

Reallabor Bauwende

		Gebäude als Experimentierfeld und Forschungsobjekt	

Wie kann die dringend erforderliche Wende im Bauwesen gelingen? Um ein Leben in planetaren Grenzen zu ermöglichen, muss die Bauwirtschaft auf nachwachsende Rohstoffe, einen sortenreinen Rückbau und wiederverwendbare Ressourcen gesetzt werden, sagen Andrea Klinge und Eike Roswag-Klinge von ZRS Architekten. Ziel muss eine Kreislaufbauwirtschaft sein, die insbesondere eine faire Bepreisung der Folgekosten berücksichtigt. ZRS Architekten nehmen an Reallabor-Projekten zum Lowtech-Bauen teil, das sie hier als Konzept vorstellen.

Das Bauen wird zunehmend, auch in der öffentlichen Diskussion, als Treiber der Klimakrise und der Ressourcenverknappung erkannt. Der Energiebedarf für den Betrieb von Gebäuden wird bis heute signifikant aus fossilen Quellen wie Heizöl und Gas gedeckt. Dabei versuchen wir seit nahezu fünf Jahrzehnten, diesen einerseits durch Steigerung der Effizienz zu reduzieren und andererseits durch regenerative Energiequellen zu nutzen. Rebound-Effekte, wie der Zuwachs an Nutzflächen, aber auch das Zögern beim Verbot von fossilen Energieträgern, haben zu extremen Verlängerungen in der Umsetzung von Gebäudesanierungen und dem Wechsel zu regenerativen Energien geführt. Erst die aktuelle Bundesregierung scheint den Systemwechsel wirklich vollziehen zu wollen.

Die bedeutend größere Aufgabenstellung als die reine Energiefrage im Betrieb ist die stoffliche Frage, also die Frage nach dem angemessenen Einsatz von Rohstoffen. Gut 92 Prozent der in Deutschland eingesetzten Rohstoffe gehen in den Bausektor. Das sind knapp 500 Millionen Tonnen jährlich. Im Rahmen der Herstellung von Baustoffen wie Stahl, Zement, Glas, Aluminium et cetera werden circa 20 Prozent aller CO₂-Emissionen freigesetzt. Durch den Abriss, den Bau und Umbau von Gebäuden entstehen 55 Prozent des Abfallaufkommens in Deutschland. Geschuldet ist dies einer konsum- und wachstumsorientierten Wirtschaft. Daher muss dringend ein grundsätzlich neuer Weg im Bauen gefunden und umgesetzt werden.

Leben und Bauen in planetaren Grenzen

Wie muss sich die Menschheit verhalten, um ihr Überleben auf dem Planeten Erde zu sichern? Wir sind fundamental abhängig von der Biosphäre, die wir jedoch mit rasender Geschwindigkeit zerstören. Die vom Menschen geprägte Technosphäre¹ verbraucht die Biosphäre, aber auch die

Geologie in einem Maße, dass ein Überleben der Menschheit mittel- bis langfristig kaum möglich sein wird. So haben wir in Deutschland die uns für 2023 zur Verfügung stehenden Ressourcen theoretisch am 4. Mai verbraucht. Wir konsumieren also dreimal so viele Ressourcen, wie uns „natürlich“ pro Jahr zur Verfügung stehen.²

Wie muss sich der Bausektor verändern, um in ein ganzheitliches Modell der planetaren Grenzen zu passen? Hierzu sind verschiedene Modelle entstanden, die aber nur sehr schwer auf den Gebäudemaßstab oder den persönlichen Fußabdruck eines Menschen herunterzubrechen sind. Das weitverbreitete Modell der CO₂-Emissionen sieht eine Reduktion um 95 Prozent bis 2045 vor.³ Um das zu erreichen, muss neben der Reduktion des Energiebedarfs im Gebäudebereich der Umstieg auf regenerative Energien erfolgen. Das wird für den Gebäudesektor vorrangig grüner Strom in Verbindung mit Wärmepumpen sein, im besten Falle in Kombination mit Nah- und Fernwärmenetzen.

Das Umweltbundesamt hat in seiner RESCUE-Studie 2019 „Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität“ beschrieben.⁴ Diese sektorenübergreifende Studie entwickelt unterschiedliche Szenarien, wie sich unser Leben den natürlichen Gegebenheiten, wir würden es „planetare Grenzen“ nennen, anpassen lässt. Neben der Reduktion der Treibhausgasemissionen um 95 Prozent tritt die Reduktion der Entnahme der Rohstoffe um 60 Prozent. Die Lösungspfade sehen dabei immer eine Sektorenkopplung vor.

Die Bauwende – Kreislaufbauwirtschaft

Der Lösungspfad für die Energie wurde zuvor beschrieben. Die Reduktion der Rohstoffentnahmen ist die bedeutend größere Herausforderung und führt zu einem komplett neuen Denken und Umbau der Bauwirtschaft. 50 Prozent der Rohstoffentnahmen des Bausektors gehen heute in den Hochbau, die anderen 50 Prozent

- 1 Man schätzt, dass rund 50 Kilogramm aus Technologieprodukten- und Abfällen auf jedem Quadratmeter Erde lasten. Die menschengemachte Technosphäre, bestehend aus Infrastrukturen, Straßen, Gebäuden, Flugzeugen, Autos, Smartphones, PC's, Müllhalden, übertrifft mittlerweile die Atmosphäre des Planeten um ein Vielfaches.
- 2 <https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/>
- 3 Rescue Studie Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/rescue>
- 4 Ebd.
- 5 Bei der Agroforstwirtschaft werden landwirtschaftliche Nutzflächen mit Bäumen kombiniert. Etwa bei von Bäumen umsäumten Acker- oder Gemüsekulturen. Zwischen Gehölzstreifen, bestehend aus Nuss- oder Obstbäumen, lassen sich gut Kartoffeln anbauen. Erreicht wird dadurch eine Verbesserung des Mikroklimas, das einen besseren Schutz vor Trockenheit bietet. Es beugt zudem Erosionen vor und bietet eine größere Artenvielfalt. Agroforstwirtschaft ist auch ein Weg *back to the roots*. Erst die intensiviertere moderne Landwirtschaft hat zu einer Trennung in jeweilige Monokulturen geführt.

in die Infrastruktur. Wenn die Reduktion der Entnahmen um 60 Prozent bis 2045 gelingen soll, bleiben keine Primärrohstoffe mehr für den Hochbau, da die Infrastruktur quantitativ nur sehr begrenzte Potentiale zur Substitution von Rohmaterial aufweist, also auf frische Ressourcen angewiesen bleibt. Der Hochbau muss sich also möglichst komplett über die Wiederverwendung und Wiederverwertung schon einmal genutzter Ressourcen versorgen beziehungsweise auf nachwachsende Rohstoffe umschwenken. Ziel ist dabei die Sektorenkopplung von Land- und Forstwirtschaft mit dem Bausektor. Über die Substitution geologischer Ressourcen durch nachwachsende Rohstoffe werden CO₂-Emissionen vermieden beziehungsweise über die Nutzungszeit CO₂-Speicher erzeugt, die dem Klimawandel entgegenwirken. Das Umweltbundesamt sieht in der Kopplung von Waldumbau und Transformation der Landwirtschaft zum Beispiel über Agroforstwirtschaft⁵ mit der Bauwende ein großes klima- und ressourcenpolitisches Potential. Folgende Rahmenbedingungen werden das Bauen in planetaren Grenzen prägen:

1. Verringerung des Konsums, Deutschland ist „gebaut“

Die Bevölkerung in Europa und Deutschland wächst nicht mehr. Die EU-Statistik-Behörde Eurostat prognostiziert vielmehr einen Rückgang um zehn Prozent bis zum Jahr 2100. Europa ist also, wenn man so will, „gebaut“. Darüber hinaus wird laut

RESCUE-Studie eine Reduktion der Wohn-Nutzflächen von aktuell knapp 50 Quadratmeter pro Person auf 40 Quadratmeter pro Person bis 2045 notwendig. Dies würde einen Gebäudeleerstand von 20 Prozent im Jahr 2045 bedeuten. Schon heute stehen circa 600.000 Wohnungen in Deutschland leer. Der Neubau muss vermieden werden und darf nur in sehr begründeten Fällen geschehen. Bestehende Flächen müssen besser verteilt und genutzt werden.

2. Transformation des Bestands, Reduktion der Nutzflächen, Neubaurmoratorium

Zur Erreichung der energetischen Ziele muss die Sanierungsrate von aktuell einem Prozent auf mindestens drei Prozent erhöht werden. Faktisch müssen wir mehr als aktu-

ell, aber nur im Bestand bauen. Neben der energetischen Sanierung müssen Gebäude an zukünftige Nutzungsanforderungen wie den demografischen Wandel und neue Wohn- und Arbeitsgewohnheiten angepasst werden. Es müssen anpassungsfähige Gebäudekonzepte entwickelt werden, die flexibel in der Nutzung sind und mit weniger Nutzfläche auskommen. Im Bürobereich ist aktuell ein Wandel spürbar, im Bereich Wohnen ist dies bedeutend komplexer, zudem sich der große Überhang an Wohnflächen im Bereich der Einfamilienhäuser befindet.

3. Abrissmoratorium, sortenreiner Rückbau

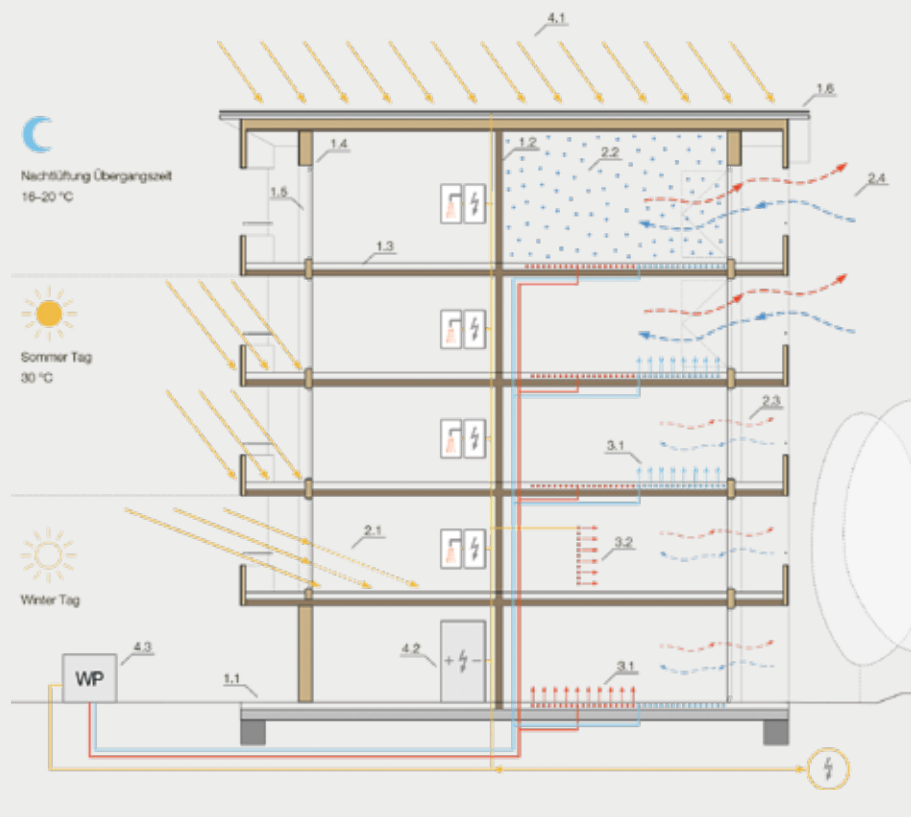
Bestehende Ressourcen müssen unter Schutz gestellt werden, der Gebäudeabbruch beziehungsweise -rückbau darf nur

in sehr begründeten Fällen geschehen. Um in solchen Ausnahmen die Weiternutzung der bestehenden Ressourcen zu ermöglichen, muss der Rückbau „sortenrein“ erfolgen. Die nachträgliche Trennung der Stoffe ist, wenn überhaupt, nur unter sehr hohem Aufwand möglich. Die zentrale Aufgabe sind dann der sortenreine Rückbau und die Entsorgung von Schadstoffen, die in den Jahrzehnten nach dem Zweiten Weltkrieg in den Gebäudebestand eingebaut wurden. Gebäude und Bauteile müssen weiter- und wiederverwendet werden und dürfen nicht zerstört werden. Nur sortenreine Produkte werden den Weg in die Kreislaufbauwirtschaft finden. Rückbau sollte zudem mit einer CO₂- und Ressourcensteuer versehen werden, um die von der Gesellschaft getragenen Schäden der Errichtungsphase zu kompensieren.



Holz Ziegel Lehm, Pilotprojekt zu nachhaltigem Mietwohnungsbau, Hofansicht, Abb.: Arge ZRS Architekten und Bruno Fioretti Marquez

1. Gebäudehülle, diffusionsoffen & klimasteuernd
- 1.1 A+B: WU-Bodenplatte und Holzfaserdämmung; U-Wert ca. 0,26 W/m²k
- 1.2 A: Aussteifende Wände und Treppenhauskern, Brettsperrholz B: Aussteifende Wände und Treppenhauskern, Mauerziegel
- 1.3 A+B: Decke Brettsperrholz
- 1.4 A: Außenwände, Holzrahmenbau hochdämmend; U-Wert ca. 0,16 W/m²k, B: Außenwände, Mauerziegel mit Holzfaserfüllung; U-Wert ca. 0,18 W/m²k, 1.5. A+B: Holz-Fenster, Dreifachverglasung; U-Wert ca. 0,90 W/m²k, 1.6. A+B: Dach hochdämmend, Holz-Rippenelemente; U-Wert ca. 0,15 W/m²k
2. Klimasteuerung über Naturbaustoffe
- 2.1 Passive Energiegewinnung im Winter
- 2.2 Klimasteuerung / Feuchtesorption über Lehmbauplatten und Lehmputze
- 2.3 Natürliche Belüftung inkl. Bäder an Außenwand
- 2.4 Nachtauskühlung, freie Fensterlüftung, Sommer
3. Beheizung
- 3.1 Fußbodenheizung / optional Temperierung im Sommer
- 3.2 Alternativ, Infrarotdirektheizung in Lehmputz
4. Energie
- 4.1 In-Dach PV-Anlage
- 4.2 Batteriespeicher
- 4.3 Luftwärmepumpe



Holz Ziegel Lehm, Pilotprojekt zu nachhaltigem Mietwohnungsbau – Lowtech-Konzept, diffusionsoffene Gebäudehülle

4. Kreislaufgerechte Gebäude und Konstruktionen

In der Konzeption von Gebäuden muss neben der aktuellen Nutzung auch die Anpassung der Nutzung und Umnutzung in späteren Jahrzehnten mitgedacht werden, um Rohbauten möglichst endlos in der Nutzung halten zu können, da dort der überwiegende Teil der Ressourcen „gespeichert“ ist. Bauelemente und Bauteile müssen kreislauffähig, also sortenrein rückbaufähig hergestellt und verbaut werden. Verklebungen und die Verunreinigung von Materialien und Rohstoffen müssen vermieden werden. Ein wichtiger Pfad wird auch der optimierte, also reduzierte Einsatz von Rohstoffen sein. Das Bauwesen geht sehr oft wenig optimiert mit Ressourcen um.

5. Kreislaufgerechte Materialien – Nachwachsende Rohstoffe

Auch wenn der Rückbau möglichst vermieden werden soll, müssen die anfallenden Bauprodukte und Baumaterialien sortenrein rückbaufähig konstruiert und verbaut werden, um möglichst endlos in der Nutzung zu bleiben. Neu benötigte Materialien müssen freiwerdende Ressourcen des anthropogenen Lagers im Sinne eines *Urban*

Mining nutzen und dürfen nicht auf neue Rohstoffentnahmen zurückgreifen.⁶ Die urbane Mine ist jedoch sehr begrenzt, vor allem, wenn der Rückbau stark reduziert wird. Zudem sind die stofflichen Verluste im Prozess der Wiederverwertung nicht zu unterschätzen. Stoffliche Bedarfe, die nicht über Recycling aus der urbanen Mine gedeckt werden können, müssen aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holz und Naturfasern gewonnen werden.

6. CO₂- und Ressourcensteuer

Ein wesentlicher Schritt in der Bauweise und des Einstiegs in das Bauen in planetaren Grenzen muss eine faire Verpreisung der Umweltfolgewirkungen sein. Die aktuelle Steuergesetzgebung fördert CO₂-emittierende Stoffe wie Zement und Stahl über die Befreiung vom Emissionshandel und benachteiligt klimatisch positiv wirkende Stoffe wie nachwachsende Rohstoffe und Rezyklate. Grundlage einer Besteuerung der Umweltfolgewirkungen sollten die vom Umweltbundesamt ermittelten, aktuell gültigen 200 Euro pro Tonne CO₂ in unserer Generation, beziehungsweise 800 Euro pro Tonne CO₂ inklusive der Auswirkungen für die folgenden Generationen sein.⁷ Zudem muss auch eine Verpreisung der Umweltfolgewirkungen durch die Entnahme von

- 6 In Gebäuden und Infrastrukturen stecken erhebliche Mengen an Rohstoffen, insbesondere viele Metalle und Baumineralien. Ein gewaltiges „anthropogenes Lager“, das im Sinne eines *Urban Minings* nutzbar gemacht werden kann.
- 7 Aktuell werden CO₂-Emissionen mit 25 Euro pro Tonne CO₂ besteuert. Laut UBA liegen die echten Umweltfolgekosten für unsere Generation aktuell bei 200 Euro pro Tonne, rechnen wir die Folgekosten über die nächsten Generationen mit, sind es 800 Euro pro Tonne CO₂. Durch unser umweltschädliches Handeln in der Gegenwart verlagern wir die Folgekosten unseres Konsums massiv in die nächsten Generationen. Siehe dazu auch: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen#gesamtwirtschaftliche-bedeutung-der-umweltkosten>

Rohstoffen erfolgen. Diese werden aktuell vom Gemeinwesen getragen. Eine Besteuerung würde Optimierungspotentiale heben, die aktuell nicht genutzt werden.

Faktor Zeit

Die Zeit rennt. Die große Transformation soll 2045 abgeschlossen sein. Die Prozesse im Bauwesen sind sehr langwierig. Eigentlich müssen alle Ziele für 2030 in heutigen Planungen schon enthalten sein, um bis 2030 zur Umsetzung zu kommen. Die Ziele für 2045 müssen technisch und rechtlich 2030 im Wesentlichen geregelt sein, um 2045 zu wirken. Die Herausforderungen

der Bauwende und des Umbaus des Bauwesens zur Kreislaufbauwirtschaft sind bedeutend herausfordernder als die Energiefrage, die wir in den hinter uns liegenden Jahrzehnten bearbeitet haben. Die Forschungsfragen zum Thema Energie im Betrieb von Gebäuden sind weitgehend geklärt. Bei den Fragen der Kreislaufbauwirtschaft, beziehungsweise einer ganzheitlichen Bauwende als Teil des Bauens in planetaren Grenzen, stehen wir jedoch noch ganz am Anfang. Klassische Methoden der stufenweisen Forschung und Entwicklung, insbesondere zu stofflichen Fragen, werden viel zu lang dauern, um die Bauwende in wenigen Jahren zu ermöglichen.

Reallabor Bauwende

Die zuvor genannten Themen werfen viele Forschungsfragen auf. Insbesondere die Kreislaufbauwirtschaft ist nur in Ansätzen vorgedacht. Weiterhin können „Abfälle“ bislang nur zum Teil als Rohstoffe wiederverwertet werden. Zudem gibt es keine Methoden, um eingebaute, insbesondere tragende Bauelemente qualitativ zu bewerten und zu zertifizieren. Die Normung ist weiterhin auf Konsum und fossile Quellen ausgerichtet und bildet nicht die

Anforderungen der Klima- und Ressourcenkrise ab. Wir benötigen daher ein bedeutend höheres Tempo in der Forschung und Umsetzung der Veränderungen im Bauwesen. Reallabore können hier eine geeignete Methode sein, um Innovationen unter wissenschaftlicher Begleitung direkt im Bauprozess umzusetzen und abzusichern. Üblich ist dies bereits im Bereich der digitalen Transformation, was eine gute Vorlage für die Veränderungen im Bauwesen sein könnte. In Reallaboren können rechtliche Barrieren ausgeblendet und Innovationen unter wissenschaftlicher Begleitung direkt in der Praxis umgesetzt werden. Ein zweiter Aspekt der Reallabore wäre die transdisziplinäre Umsetzung von Transformationsprozessen mit allen Beteiligten auf Augenhöhe. So würden die Erfahrungen frühzeitig in die Projekte eingebunden und die Veränderungen zeitnah bei den Beteiligten verankert. Reallabore könnten als Begleiter und Beschleuniger der Bauwende wirken. Da diese mit klassischen Forschungsmethoden nicht im notwendigen Zeitraum umzusetzen ist, könnte sie als großes Reallabor gedacht und realisiert werden. Es würde die Unsicherheiten im Prozess akzeptieren und wissenschaftlich über Begleitforschung absichern.

Holz Ziegel Lehm – Ein Reallabor zum Lowtech-Bauen

Die Stadt und Land Wohnbauten-Gesellschaft mbH, eine der städtischen Wohnungsbaugesellschaften des Landes Berlin, beabsichtigt, die Potentiale des Lowtech- und ressourcengerechten Bauens anhand eines Ziegel-Holz-Hauses und eines Holz-Lehm-Hauses für den öffentlichen Wohnungsbau auszuloten. Die eher als Forschungsfrage beschriebene Ausschreibung konnte die ARGE aus ZRS Architekten und Bruno Fioretti Marquez für sich gewinnen. Das Projekt wird über ein DBU-Forschungsvorhaben der TU Berlin, der TU Braunschweig und der Universität Stuttgart wissenschaftlich begleitet. In einer Konzeptphase wurden die Grundlagen partnerschaftlich entwickelt und Grundstücke zur Aufnahme des Projekts analysiert. Untersucht werden in Berlin Britz zwei nahezu gleiche, gespiegelte Gebäude mit jeweils 18 Wohneinheiten. Zentrale Forschungsfragen sind dabei das Lowtech-Bauen, der Verzicht auf Lüftungstechnik und die Kreislauf- und Ressourcengerechtigkeit. Das Projekt wird in allen Phasen wissenschaftlich begleitet, um zu möglichst optimalen Planungsergebnissen zu kommen und diese wissenschaftlich,



Museumspavillon und Wissenspfade – Reallabor für das Planen und Bauen in planetaren Grenzen, Ansicht von Nord-Westen, Abb.: ZRS Architekten



Museumspavillon und Wissenspfade: Multifunktionshalle, Tragwerk und Gebäudehülle aus Altholz, Abb.: ZRS

etwa über Lebenszyklusanalysen, zu bewerten. Die begleitende Forschung ermöglicht auch eine frühzeitige Beteiligung der Nutzenden, die auf diese Weise an die Besonderheiten des Projekts herangeführt werden. Die Planung befindet sich in den Leistungsphasen 5 und 6. Über eine Reallabor-Quote von zehn Prozent aller Bauprojekte, die mit bis zu 20 Prozent Mehrkosten pro Projekt gefördert werden, könnte man mit Mehrkosten insgesamt von zwei Prozent – bezogen auf die Gesamtkosten im Bauwesen – der Bauwende einen großen Schub verschaffen.

Museumspavillon der TU Berlin – Reallabor für das Bauen in planetaren Grenzen

Das über das GRW-Programm geförderte Projekt „Museumspavillon und Wissenspfade“ wird in einem partizipativen und transdisziplinären Prozess aus der Universität heraus konzipiert. Es ist ein zukunftsweisendes Pilotprojekt für eine nachhaltige und klimagerechte Planungs- und Baupraxis und soll baulich, konstruktiv und prozessual neue Standards etablieren. Als Reallabor für das Planen und Bauen in planetaren Grenzen werden innovative und experimentelle Lösungen entwickelt. Das Projekt kooperiert mit Forschungen

verschiedener Fachgebiete der TU Berlin. Forschungsfragen sind das kreislaufgerechte Bauen, hier mit dem Schwerpunkt des Einsatzes von Altholz im Tragwerk, und eine zement- und stahlfreie Gründung sowie das Lowtech-Bauen und der Verzicht auf Lüftungstechnik in einem Ausstellungs- und Veranstaltungsgebäude. Das Projekt befindet sich in der Leistungsphase 2. Für die Planung wurde in einem VGV-Verfahren ein Generalplaner gesucht, der das Konzept der TU Berlin unter Begleitung von mehreren Forschungsprojekten in der Praxis umsetzen soll.

Die genannten Reallabor-Projekte basieren auf Forschungsvorhaben von ZRS Architekten Ingenieure und des Natural Building Lab der TU Berlin. Den Grundstein für das Lowtech-Bauen mit feuchtesteuernenden Naturbaustoffen legte das EU-Forschungsvorhaben (H)house. Das kreislaufgerechte Bauen stand im EU-Forschungsvorhaben RE4 im Zentrum und wird aktuell von dem Zukunft Bau Projekt „upMin 100“ und dem DBU-Projekt „Re:Frame Construction“ fortgeführt. Architekturbüros bringen mit ihrem ganzheitlichen Blick und ihrer Entwurfskompetenz besondere Qualifikationen mit, um Forschung zu betreiben und so die Basis für die Bauwende zu schaffen.

Prof. Dipl.-Ing. Andrea Klinge hat seit 2023 eine Professur für Konstruktion und Entwerfen am KIT in Karlsruhe inne. Sie studierte in Berlin und London und lenkte ihren Schwerpunkt auf Fragen des nachhaltigen, kreislaufgerechten Bauens und den Einsatz natürlicher Baustoffe wie Holz, Lehm oder Naturfasern. Sie wirkte in Büros in London, Rom und Berlin und ist seit 2013 für ZRS Architekten tätig.

Prof. Dipl.-Ing. Eike Roswag-Klinge ist Geschäftsführer von ZRS Architekten. Am Natural Building Lab der TU Berlin bekleidet er eine Professur für Konstruktives Entwerfen und Klimagerechtes Bauen.