

Umwandlung rückgebauter Stahlbetonbauteile zu modularen, lösbaren Fertigteilen

Ben Stöhr und Alexander Stark
Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB), Abteilung Massivbau
Karlsruher Institut für Technologie

1 MOTIVATION

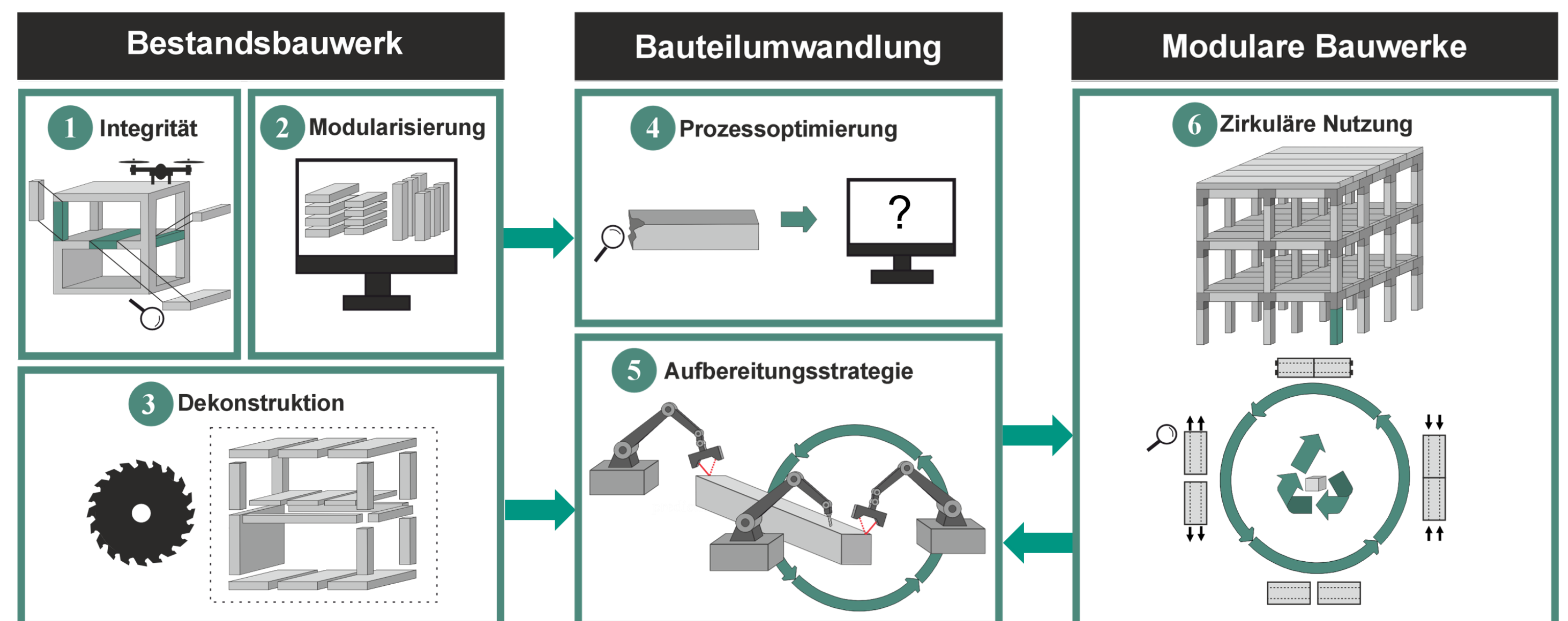
Die Betonindustrie steht vor erheblichen ökologischen Herausforderungen, insbesondere durch hohe Treibhausgasemissionen bei der Zementherstellung. Außerdem bestehen ökonomische und gesellschaftliche Herausforderungen. Die fortschreitende Urbanisierung führt zu einem steigenden Bedarf an Bauwerken, während die Arbeitsproduktivität im Bauwesen stagniert und der Fachkräftemangel zunimmt. Gleichzeitig müssen in den kommenden Jahren zahlreiche Bestandsgebäude im urbanen Raum rückgebaut werden, da diese aktuellen Anforderungen, wie bestimmten Nutzungseigenschaften, nicht nachkommen können.

Ein vielversprechender Lösungsansatz ist daher ganze Stahlbetonbauteile weiter- oder wiederzuverwenden. In ersten praktischen Wiederverwendungsprojekten konnte bereits eine signifikante Reduktion der CO₂-Emissionen gegenüber vergleichbaren monolithischen Bauwerken nachgewiesen werden (vgl. [1]).

Damit der Wiederverwendungsansatz in der Praxis Anwendung findet, sind effiziente Methoden erforderlich, die eine wirtschaftliche und konkurrenzfähige Prozesskette gewährleisten.

2 WIEDERVERWENDUNGSSTRATEGIE

Der angestrebte Ansatz verfolgt eine Umwandlung rückgebauter Stahlbetonbauteile zu modularen Fertigteilen. Diese Prozesskette lässt sich in drei Abschnitte gliedern. Zunächst müssen die Bestandsbauwerke modularisiert werden, um anschließend tragende Elemente gezielt selektiv zu dekonstruieren und eine Integration in standardisierte Baukastensysteme zu ermöglichen. Der anschließende Umwandlungsprozess soll mithilfe roboterbasierter Fertigungstechnologien weitgehend automatisiert erfolgen. Durch den Einsatz verbundloser Vorspanntechniken können die gewonnenen Module nach dem Lösen der Vorspannung mehrfach in unterschiedlichen Bauwerken verwendet werden, wodurch die Lebensdauer der einzelnen Bauteile deutlich verlängert werden kann.

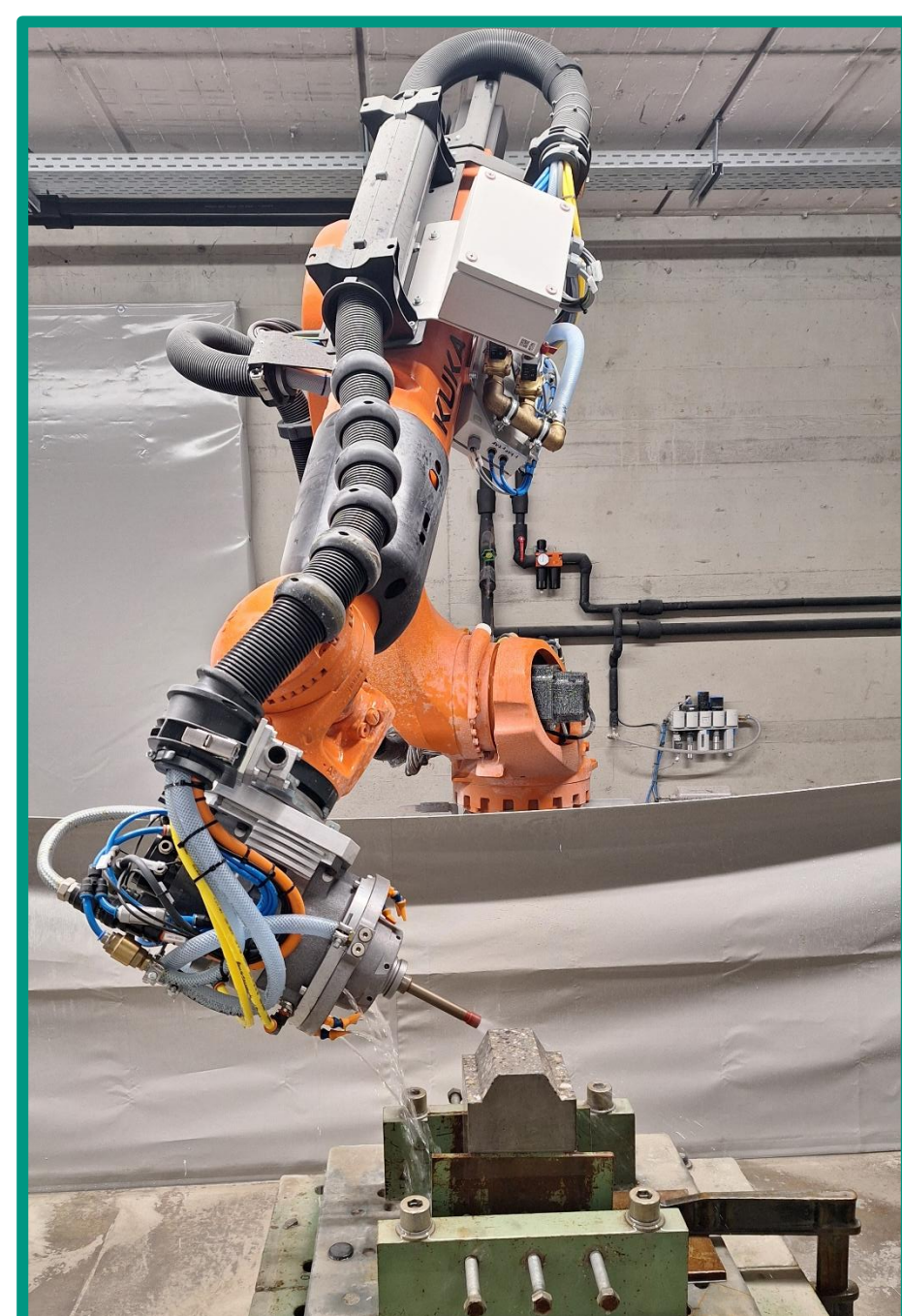


3 BAUKASTENSYSTEM FÜR ZIRKULÄRE WIEDERVERWENDUNGEN

Im Zentrum der Wiederverwendungsstrategie steht ein modulares Baukastensystem. Hierfür müssen die Bauteile mit bestimmten geometrischen Ausprägungen rückgebaut werden. Nach der erforderlichen Aufbereitung werden die definierten Segmente in eine Bauteildatenbank überführt. Durch eine gezielte Kombination der Segmente lassen sich unterschiedlichste Gebäudequerschnitte errichten. Die einzelnen Bauteile werden durch Vorspanntechniken verbunden, wobei die Verankerung und Kraftübertragung durch spezielle Knotenmodule (Stahlbauweise) realisiert werden soll. Durch die schlanke Skelettbauweise mit Rahmenaussteifung lassen sich bei Engpässen in der Bauteildatenbank fehlende Segmente einfach durch Neubauteile substituieren.

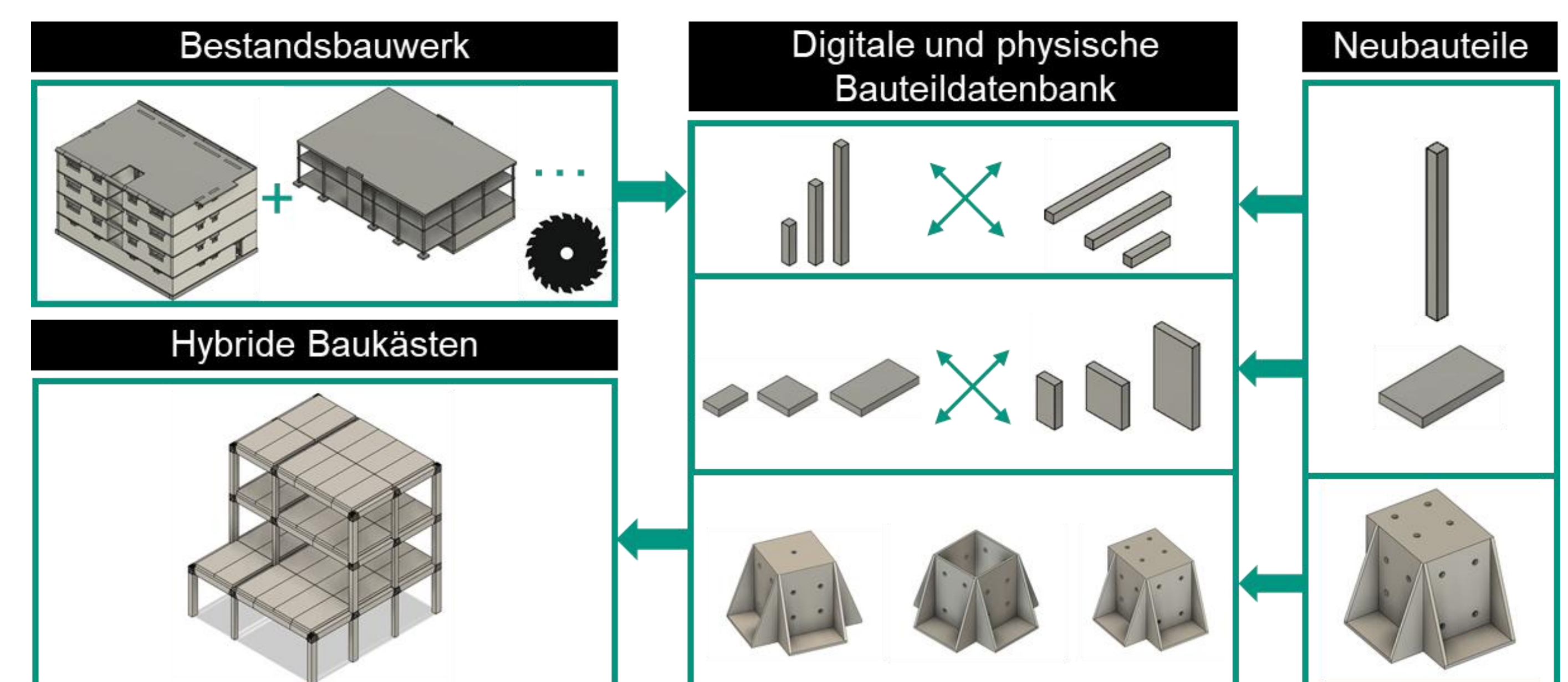
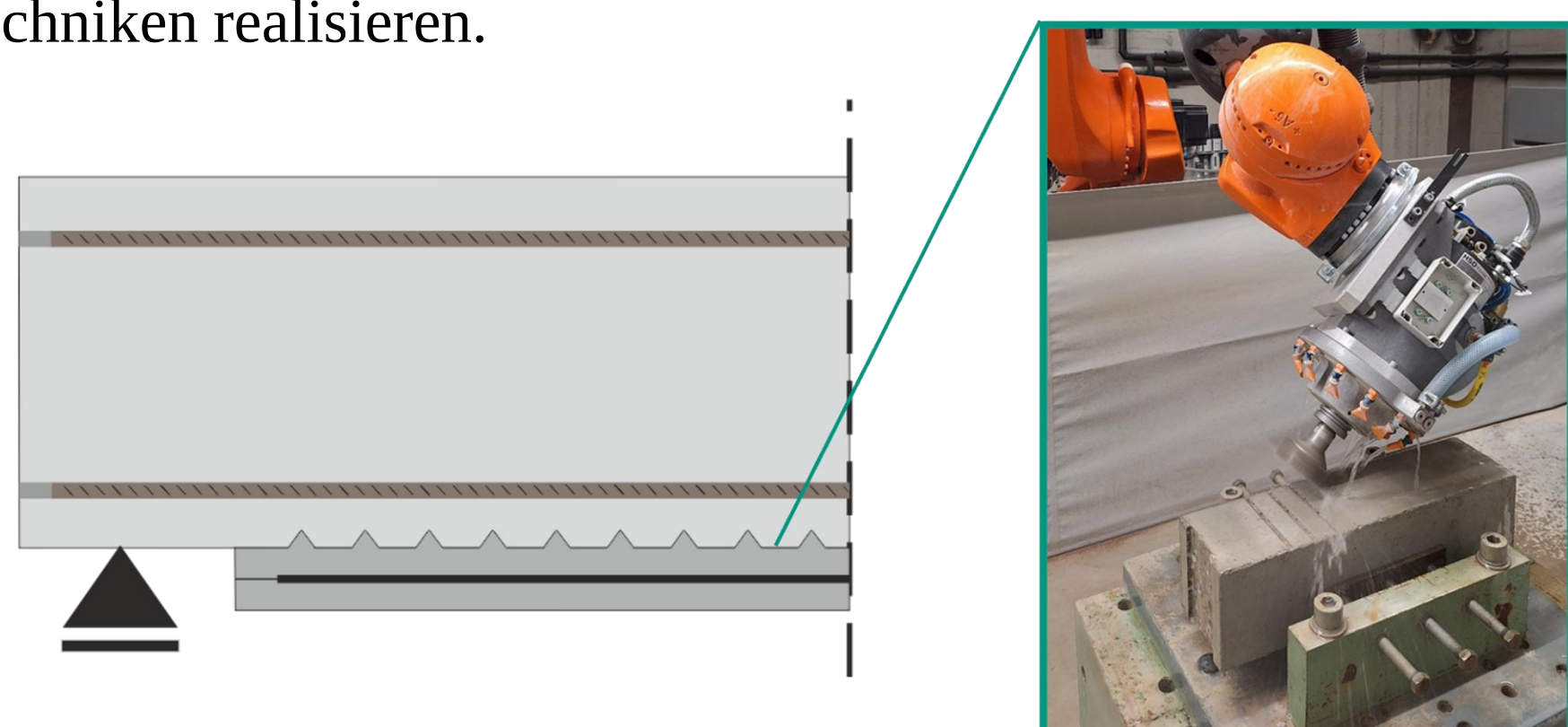
4 AUFBEREITUNGSSTRATEGIE

Die Automatisierung der notwendigen Aufbereitungsschritte kann die Effizienz der Wiederverwendung von Stahlbetonbauteilen erheblich steigern. Um den Einsatz von Industrierobotern für derartige Anwendungen zu ermöglichen, sind jedoch Untersuchungen zur Schwingungsanfälligkeit in Wechselwirkung mit dem Werkstück (Stahlbeton) erforderlich (vgl. [2]). Grundsätzlich lassen sich zwei wesentliche methodische Ansätze unterscheiden. Während bei der subtraktiven Methode Material vom Werkstück abgetragen wird, um die gewünschte Geometrie zu erzeugen (z. B. durch Fräsen oder Bohren), erfolgt bei der additiven Methode der Aufbau des Werkstücks durch das schichtweise Auftragen von Material (z. B. mittels 3D-Drucktechniken).



6 ANWENDUNG KOMBINierter METHODEN

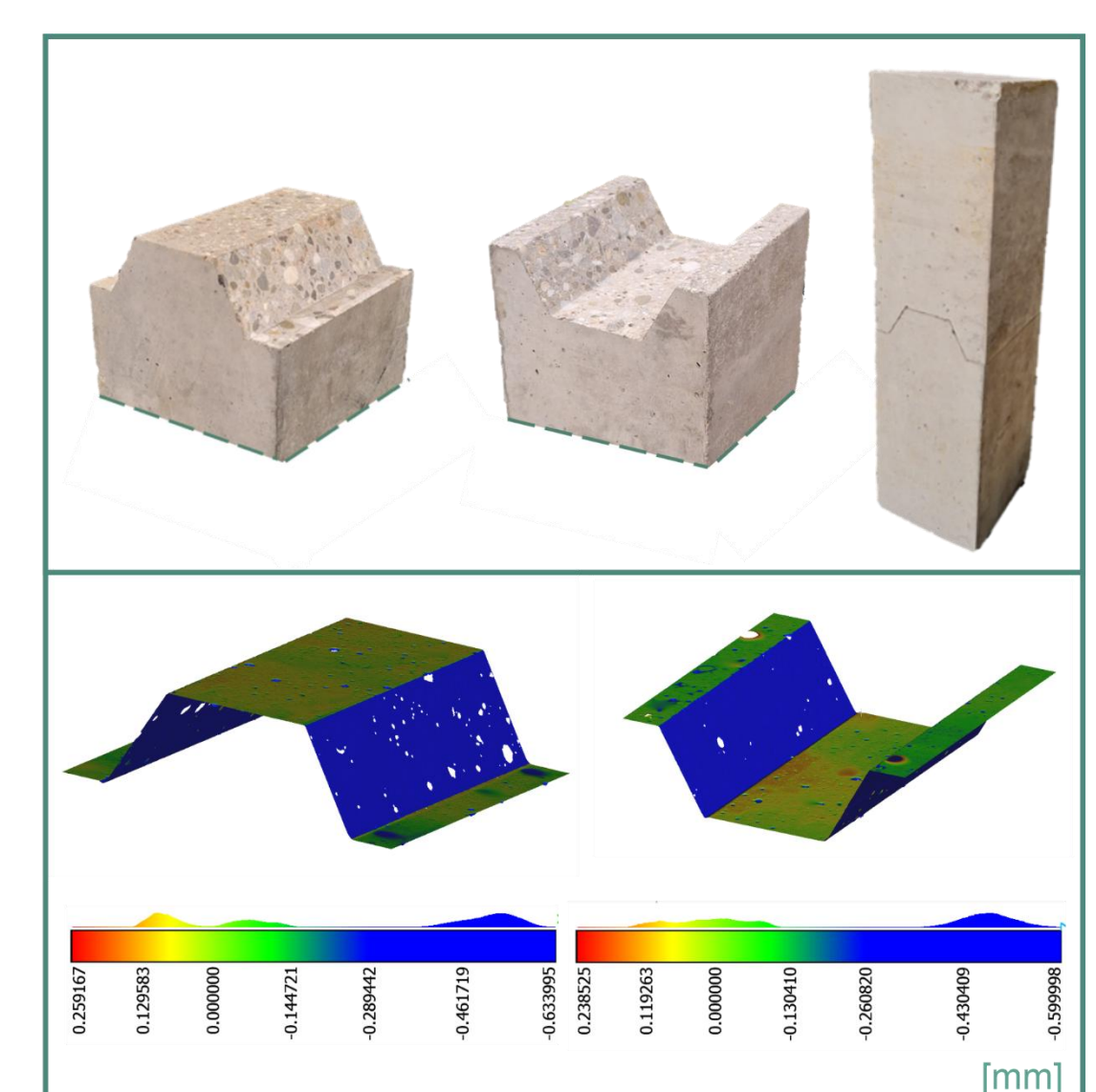
Die Automatisierung von Verstärkungsmaßnahmen für Stahlbetonbauteile kann durch kombinierte Fertigungsverfahren, bestehend aus subtraktiven und additiven Prozessen, ermöglicht werden. Die Ausbildung geeigneter Verbundoberflächen kann durch gezielte Säge- oder Frästechniken erfolgen. Die anschließende Applikation der Verstärkungsschichten lässt sich unter Anwendung etablierter, robotergestützter Betoniertechniken realisieren.



5 ANWENDUNG SUBTRAKTIVER METHODEN

Die Verstärkung der Schnittstellen in modularen Bauwerken gegenüber Scherbeanspruchungen spielt eine zentrale Rolle bei der Baukastenentwicklung.

In ersten eigenen Untersuchungen (vgl. [3]) konnte gezeigt werden, dass sich durch den Einsatz geeigneter Frästechniken profilierte Fugen nachträglich herstellen lassen und diese Trockenfugen eine hohe Passgenauigkeit aufweisen.



[3]

7 FAZIT

Die folgenden wesentlichen Erkenntnisse lassen sich zusammenfassen:

- Die Wiederverwendung in standardisierten, modularen Baukästen ermöglicht eine effiziente Prozesskette;
- Subtraktive Methoden können durch den Wegfall von Aushärtezeiten schnelle Fertigungsverfahren ermöglichen;
- Additive Methoden eignen sich insbesondere zur Verstärkung rückgebauter Bauteile mit Tragfähigkeitseinschränkungen;
- Das Potenzial für automatisierte Aufbereitungsprozesse konnte durch erste erfolgreiche Anwendungen aufgezeigt werden.

LITERATUR

- Devènes, J. et al. (2022): Re:Crete – Reuse of concrete blocks from cast-in-place building to arch footbridge. In: Structures, 43, S. 1854–1867. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.07.012>
- Hägle, M. et al. (2025): Steigerung der Bearbeitungsgenauigkeit von Betonoberflächen durch robotergestütztes Fräsen. In: Beton- und Stahlbetonbau, 120 (3), S. 172–181. <https://doi.org/10.1002/best.202400096>
- Stöhr, B. et al. (2025): Optimising robotic production of interlocking dry joints for the connection of reused concrete members. In: Proceedings of the 2025 fib International Symposium, Antibes, S. 2474–2485.

