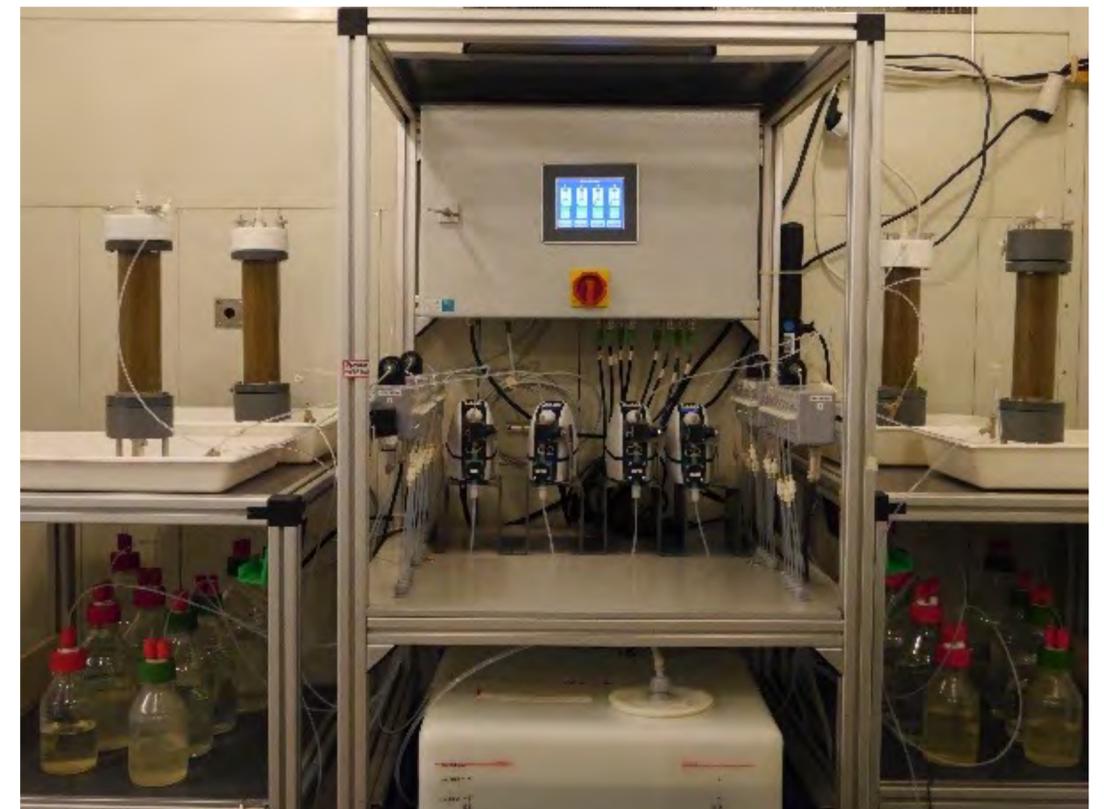
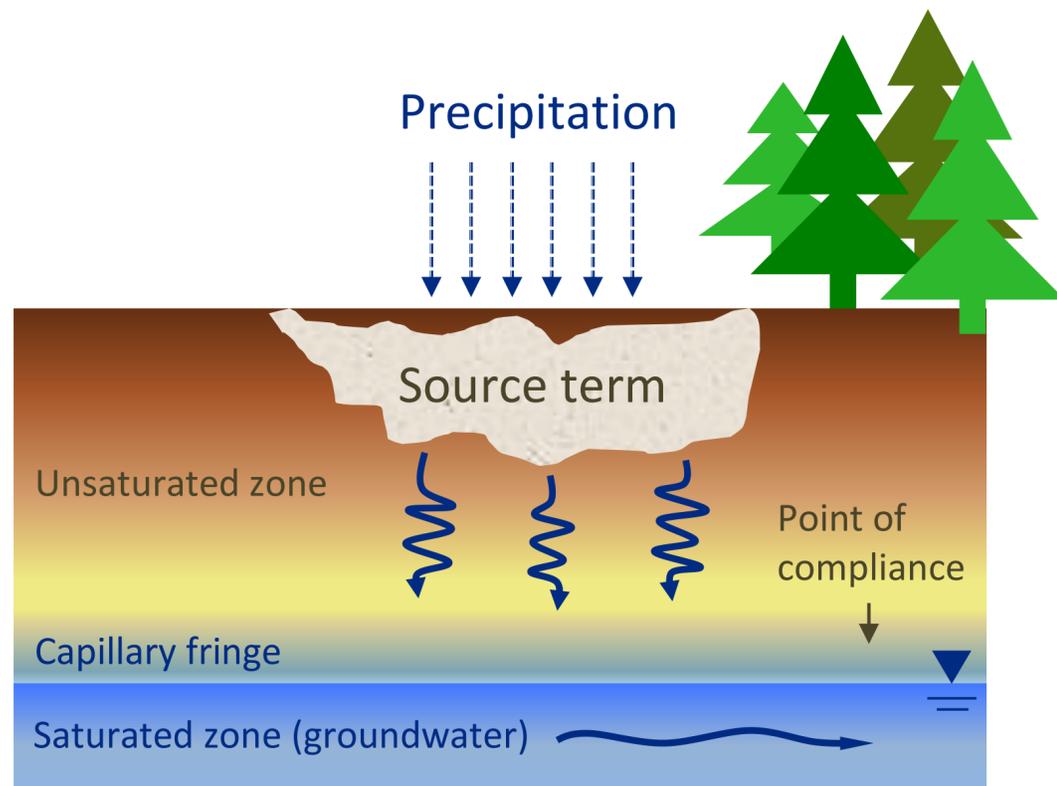
upMIN 100

SCHADSTOFFE IM ELUAT

Fragestellung: Anteil der mobilisierbaren Schadstoffe?

Methode: Schüttel- oder Säulenversuche bei bewertungsrelevantem Wasser-/Feststoffverhältnis 2 L/kg (DIN 19528 und DIN 19529)

→ Analyse PAK, (Schwer)-metalle, Anionen (bes. Sulfat)



upMIN 100

DURCHFÜHRUNG DER EMISSIONSTESTS

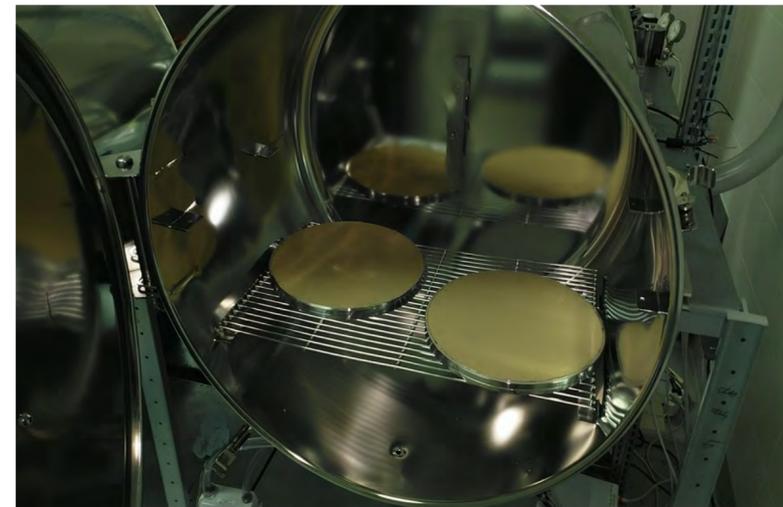
Untersuchung auf (S)VOC

1. Schritt: Screeningtests
Ausgangsmaterialien



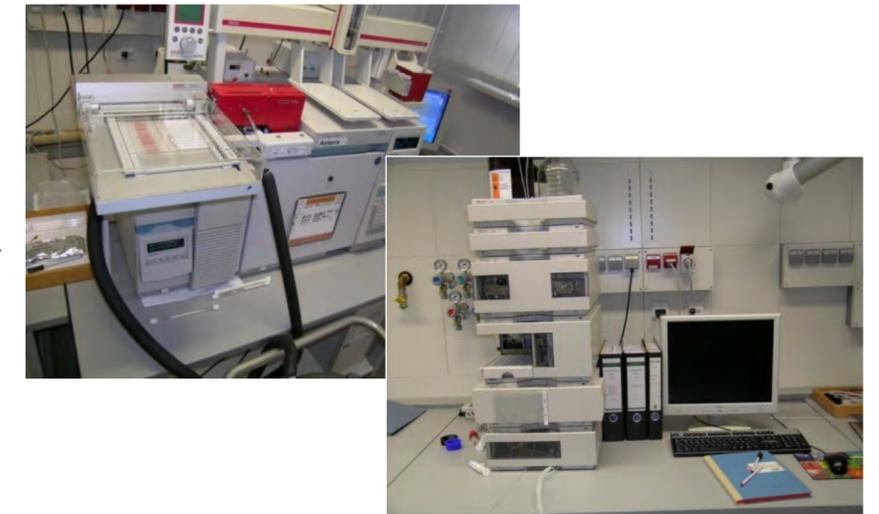
- Variation der Temperatureinstellung
 - 23 und 60 °C
- Luftfeuchte: 10,3 g H₂O/m³ abs.
 - 50 % r.F. bei 23 °C
 - 7 % r.F. bei 60 °C
- Messdauer: 7 Tage (23 °C) + 2 Tage (60 °C)

2. Schritt: Untersuchungen
in Prüfkammer (EN 16516)



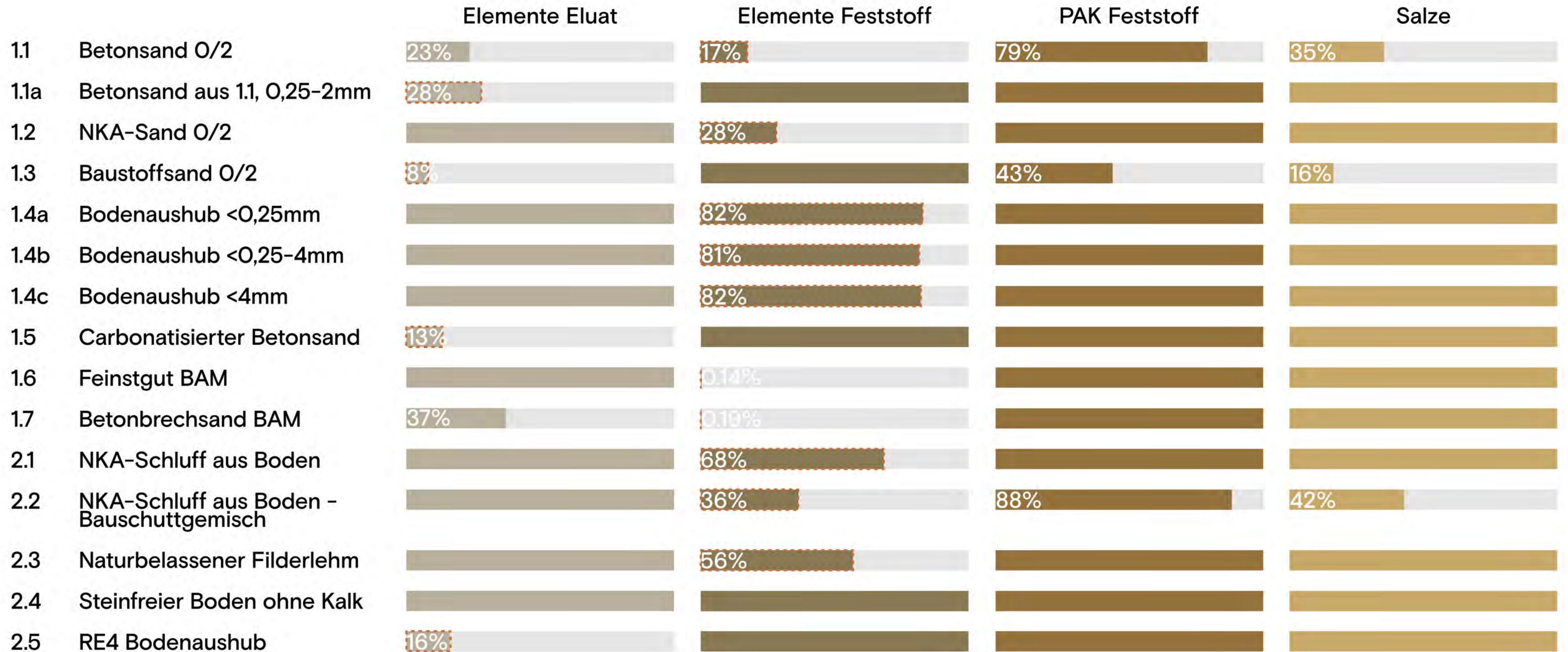
- Max Prüfdauer: 28 Tage
- Probenahmen an mehreren Tagen, um Emissionsprofil pro detektierbarer Komponente zu erhalten
- Abbruch, wenn Emissionen gleich oder kleiner als die Hälfte der AgBB-Kriterien sind

3. Schritt: Analyse
(ISO 16000-3, -6)



upMIN 100

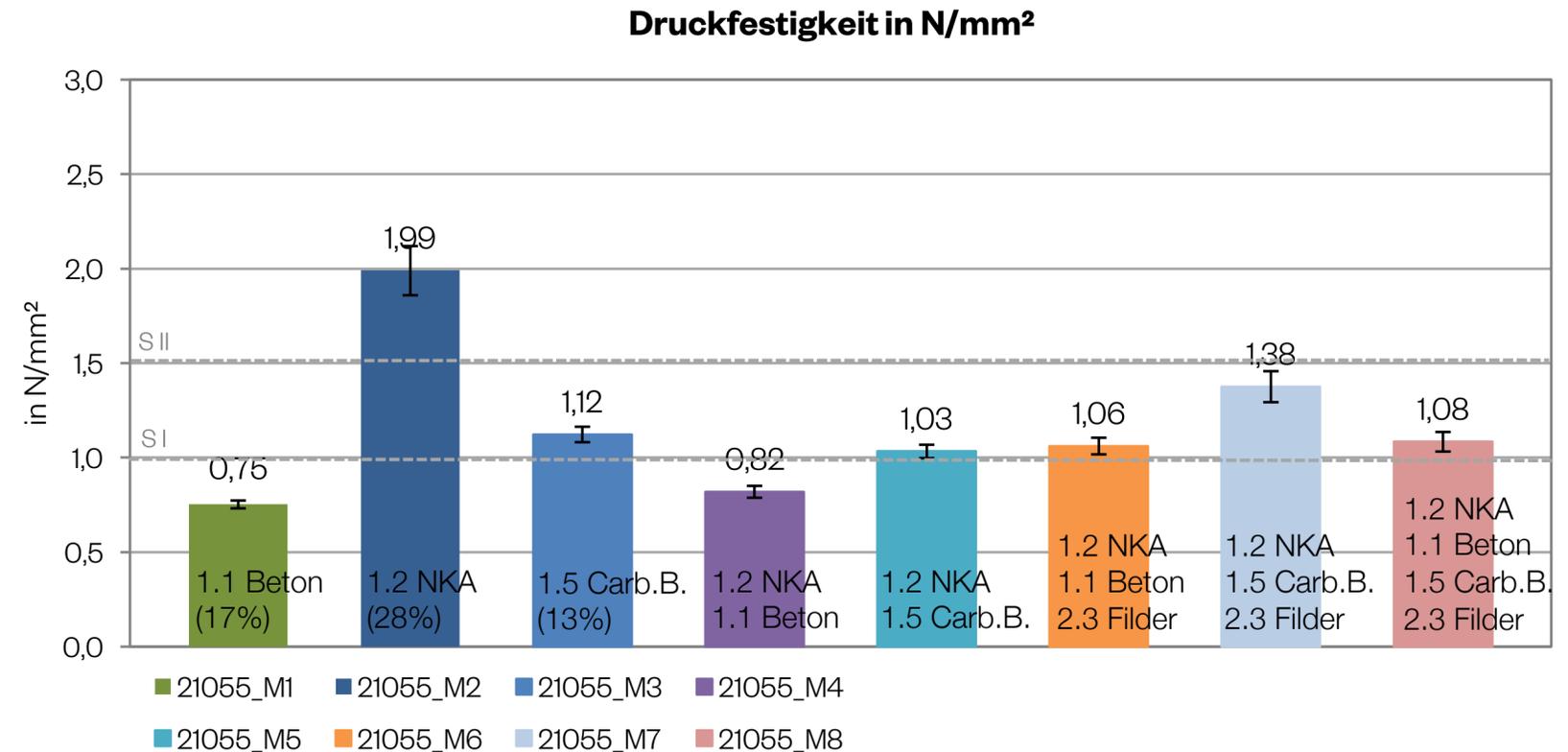
MÖGLICHE REZYKLATANTEILE



upMIN 100

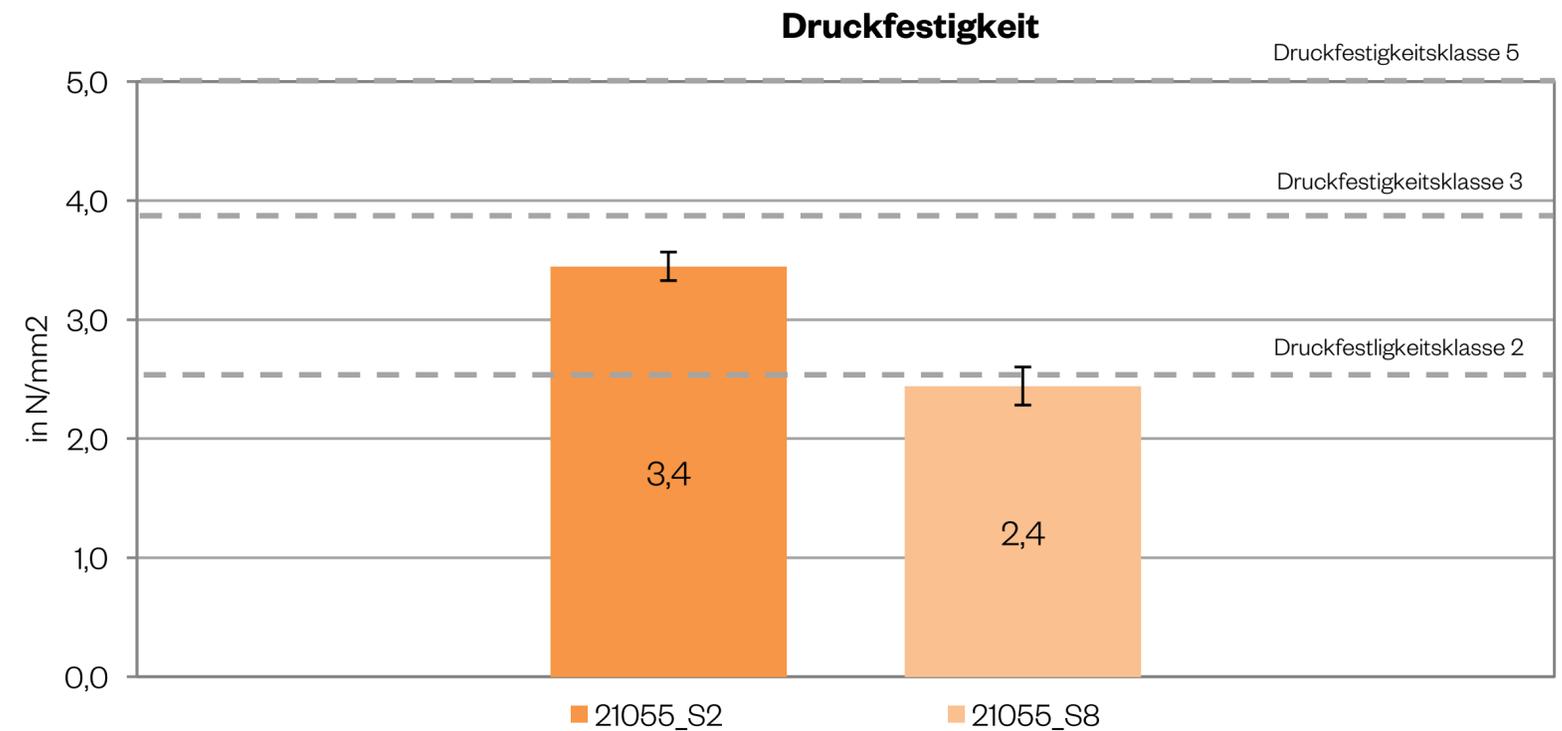
LEHMPUTZMÖRTEL

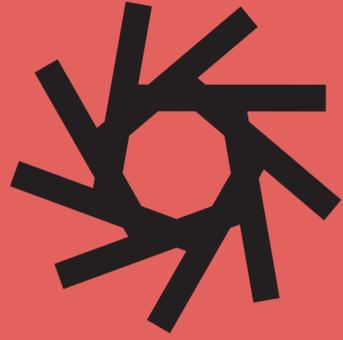
- Mischung M2 (Sand-Substitution mit NKA-Sand) zeigt beste mechanische Eigenschaft auf
- Die Erkenntnisse aus der Erstellung der Putzmischungen sind unmittelbar in die Steinmischungen eingeflossen
- M2 erreicht die Festigkeitsklasse S II, M8 erreicht die Festigkeitsklasse S I
- M2 wurden mit einer Substitutionsrate von 28% hergestellt. M8 wurden zu 100% aus Ausgangsstoffen des Projekts hergestellt. Der Anteil an Rezyklaten beträgt 70%.



upMIN 100 LEHMSTEINE

- Aus den Lehmputzmörteln mit den besten Eigenschaften wurden die Mischungen für zwei Lehmsteine entwickelt und prototypisch formgeschlagen produziert
- S2 (reduzierter Substitutionsanteil) schneidet in Sachen Druckfestigkeit besser ab
- S2 erreicht die Anwendungsklasse für vollständig witterungsgeschützte Bauteile AK II, der Stein S8 erreicht die AK I b
- S2 erreicht die Druckfestigkeitsklasse 2, S8 dagegen nicht und eignet sich daher nur für nicht tragendes Mauerwerk
- S2 wurde mit einer Substitutionsrate von 28% hergestellt. S8 wurde zu 100% aus Ausgangsstoffen des Projekts hergestellt. Der Anteil an Rezyklaten beträgt 50%





DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!