

Die Übersetzung des Bauwissens und ihre versteckten Konflikte

Cordula Kropp und Yana Boeva

Beitrag zur Veranstaltung »Wissen, Wahrheit, Digitalität« der Sektion Wissenssoziologie

Einleitung¹

Das Bauwesen gilt aufgrund seiner fragmentierten Organisation und der Orientierung am Einzelprojekt als Nachzügler der Digitalisierung. Bauindustrie und Regierung erhoffen sich aber von einer digitalen Transformation der Bauwirtschaft erhebliche Verbesserungen der Produktivität, Effizienz und Transparenz. Als wichtiger Treiber der Digitalisierung im Bauwesen gilt die Nutzung von *Building Information Modeling* (BIM). Dabei handelt es sich um eine digitale, datenbankgestützte Methode zur Erstellung von Bauwerksdatenmodellen für alle Phasen über Entwurf, Planung, Ausführung, Verwaltung bis hin zur Nutzung. Diese 3D-Modelle liefern neben Informationen zu den Baugewerken idealerweise auch Informationen zu deren Qualitäten, sowie zu zeitlichem Verlauf und Kosten von Erstellung und Betrieb. Daneben werden Potenziale einer stärkeren Robotisierung und Automatisierung für die Bauausführung und eines digitalisierten Projektmanagements mit entsprechendem Datenaustausch erschlossen. Schließlich ermöglichen heutige Computerleistungen mit algorithmischen und logischen Methoden im Entwurf (*computational/generative design*) eine neuartige bauliche Performance und die Integration vielfältiger Anforderungen in der Tradition kybernetischer Ansätze (Cifuentes Quin 2016) sowie digitale Formexperimente zugunsten ikonischer Gebäude (parametrisches Design).

Die Nutzung der digitalen Möglichkeiten setzt eine „Konvertierung“ oder „Übersetzung“ der heterogenen und ungleich verteilten, fragmentiert und implizit vorliegenden Wissensvorräte in digitalisierte Informationen voraus, auch um neues Wissen zu schaffen. Wissenssoziologisch betrachtet ist Wissen eine wesentliche Form der symbolischen Konstruktion, Aneignung und Tradierung von Wirklichkeit und leitet in seiner Objektivierung als nicht-alltägliches „Sonderwissen“ auch berufliches Handeln an. Dazu werden spezialisierte Wissensbestände in der arbeitsteiligen Gesellschaft „von spezifischen Rollen-Inhabern an andere spezifische Rollen-Inhaber weitergegeben“, so Alfred Schütz und Thomas Luckmann (1979, S. 357) – und zwar je nach Komplexität in langwierigen und institutionell spezialisierten Apparaten (1979, S. 374). Durch die fortschreitende Differenzierung erfordert berufliches Handeln die Aneignung und strategische Abgrenzung von immer mehr Sonderwissen, „korrelativ schränkt sich

¹ Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC 2120/1 – 390831618.

der Anwendungsbereich der einzelnen Gebiete des Sonderwissens“ (Schütz, Luckmann 1979, S. 389) damit ein. So entstehe eine partielle, professionalisierte Sachverständigkeit als Element eines komplexen Geflechts von „Nichtwissen, Halbwissen und Wissen, von Macht und Abhängigkeit“ (Schütz, Luckmann 1979, S. 392), die Karin Knorr-Cetina als „kontextspezifische Konstruktionen“ darstellt, „die durch die Situationsspezifität und Interessenstrukturen, aus denen sie erzeugt wurden, gezeichnet sind“ (1984, S. 25).

In unserem Untersuchungsfeld wird Bauwissen allerdings nicht länger nur von und zwischen Menschen produziert, vermittelt und stabilisiert, sondern zwischen Menschen und intelligenten Maschinen. Bislang überwiegend analog vermitteltes Wissen, das sich in 2D-Bauplänen materialisierte und unter anderem in den Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure objektiviert und institutionalisiert war, wird nun durch Informationstechnologien und ihre Fähigkeiten der algorithmischen Mustererkennung, Selektion und Neuschöpfung ko-produziert. Die Bedeutung dieser Veränderung und ihrer mediatisierten Interessensstrukturen interessiert uns im Folgenden.

Professionelle Sonderwissensbestände und ihre digitale Übersetzung

Hubert Knoblauch beschreibt eine Veränderung des Wissens durch die „technische Auslagerung als Information und deren mediatisierte Nutzung in neuen Kommunikationszusammenhängen“ (2013, S. 15) in modernen Wissens- bzw. Informationsgesellschaften. Er geht davon aus, dass durch Informationstechnologien die Bindung von Wissen an spezifische soziale Einheiten und Rollen sowie professionalisierte Institutionen der Vermittlung gelockert, Spezialwissen dadurch popularisiert und zunehmend ein von sozio-kulturellen Lebenswelten losgelöster Gegenstand der Selbstsozialisation werde. Global mediatisiert, „informatisiert“ (Degele 2000) und entgrenzt wird es in weltweiten Netzwerken verfügbar, bedarf aber für professionelle Sachverständigkeit der lokalen Rekontextualisierung. Dadurch bekommt es Produkt- bzw. Warencharakter und Wissensbroker gewinnen an Bedeutung. Sie machen Spezialwissen konfektioniert als Ware verfügbar, so dass sich die darauf gründende professionelle Legitimität sowie Abhängigkeiten und Machtunterschiede verschieben. Das dürfte vor allem die Interessen solcher wissensbasierter Berufe tangieren, denen es gelungen ist, die professionelle Wissensproduktion unter berufliche und verbandliche Kontrolle zu bringen, eine formalrechtliche Monopolisierung ihres Tätigkeitsfeldes durchzusetzen, die Ausbildungsinstitutionen zu kontrollieren, berufliche Praktiken selbstverwaltet in autonomen Berufsverbänden zu organisieren und die Kontrollansprüche insbesondere auf den „Zugang zur Profession, auf Sonderwissensbestände und auf kollegiale Selbstkontrolle“ (Pfadenhauer 2003, S. 61) richten. Denn durch Informatisierung, Popularisierung und globale Kommerzialisierung wird ihre Expertise in neue Akteurnetzwerke „übersetzt“ mitsamt den bisherigen Motiven und Handlungsspielräumen.

Den Übersetzungsbegriff greifen wir von der Akteur-Netzwerk-Theorie und Michel Callon (1986) auf. Das Konzept wurde eingeführt, um die Prozesse der „technischen Vermittlung“ zwischen zwei Weltordnungen nachzuzeichnen. Herausgearbeitet wird damit, inwiefern durch Innovationsprozesse nicht nur „etwas neues in die Welt kommt“ (die einfache, aber unzutreffende Implementationsvorstellung), sondern dabei das Bestehende in neue Arrangements mit neuen Handlungsmöglichkeiten, Rollen und Definitionsverhältnissen übertragen bzw. verschoben wird. Aus dieser Sicht ist Digitalisierung eine Wissensbestände und die durch sie angeleiteten Berufspraktiken verschiebende, reorganisierende Strategie, die weder vom Status quo noch vom Innovationsziel definiert wird, sondern, im Sinne Bruno Latours, von der „Schöpfung einer Verbindung“ zwischen zwei Arrangements, durch die alle

beteiligten Elemente und Agenten modifiziert werden (Latour 1998, S. 34). Die Rekonfiguration von Wissensbeständen und -regimen geht in aller Regel mit Gewinnern und Verlierern, also mit Konflikten einher. Sie greift in die Interessenstrukturen ein, erweitert oder verringert bisherige Abhängigkeiten und schafft neue. Dementsprechend beobachten wir im Untersuchungsbereich, dass viele zögern, ihr Konstruktions- und Prozesswissen offenzulegen, andere schnellstens Datenbanken aufbauen, um ihre Produkte (von Türschwellen bis zu Ausführungsarbeiten) BIM-gerecht der Massennutzung zur Verfügung zu stellen, wieder andere sich als Wissensbroker zwischen realen und digitalen Welten positionieren. Im Zuge der Übersetzungsprozesse werden die Rollen im Bauprozess zwischen Menschen, Computern und Robotern neu verteilt, Steuerungs- und Handlungsspielräume definiert, neue und alte Ungleichheiten zementiert, technische, ökonomische und materielle Parameter und Handlungszwänge geschaffen (Cardoso Llach 2015).

Im Weiteren beleuchten wir diese Übersetzungsprozesse und die mit ihnen verbundenen Konsequenzen und Konflikte anhand von drei verschiedenen, jedoch miteinander verbundenen Digitalisierungsstrategien: *Building Information Modeling* (BIM), Roboterisierung und Automatisierung des Bauschaffens und *Computational Design*. Zuerst möchten wir die Leser/-innen anhand eines Prototyps, der durch computerbasierte Entwurfs- und Fertigungstechniken realisiert wurde, mit der Reichweite der digitalen Transformation vertraut machen.

Computerbasierte Bauprozesse: Der BUGA Holzpavillon

Im Rahmen der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn wurde vom Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baukonstruktion (ICD) und dem Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen (ITKE) der Universität Stuttgart der sogenannte BUGA Holzpavillon realisiert (Abb. 1). Der 30 Meter überspannende Pavillon wirbt für die vielseitigen architektonischen Möglichkeiten des digitalen Holzbaus. Seine segmentierte Schalenkonstruktion besteht aus 376 unterschiedlichen Holzkassetten mit 17.000 verschiedenen Keilzinkenverbindungen, die entlang der vielfältigen konstruktiven Anforderungen an die Gesamtstruktur unter Nutzung von sog. künstlicher Intelligenz berechnet wurden (Knippers et al. 2021).



Abb. 1. BUGA Holzpavillon, ICD/ITKE Universität Stuttgart

Dazu wurden die biologischen Prinzipien der Plattenskelette von Seeigeln algorithmisch rekonstruiert und zur Grundlage des computerbasierten Architekturentwurfs und der Steuerung der robotischen Fertigungsprozesse genommen. Es wurden also nicht, wie seit dem Mittelalter üblich, ausgehend von einer Fläche für einen neuen Bau die Längen-Seiten-Höhen-Verhältnisse im Plan berechnet und dann Holzbauteile auf Basis dieser Pläne mechanisch angefertigt, sondern Statik und Materialeinsatz auf Basis der erforschten biomimetischen Prinzipien algorithmenbasiert konstruiert. Anschließend wurden die sich selbst stützenden Bauteile rechnerisch optimiert (Abb. 2). Die einzelnen Holzkassetten, von denen keine der anderen gleich, wurden auf Basis der parametrischen Berechnungen automatisiert von einer Roboter-Holzfertigungsplattform gefräst und zusammengesetzt (Abb. 3). Die computergesteuerte Vorfertigung stellt sicher, dass der Materialeinsatz für den Pavillon minimiert und alle Holzsegmente wie ein großes, dreidimensionales Puzzle mit einer Genauigkeit von weniger als einem halben Millimeter zusammengesetzt werden können. Der Zusammenbau erfolgte vor Ort durch zwei maschinell unterstützte Handwerker in zehn Arbeitstagen. Die gesamte Struktur ist für einen leichten Rück- und Wiederaufbau konzipiert.

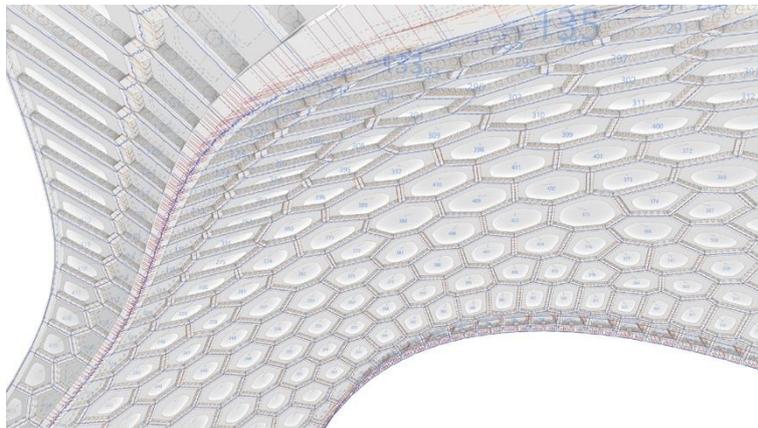


Abb. 2. Rechnerische Optimierung der Holzkassetten, ICD/ITKE Universität Stuttgart



Abb. 3. Roboter-Holzfertigungsplattform, ICD/ITKE Universität Stuttgart

Weder der planerische Entwurf noch der Bauprozess könnte von Menschen ohne Computer realisiert werden. Das Übersetzungskonzept betont, dass hierbei nicht einfach bestehendes analoges Wissen digitalisiert und implementiert wird, sondern dass die Nutzung digitaler Planungs- und Bautechnologien eine Modifikation aller Wissensbestände verursacht und damit eine Neuverteilung von Information, Handlungswissen und Expertise – eine Art soziotechnische Wissenspolitik.

Digitalisierungsansätze im Baubereich und die Transformation der Wissensproduktion

Das Beispiel macht die verschiedenen Ansätze hinter dem Begriff „Digitalisierung“ sichtbar, der Bauprozesse und -ergebnisse betrifft. Auch wenn BIM, Robotisierung und *Computation* miteinander verbunden sind und teilweise ineinander übergehen, behandeln wir sie (vgl. Tab. 1) mit Blick auf wissenssoziologisch relevante Unterschiede getrennt. Bei aller Verschiedenheit haben die drei Ansätze eine Gemeinsamkeit: die radikale und auch strategische Neugestaltung der Akteursrelationen, Wissensregime und Machtverhältnisse. Für die Untersuchung stützen wir uns auf eine Dokumentenanalyse und 23 Expert/-innengespräche aus dem Jahr 2020.

Tabelle 1. Digitalisierungsansätze für den Baubereich

	(1) BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	(2) ROBOTERISIERUNG & AUTOMATISIERUNG	(3) COMPUTATIONAL DESIGN
WISSENSORDNUNG	Integration, Entprofessionalisierung und Objektivierung von Planungs- und Ausführungswissen	Informatisierung des Baufachbetriebs, CNC-Maschinensteuerung, Bestimmung der Parameter durch Software (-Entwickler/-innen)	Informationstechnische Optimierung und Ko-Produktion von Planungswissen durch algorithmische Regelsysteme
TRANSFORMATIONSZIEL	Transparenz, Kontrolle, Integration, komplexe Berechnungskapazitäten	Präzision, Produktivität	Neue Konstruktionsmöglichkeiten und Entwicklung offener Formen
WISSENS-TRANSFORMATION	analog – digital	human – digital	digital – algorithmisch (KI)
EIGENTÜMLICHE REGELN UND STRUKTUREN	Integration in quantitative Betrachtung, Standardisierung von Wissens-elementen und Weitergabe	Fragmentierte Wissensbestände, opake & proprietäre Strukturen	„Kuratierung“ teils nicht nachvollziehbarer algorithmischer Kalkulation und Kreation
DIREKTE UND INDIREKTE FOLGEN	Rationalisierung, Konzentrationsprozesse, Plattformkapitalismus	Neue Arbeitsbedingungen, Beschäftigungsstrukturen	Permanente Optimierung, Fokus auf Prototypen & Prozesse
WISSENS-SOZIOLOGISCHE KONSEQUENZEN	Wissenspolitische Verlagerungen, Plattformkapitalismus	Beschäftigungskonflikte, Verlagerung der Handlungskontrolle	Hybride Wissensgenerierung, jenseits der Nachvollziehbarkeit
WISSENS-POLITISCHE KONSEQUENZ	Radikale und strategische Neugestaltung von Akteursrelationen und institutionellen Wissensordnungen, inkl. neuer Akteure, Geschäftsmodelle, Machtverhältnisse		

BIM: Von Bauplänen zu datenbankgestützten Informationsmodellen

BIM bezeichnet eine Strategie, sämtliche für die Planung, Realisierung und Bewirtschaftung eines Bauobjekts erforderlichen Informationen in ein virtuelles Bauwerksmodell zu integrieren und dort über den Lebenszyklus des Bauwerks verfügbar zu halten. Es ist also eine digitale Planungsmethode

zur Anreicherung von 3D-Modellen mit Echtzeitdaten, unter Umständen verbunden mit der Simulation der Herstellungsprozesse, der Ermittlung der Baukosten, einer Nachhaltigkeitsbetrachtung und der weiteren Objektbewirtschaftung. Im Mittelpunkt steht das Versprechen, trotz der stark fragmentierten Bauwirtschaft eine maximale Planungstransparenz und Kontrollierbarkeit für alle Beteiligten zu erreichen. Die Nutzung von BIM ist in Deutschland seit 2021 für Infrastrukturbauten und öffentliche Hochbauten vorgeschrieben; der Staat fungiert also wie in anderen europäischen Ländern, Singapur, Korea und den USA als Digitalisierungstreiber.

Das Effizienz- und Kontrollversprechen wird von der Vorstellung begleitet, das analoge Wissen läge bereits digital vor, nur nicht effizient verknüpft. Die BIM-Software soll mit ihrer organisierenden und strukturierenden Wirkung die Zusammenarbeit und den Wissensaustausch erleichtern. Dennoch gehen die Meinungen bei den befragten Expert/-innen über die Effizienz und die Erleichterung der Arbeitsprozesse durch BIM auseinander. Beklagt werden Herausforderungen wie nicht definierte Schnittstellen, zu hohe Detailstufen in den 3D-Modellen, die häufig zu „Datenmüll“ führten, und intransparente Entscheidungsprozesse. Zudem wirft ein offener Brief im Juli 2020, unterschrieben von einigen der bedeutendsten internationalen Architekturbüros, dem Softwarehersteller *Autodesk* vor, dass der Entwicklungsstand der zentralen BIM-Software *Revit* ihren Gestaltungs- und Planungsansprüchen immer weniger gerecht werde, aber durch die Umstellung auf Abonnements erheblich teurer geworden sei. Der Softwarekonzern konzentrierte sich stark auf cloudbasierte bauliche Produktionsprozesse und berücksichtige vor allem die Anforderungen der Bauindustrie. Kommentator/-innen sehen den Brief als Zeichen einer „Vergewerkschaftung“ (*unionisation*) der Architekt/-innen und Bauingenieur/-innen, die gegen eine Enteignung ihrer zentralen Arbeitsmittel kämpften (Day 2020).

In seiner ethnographischen Untersuchung eines BIM-Koordinationsbüros arbeitet Daniel Cardoso Llach heraus, dass es bei BIM weniger um eine Integration von Entwurfsinformationen, Visualisierung und Ästhetik gehe als um Organisation, Produktion und Management von unterschiedlichen Wissensbeständen und Prozessen (2019, S. 453). Für Cardoso Llach steht die datenbasierte Fixierung in BIM im Kontrast zu früheren Traditionen der Entwurfskoordination, in der 2D-Zeichnungen, gedruckte Pläne, Marker und Stifte als Grundlage der Planungsdiskussion unter den Beteiligten dienten (2019, S. 453). Kathryn Henderson (1991) hatte die analogen Repräsentationen als „sozialen Klebstoff“ beschrieben, der alle Involvierten im Entwurfs- und Bauprozess zusammenhalte. Zeichnungen seien individuelle Denkinstrumente, die das Wissen einer Person artikulieren. Das Wissen über den Prozess werde durch sie nicht transparent und zugänglich gemacht, sondern erforderte weiter die Kompetenz professioneller Akteure für die Interpretation und Nutzung der Pläne. Robert Aish, Begründer der „*Building Modeling*“-Methode, unterscheidet mit den Begriffen Prozess und Ergebnis klar zwischen 2D-Zeichnungen mit klassischen CAD-Programmen und BIM (Aish, Bredella 2017). Für ihn stellen CAD-Zeichnungen und Papierpläne lediglich das Ergebnis des Entwurfsdenkens einer bestimmten Akteursgruppe dar. Im Gegensatz dazu verspreche BIM Transparenz über die einzelnen Schritte des Prozesses.

Die versprochene Transparenz manifestiert sich vor allem auf der BIM-Softwareoberfläche, dem eigentlichen User Interface, welche die unterschiedlichen Arbeitsanforderungen der Akteure zusammenstellt. Für eine/n BIM-Koordinator/-in – eine neue Berufsgruppe, die von Architekt/-innen oder Bauingenieur/-innen besetzt wird – kann die Bildschirmansicht auf Kollisionen, Fehler, Schnittstellen oder Zeitpläne fokussiert werden und ermöglicht einen digitalen Abgleich, der prädigital durch den Vergleich von Bau- und Zeitplänen geschah, allerdings wesentlich früher im Planungsprozess. Cardoso Llach schreibt: „BIM shifts the site of coordination from paper to the screen“ (2019, S. 453). Ein BIM-Koordinator beschreibt diese Übersetzung der vielseitigen Koordination in einen einseitigen Managementprozess:

„Und da [...] haben wir eine von Autodesk bereitgestellte Cloud-Plattform genutzt und die für uns individualisiert, das nennt sich BIM360[...]. Das heißt, ich kann anhand eines Modells Aufgaben vergeben. Ich muss nicht mehr E-Mails mit 'nem Screenshot verschicken oder sonst irgendwas, ich schick' 'ne Aufgabe an ein Modell und bin direkt in dem Modell, weiß, was ich machen muss. Kann direkt Leuten diese Aufgaben zuordnen und Deadlines setzen und kann auch den Verlauf verfolgen und das dokumentieren.“ (BIM-Koordinator-1, DE)

Ein weiteres, für den digitalen Plattformkapitalismus relevantes Phänomen geht mit BIM einher, nämlich die wachsende Bedeutung von proprietären Märkten, auf denen privatwirtschaftliche Akteure Zugänge definieren (Staab 2019). In diesem Sinne füttert die Bauzulieferindustrie Objektbibliotheken mit Informationen zu Bauteilen für die 3D-Modelle mitsamt den Daten zu Kosten, Bemaßung, Bewertung etc., bspw. für Wände, Dächer, Türen, ganze Gebäude. Überspitzt: Wer in BIM plant, kann das Bauwerks beinahe aus Bauteilbibliotheken „zusammenziehen“ und es ist v.a. ein Softwarehouse, *Autodesk*, das die meisten Möglichkeiten dafür offeriert und den Marktzugang bestimmt.

Roboterisierung und Automatisierung im Bauwesen

Roboterisierung und Automatisierung sind in Bereichen wie der Automobilbranche oder dem Holzbau längst keine Neuheit mehr. Dort werden Werkzeugmaschinen schon lange computer-numerisch gesteuert, sodass sie weitgehend ohne Menschen funktionieren und sich sogar durch sensorbasierte Feedback-Schleifen optimieren. Für die Steuerung solcher Maschinen sorgen sog. CAM-Schnittstellen – auch innerhalb der BIM-Modelle. Die Frage, welche bislang menschlich „verkörperten“ Wissensbestände für Roboter digitalisiert werden, ist keine einfache. Denn Automatisierung und Roboterisierung haben sich dahingehend entwickelt, dass sie ohne Verknüpfung zu digitalen Entwurfs- und Steuerungstechnologien und entsprechende Medien kaum noch funktionieren. Längst findet nicht nur eine Übersetzung von „humanem“ Wissen in maschinell-digitale Prozesse und Verfahren statt, sondern auch eine Rückkopplung der digitalisierten Wissensbestände: Automatisierung reagiert heute auf Automatisierung (Benanav 2020).

In der Fertigung lässt sich dies gut anhand des Maschinencode (*G-Code*) – der Programmiersprache zur Steuerung von CNC-Maschinen – zeigen. Der *G-Code* erklärt der automatisierten Maschine, wie sie ihren jeweiligen Arbeitsauftrag ausführt. Was einst mühsam von einem CNC-Operator für Fräsen manuell geschrieben und überprüft wurde, ist längst Teil der CAM-Software und läuft auf dem Bildschirm als „Blackbox“ ab. Mittlerweile gilt der *G-Code* als sog. höhere Programmiersprache und wird aufgrund seiner automatisierten Erstellung nicht als notwendiges Berufswissen für Ausführende betrachtet.

Das einst „humane“ Bauwissen wurde somit zumindest teilweise für spezialisierte Maschinen und Roboter übersetzt und das Bauwissen der Menschen auf die Maschinenbedienung beschränkt. Eine ähnliche Sicht formulierte ein befragter Tragwerksplaner in Bezug auf mögliche Kompetenzveränderungen im Holzbau:

„Das wird vielleicht auch einfach dazu hergehen, dass der klassische Zimmerer nicht mehr dasteht und hat die Hand am Holz, sondern hat sie dann an der Abbundmaschine. Dass er trotzdem sein Handwerkszeug noch lernt und noch lernen muss, aber dann auch direkt lernt, wie er irgendwelche Abbundmaschinen steuert oder wie er halt diese Robotik bedient.“ (Ingenieurholzbau-2, DE)

Dies ist in der Holzvorfertigung bereits Wirklichkeit, wie unsere Vor-Ort-Untersuchungen zeigen. Auch in anderen Handwerksbereichen verändern *Augmented Reality (AR-)Interfaces* und Automatisierung das

professionelle Handlungswissen im Umgang mit technischer und baulicher Komplexität (Kropp, Wortmeier 2021).

Computational Design: Algorithmenbasiertes Entwerfen und Bauen

Der dritte Digitalisierungsansatz, *Computational Design*, umfasst unter Umständen die beiden vorherigen Ansätze und geht noch einmal darüber hinaus. Bei *Computational Design* handelt es sich um die Nutzung algorithmischer Konstruktionsprogramme für Entwurfsprozesse, bei der Konstruktionspläne nicht von Menschen gezeichnet oder modelliert werden, sondern aus der Interaktion der Planer/-innen mit algorithmischen Regelwerken (üblicherweise Computerprogrammen) hervorgehen. Die architektonischen Planungen entstehen aus der programmierern Entwurfslogik für die Formfindung, zugrunde gelegten Strukturmodellen und Parametern sowie deren digitaler Visualisierung im *User Interface*. Angesichts des visualisierten Ergebnisses greifen die Planer/-innen iterativ in die Parameter und Regelwerke ein und optimieren den Entwurf im Rahmen von Feedbackprozessen, die wieder in maschinelles Lernen und Computer-Feedback münden. Hans-Jakob Wagner und Kollegen sprechen von „kuratierendem Feedback“ (Wagner et al. 2020, S. 192). Es handelt sich also um ein vermitteltes, verteiltes, hybrides Wissen zwischen Menschen, Algorithmen und Software. Das in Programme und Parameter eingeschriebene, technische, naturwissenschaftliche und gestalterische Know-How führt anhand algorithmenbasierter Kalkulation zu neuartigen Formen und Design-Entscheidungen, die „freilich mit der Hand nicht mehr kontrollierbar [sind], sondern nur mit dem Rechner, weil jede lokale Änderung eines einzigen Elements globale Auswirkungen auf das Gesamtsystems hat“ (Hovestadt 2008, S. 11).

Für einen Tragwerksplaner, der im Bereich Holzbau mit parametrischem Design arbeitet, bedeutet diese Übersetzung, dass die verfügbare Berechnungskapazität durch vorhandene und neu geschriebene Algorithmen „menschlich“ Unerreichbares ermöglicht:

„Also wir haben immer mehr Möglichkeiten. Nehmen wir zum Beispiel irgendwelche Freiformen, die vor der computer-gestützten Bemessung nicht nachgewiesen werden konnten, letztlich weil [...] das Erstellen von Ersatzsystemen [...] einfach zu komplex wurde, als dass man das von Hand hätte lösen können. [...] Weil ich denke, je mehr das Programm kann, je mehr das Programm unterstützen kann, umso komplexere Geometrien können wir lösen.“ (Ingenieurholzbau-2, DE)

Diese Wissenshybridisierung durch maschinelle Intelligenz und Software beschreibt auch ein Forscher im Bereich *Computational Design*:

„Für uns ist Computation, [das] sind komplexe Prozesse, die uns ermöglichen [...], einfache Materialien der Welt sehr zielgerichtet und effizient, aber auch mit einem architektonischen Anspruch zu fügen. Und die Werkzeuge sind eigentlich auch relativ einfach, also so ein Sechs-Achs-Roboter ist ja jetzt kein sonderlich intelligentes Ding. Das ist ja eigentlich erst mal ein mechanisches. Und man könnte sagen [...], dass sich im Prinzip das Wissen im virtuellen und auf der, sag ich mal, Software-Seite eben immer weiter verdichtet.“ (Comp. Design & Fertigung/Forschung-1, CH)

Lev Manovich (2008) sieht in immer mehr Lebensbereichen die Software das Kommando über Denk- und Arbeitsweisen übernehmen. Seine Softwaredefinition umfasst gleichermaßen Flughafensteuerung, Excel-Tabellen und Buchungssoftware bis zur Smartphone-App. Aus medientheoretischer Perspektive werden Alltagshandlungen, Entscheidungen und Wissen durch die permanente Interaktion mit Software geformt. Für Galo Canizares (2019) bedeutet das, dass auch das Wissen über Entwurf

und Bauen mit und von Software verändert wird, nicht vom Entwerfenden allein. Der algorithmische Wissensprozess ist zugleich verteilt und gesteuert. Als gutes Beispiel dient die Software *Grasshopper3D*, eine Art visueller Algorithmen-Editor. Die Entwerfenden programmieren anhand visueller Knoten und Verbindungen auf der graphischen Oberfläche und müssen keinen klassischen Quellcode schreiben. Sie benötigen jedoch Wissen über architektonische und bauliche Parameter, deren Input und Output sie dadurch modellieren. Gleichzeitig steuert die Software ihre Handlungen und ihr Wissensverständnis.

Fazit: Wissensordnung und neue sozio-digitale Arrangements

Die digitale Transformation erfasst gegenwärtig den Baubereich und wirkt sich, wie gezeigt, auf professionelle Wissensbestände und Wissensordnungen aus. Mit den neu entstehenden Bausystemen und -leistungen wird auch professionelles Sonderwissen zwischen Fachkräften, Software und Maschine umverteilt. Dadurch werden Akteurskonstellationen und Macht- und Kontrollverhältnisse erkennbar rekonfiguriert. Jeder der drei Ansätze geht mit greifbaren Konsequenzen für die Branche und ihre Weiterentwicklung einher und hat wissenspolitische Implikationen:

Eine Durchsetzung von BIM als digitale Planungsmethode hat schon die Überarbeitungen der noch geltenden Honorarordnung für Architekten und Ingenieure angestoßen, noch sind aber nicht alle honorarrechtlichen Fragen geklärt. Die Neufassung von Leistungen und Leistungsphasen stellt die professionelle Expertise und berufliche Legitimität einzelner Akteure in Frage, z.B. durch die Aufnahme von Baufachwissen in BIM-Plattformen. Dabei dominiert eine Vorstellung, dass die Quantifizierung von Bauwissen in digitalen Daten mit deren Objektivierung gleichzusetzen sei und zu einem risikofreieren Bauen führe. Während zuvor Entscheidungen über Materialitäten und Bauteile dem Erfahrungswissen und der ästhetischen Expertise von Architekt/-innen und Planer/-innen überlassen waren, kontrollieren in BIM-Tools finanzstarke Bauunternehmen die Aufnahme ihrer Angebote in Produkt-Bibliotheken und intervenieren so in den Horizont der Entwurfs Optionen. Kompatibilität und Kollisionsvermeidung begründen nun Entwurfsentscheidungen und führen aus Sicht vieler Befragten zu einer weiteren Konventionalisierung des Bauschaffens. Aish stellt klar: „it reverses the natural order of the architect’s design process and forces the architect to think about the design or the selection of the components before the overall form of the building has been explored“ (Aish, Bredella 2017, S. 66).

Roboterisierung und Automatisierung verstärken auch im Bauwesen die bekannte Rationalisierungslogik. Ob es zu Beschäftigungskonflikten kommt, ist im Baubereich aber fraglich, da hier Fachkräfte fehlen. Sichtbar ist, dass sich die Handlungskontrolle der Einzelnen über ihre Arbeitsprozesse in Richtung qualifizierter Maschinenzuarbeit verschiebt und zu neuen Konstellationen der Ent- und Belastung führt. Die digitale Transformation ist im Bereich des Holzbaus seit 30 Jahren im Gange und schlägt sich in einer kontinuierlichen Neudefinition von handwerklichem Wissen („*digital craft*“) nieder. Hier treiben vor allem externe Faktoren wie Marktnachfrage, Bauregulierung und die öffentliche Wahrnehmung der Vorteile des Holzbaus eine Entwicklung voran, die zu einer raschen Verbreitung hybrider Wissensmodelle in der stark automatisierten Vorfertigung führen.

Dort, wo *Computational Design* und immer häufiger auch KI für die Planung und Bauwerksmodellierung eingesetzt werden, ist durch die Hybridisierung der Formen und der Genese des Entwurfs- und Bauwissens mit einer Verschärfung der Problematik von Autorschaft und Urheberrecht zu rechnen. Wer hat in der Zukunft die Urheberrechte an Gebäuden, deren Planung auf die Generierung von Architekturplänen zurückgeht, die maschinell aus bestehenden Gebäuden gelesen und für neue Bau-

flächen angepasst wurden (*map-to-plan*)? Auf Basis welcher Kompetenzen wählen Architekt/-innen (und solche, die das gerne wären) zwischen den Entwurfsvorschlägen, die algorithmenbasierte Programme wie *Rhino3D* ihnen anbieten? Nach welchen Kriterien wird über Planungsoptionen entschieden, wenn Entwürfe aufgrund des geteilten oder sogar vollständig artifiziellen Entwurfsprozesses jenseits der Nachvollziehbarkeit entstehen? Debatten über Urheberschaft, vor allem im Kontext von Kreativität und KI, müssen im Bereich der gebauten Umwelt auch auf moralische und ethische Fragen bezogen werden. Das traditionelle Wissen der Architekt/-innen und Planer/-innen und ihr vertrauter Umgang mit bewährten CAD-Tools reicht für die informationstechnische Revolution in der Entwurfsarbeit kaum aus. Die Zunahme der digitalen Tools und Prozesse führt zu neuen Berufsbildern und Bildungsangeboten, wie einzelne postgraduale Studiengänge zeigen, und die Bedeutung von Architektur-Informatiker/-innen wächst.

Durch die bestehende Regulierung und die kleinteilige Unternehmenslandschaft scheint das Bauwesen in Deutschland noch weniger stark vom Einfluss neuer Akteure, wie der globalen IT-Konzerne *Google*, *SidewalkLabs* oder *Airbnb*, betroffen zu sein, die in den USA computerbasierte und generative Design-Anwendungen für den Holzhochbau und die Stadtplanung anbieten. Sie digitalisieren Grundrisse, trainieren ihre Algorithmen und bieten bauspezifische Dienstleistungen an. Der Slogan der Startup-Plattform *Hypar* lautet „Don't start from zero“: nach 5000 Jahren Baugeschichte solle kein Projekt bei null anfangen, sondern beim Entwurf auf die Automatisierung der Expertise erfahrener Architekturbüros und Bauunternehmen setzen und mit der Nutzung mobiler Endgeräte kombinieren.

Konflikte um die im Zuge der digitalen Transformation angestoßene Rekonfiguration von Expertise und Deutungshoheiten am Bau werden in Bezug auf das professionelle Sonderwissen und seine Institutionalisierung an Bedeutung gewinnen. In ihrem Kern geht es darum, wer oder was definiert, was gute Architektur ist und welche/r – menschliche oder nicht-menschliche – Planer/-in sie hervorbringt. Vielleicht wird dabei auch eine Rolle spielen, wo Belange sozialer Teilhabe und eines klimagerechten Bauens besser aufgegriffen werden.

Literatur

- Aish, Robert, und Nathalie Bredella. 2017. The evolution of architectural computing: from building modelling to design computation. *Architectural Research Quarterly* 21(1):65–73.
- Benanav, Aaron. 2020. *Automation and the future of work*. London: Verso.
- Callon, Michael. 1986. Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of St. Brieuc Bay. In *Power, action and belief: A new sociology of knowledge?*, Hrsg. John Law, 196–229. London: Routledge.
- Canizares, Galo. 2019. *Digital fabrications: Designer stories for a software-based planet*. San Francisco: Applied Research and Design Publishing.
- Cardoso Llach, Daniel. 2015. Software comes to matter: Toward a material history of computational design. *Design Issues* 31(3):41–55.
- Cardoso Llach, Daniel. 2019. Tracing design ecologies. In *DigitalSTS: A handbook and a fieldguide*, Hrsg. Janet Vertesi und David Ribes, 451–471. Princeton: Princeton University Press.
- Cifuentes Quin, Camilo Andrés. 2016. The cybernetic imagination of computational architecture. *International Journal of Architectural Computing* 14:16–29.
- Day, Martyn. 2020. The future of Revit. AEC Magazine. <https://aecmag.com/component/content/article/19-lead-story/lead-article/2080-the-future-of-revit>. [Zugegriffen: 22. Sept. 2020].

- Degele, Nina. 2000. *Informiertes Wissen. Eine Wissenssoziologie der computerisierten Gesellschaft*. Frankfurt: Campus Verlag.
- Henderson, Kahryn. 1991. Flexible sketches and inflexible data bases: Visual communication, conscription devices, and boundary objects in design engineering. *Science, Technology, & Human Values* 16(4):448–473.
- Hovestadt, Ludger. 2008. Überwindung des Rasters. *Arch+* 189:10–11.
- Knippers, Jan, Cordula Kropp, Achim Menges, Oliver Sawodny, und Daniel Weiskopf. 2021. Integratives computerbasiertes Planen und Bauen: Architektur digital neu denken. *Bautechnik* 98(3):194–207. DOI: 10.1002/bate.202000106.
- Knoblauch, Hubert. 2013. Wissenssoziologie, Wissensgesellschaft und Transformation der Wissenskommunikation. *APuZ Aus Politik und Zeitgeschichte* 18–20:9–16.
- Knorr-Cetina, Karin. 1984. *Die Fabrikation von Erkenntnis. Zur Anthropologie der Naturwissenschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Kropp, Cordula, und Ann-Kathrin Wortmeier. 2021. Intelligente Systeme für das Bauwesen: überschätzt oder unterschätzt? In *Digitalisierung souverän gestalten. Innovative Impulse im Maschinenbau*, Hrsg. Ernst Andreas Hartmann, 98–118. Berlin: Springer Vieweg.
- Latour, Bruno. 1998. Über technische Vermittlung. Philosophie, Soziologie, Genealogie. In *Technik und Sozialtheorie*, Hrsg. Werner Rammert, 29–81. Frankfurt am Main: Campus.
- Manovic, Lev. 2008. *Software takes command*. Cambridge: MIT Press.
- Pfadenhauer, Michaela. 2003. *Professionalität. Eine wissenssoziologische Rekonstruktion institutionalisierter Kompetenzdarstellungskompetenz*. Wiesbaden: Opladen.
- Schütz, Alfred, und Thomas Luckmann. 1979. *Strukturen der Lebenswelt*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Staab, Philipp. 2019. *Digitaler Kapitalismus: Markt und Herrschaft in der Ökonomie der Unknappheit*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Wagner, Hans-Jakob, Martin Alvarez, Abel Groenewolt, und Achim Menges. 2020. Towards digital automation flexibility in large scale timber construction: integrative robotic prefabrication of the BUGA Wood Pavilion. *Construction Robotics* 4:187–204.