
AUF DEM (HOLZ-) WEG IN DIE GEBAUTE ZUKUNFT?
SOZIO-TECHNISCHE ZUKUNFTSVISIONEN FÜR DAS BAUEN MIT
HOLZ IM DEUTSCH-FRANZÖSISCHEN VERGLEICH



HANNA SOPHIE MAST

EINGEREICHT AM 11. MAI 2021

Erstgutachterin:

Prof. Dr. Cordula Kropp
Universität Stuttgart
Institut für Sozialwissenschaften
Abteilung für Technik- und
Umweltsoziologie (SOWI V)

Zweitgutachter:

Daniel Compagnon
Professeur des universités
Sciences Po Bordeaux
Institut d'Études Politiques

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	2
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	3
1 EINLEITUNG	4
2 HISTORISCHE RÜCKSCHAU: HOLZ ALS BAUSTOFF DER VERGANGENHEIT – UND DER ZUKUNFT?	8
3 STATE OF THE ART.....	14
4 THEORETISCHE EINBETTUNG	18
4.1 SOZIO-TECHNISCHE SYSTEME ZWISCHEN STABILITÄT UND WANDEL	20
4.2 DIE BAUINDUSTRIE ALS WIDERSTÄNDIGES SOZIO-TECHNISCHES SYSTEM	23
4.3 ANZEICHEN FÜR EINEN WANDEL DER BAUINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND UND FRANKREICH UND DAS TRANSFORMATIVE POTENTIAL DES HOLZBAUS	25
4.4 KONZEPTUALISIERUNG UND ANALYSE SOZIO-TECHNISCHER TRANSFORMATIONEN	28
4.5 DIE MEHR-EBENEN-PERSPEKTIVE ALS KONZEPTIONELLES MODELL.....	31
4.6 DIE BEDEUTUNG VON SOZIO-TECHNISCHEN ZUKUNFTSVORSTELLUNGEN FÜR NACHHALTIGE TRANSFORMATIONEN	35
4.7 SOCIO-TECHNICAL IMAGINERIES	37
5 METHODISCHES VORGEHEN	40
5.1 GRUNDANNAHMEN INTERPRETATIVER FORSCHUNG	40
5.2 DIE ARGUMENTATIVE DISKURSANALYSE NACH MAARTEN HAAJER	42
5.3 KORPUSBILDUNG.....	44
5.4 ANALYSE DER DATENGRUNDLAGE NACH REGELN DER GROUNDED THEORY	44
6 ERGEBNISSE DER ANALYSE: VIER SOZIO-TECHNISCHE VISIONEN FÜR DIE GEBAUTE ZUKUNFT MIT HOLZ	46
6.1 ÖKOBILANZierter HOLZBAU FÜR DIE STADT VON MORGEN	50
6.2 SERIELLE PRODUKTION VON BEZAHLBAREN UND GESUNDEN HOLZMODULBAUTEN.....	58
6.3 FRUGALES BAUEN MIT HOLZ – SUFFIZIENZ, NATURNÄHE, REGIONALITÄT	68
6.4 COMPUTERGESTÜTZTE CO-KREATION VON SINGULÄREN HOLZBAUTEN	75
7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	81
8 LITERATUR.....	84
9 ANHANG	93
9.1 VERZEICHNIS DER ANALYSIERTEN DOKUMENTE	93
9.2 VERZEICHNIS DER BESUCHTEN ONLINE-KONFERENZEN & SYMPOSIEN.....	100
9.3 CODEBUCH	101
9.4 ERKLÄRUNG ÜBER DIE EIGENSTÄNDIGE ANFERTIGUNG DER ARBEIT	104

RÉSUMÉ DU MÉMOIRE EN LANGUE FRANÇAISE

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION	107
II. HISTORIQUE.....	109
III. ARGUMENTATION THÉORIQUE	112
L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION : UN SYSTÈME SOCIOTECHNIQUE RÉSISTANT	112
INDICATEURS D'UNE TRANSFORMATION DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE ET LE RÔLE TRANSFORMATEUR DU BOIS.....	114
LA "MULTI-LEVEL PERSPECTIVE" COMME MODÈLE CONCEPTUEL	115
L'IMPORTANCE DES VISIONS COLLECTIVES ET DES IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES	117
IV. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	119
V. RÉSULTATS DE L'ANALYSE	122
TABLEAU 1: VUE D'ENSEMBLE DES 4 IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES.....	123
A. LA CONSTRUCTION EN BOIS ÉCO-ÉQUILIBRÉES.....	125
B. LA CONSTRUCTION EN BOIS EN SÉRIE	128
C. LA CONSTRUCTION EN BOIS FRUGALE ET RÉGIONALISÉE	131
D. LA CONSTRUCTION EN BOIS PARAMÉTRIQUE ET CO-CRÉATIVE	134
VI. CONCLUSION	137
VII. BIBLIOGRAPHIE	139

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1 Multi-level perspective on transitions nach Frank Geels	32
Abbildung 2 Codelandkarte.....	46
Tabelle 1 Tabellarische Darstellung der Ergebnisse	48

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADEME	Agence de d'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
BAK	Bundesarchitektenkammer
BBSR	Bundesamt für
BDA	Bund Deutscher Architekten
BIM	Building Information Modeling
BMI	Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNDB	Comité National pour le Développement du Bois
CNC	Computerized Numerical Control
CODIFAB	Comité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois
CSF Bois	Comité Stratégique de la Filière Bois
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DHWR	Deutscher Holzwirtschaftsrat
FBF	France Bois Forêt
FBIE	France Bois Industrie Entreprises
FCBA	Forêt Cellulose Bois Construction Ameublement
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IntCDC	Integrative Computational Construction and Design for Architecture, Exzellenzcluster der Universität Stuttgart
ITKE	Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen der Uni- versität Stuttgart
MTE	Ministère de la Transition Écologique
EPBD	EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (engl. <i>Energy Performance of Buildings Directive</i>)
RE2020	Réglementation environnementale 2020
STS	Sciences and Technology Studies
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations

1 EINLEITUNG

*MAN KANN NICHT IN DIE ZUKUNFT SCHAUEN,
ABER MAN KANN DEN GRUND FÜR ETWAS ZUKÜNFTIGES LEGEN –
DENN ZUKUNFT KANN MAN BAUEN.
ANTOINE DE SAINT-EXUPÉRY*

Die vorangestellten Worte von Antoine de Saint-Exupéry sind in mehrfacher Hinsicht als Leitmotiv dieser Arbeit zu verstehen: Ihr Ausgangspunkt ist die Bedeutung des Bauens und der gebauten Umwelt für menschliches Zusammenleben heute und morgen; ihre grundlegende Prämisse die Gestaltbarkeit von Zukünften sowie die Analysierbarkeit der kollektiven Visionen und Diskurse, die diese Zukünfte schon heute formen und beeinflussen und ihr Anliegen ist es, einen analytischen Beitrag zur aktuellen Diskussion über die Zukunft des Bauens mit Holz zu leisten. Dass man Zukunft „bauen“ kann – im wörtlichen wie im übertragenden Sinne – war schon die Überzeugung der Bauhäusler*innen. Sie wollten nicht nur einen Stil prägen, sondern utopisches Denken anstoßen und eine neue Vorstellung vom „guten Leben“ entwickeln (Rauterberg 2020: 16). So charakterisiert Hannes Meyer, Direktor des Bauhauses von 1928 bis 1930, Stimmung und Ansinnen der wohl bedeutendsten Kunst- und Architekturschule des 20. Jahrhunderts als „überall ausbrechenden Erneuerungswille“ (Meyer 1926). Rund hundert Jahre nach der Gründung des historischen Bauhauses soll dieser Erneuerungswille angesichts der aktuellen Menschheitsherausforderungen ein weiteres Mal entfacht werden: „Das *Neue Europäische Bauhaus* sucht und gibt Antworten auf die gesellschaftliche Frage, wie modernes Leben der Europäer*innen im Einklang mit der Natur aussehen kann. Und es wird helfen, das 21. Jahrhundert schöner und humaner zu machen“, so die Präsidentin der EU-Kommission Ursula von der Leyen (2020: o.S.). Es ist kein Zufall, dass gerade dem Bauen – damals wie heute – eine so große gesellschaftliche Gestaltungs- und Erneuerungskraft zugetraut wird. Architektur erfüllt nicht nur elementare menschliche Bedürfnisse nach Sicherheit und Geborgenheit, sondern ist auch sichtbarster Ausdruck von Kultur und sozialen Verhältnissen und prägt durch ihre Omnipräsenz unsere alltäglichen Praktiken in vielfältiger Weise (Schäfers 2006: 3405). Gebäude beeinflussen die individuelle Lebensqualität und Gesundheit, können Menschen isolieren oder zusammenbringen und somit Begegnung und Gemeinschaft ermöglichen oder behindern (Braun & Kropp 2021). Bauschaffende sind demnach nicht nur Fachleute für Design und Statik, sondern Gestaltende des gesellschaftlichen Zusammenlebens, und dies zumeist weit über ihre eigene Lebenszeit hinaus (Löser 2017: 22).

Angesichts der sich zuspitzenden Klima- und Ressourcenkrise hielt schon die Enquete Kommission der Bundesregierung in ihrem vor über 20 Jahren veröffentlichten Bericht *Schutz des Menschen und der Umwelt* fest: „Das Handlungsfeld ‚Bauen und Wohnen‘ ist gleichermaßen von zentraler wirtschaftlicher und sozialer Bedeutung, und es bietet die größten Handlungspotentiale für eine nachhaltige Gestaltung unseres derzeit verschwenderischen Umgangs mit Ressourcen“ (Deutscher Bundestag 1998: 4). Die Potentiale des Bauens zur Gestaltung einer nachhaltigen Zukunft und die Dringlichkeit ihrer Nutzung haben sich seitdem keineswegs verringert. Die Vereinten Nationen gehen aufgrund des hohen Bevölkerungswachstums von einer notwendigen Verdopplung des globalen Gebäudebestands bis 2050 aus (UN 2019). Gleichzeitig sind jedoch schon heute 36 Prozent des globalen Endenergieverbrauchs und 39 Prozent der energie- und prozessbezogenen CO₂-Emissionen auf den Sektor Bauen und Gebäude zurückzuführen (Global Alliance for Buildings and Construction et al. 2019: 9). Die Bauindustrie steht somit vor der immensen Aufgabe, würdevolle Lebensräume und attraktive Arbeitsplätze für eine wachsende Weltbevölkerung zu schaffen und gleichzeitig Emissionen, Ressourcenverbrauch und Abfallproduktion drastisch zu reduzieren. In Anbetracht ihrer umfassenden und langfristigen Wirkungen auf das globale Klima, unsere unmittelbare gebaute Umwelt, auf individuelles Wohlbefinden sowie kollektives Zusammenleben kommt der nachhaltigen Transformation des Bauens eine entscheidende Rolle für eine lebenswerte Zukunft zu (Correa et al. 2019: 62).

In der gesellschaftlichen Diskussion über die Klima- und Umweltauswirkungen von Industrien wurde die Baubranche lange ausgeklammert (Braun & Kropp 2021). Seit einigen Jahren setzen jedoch verschiedene Akteure in Deutschland und Frankreich das Thema Nachhaltigkeit im Bauwesen verstärkt auf die politische Tagesordnung. So fordert die 2007 gegründete *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen* (DGNB) unter dem Slogan „Klimapositiv: jetzt!“ einen Beitrag jedes einzelnen Gebäudes zum Klimaschutz; das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) formuliert in dem vom Bundesinnenministerium (BMI) finanzierten Forschungsprogramm *Zukunft Bau* gleich als erstes Ziel den Klimaschutz, neben Energie- und Ressourceneffizienz. Auch aus der Branche selbst kommt zunehmend Bewegung: Gemeinsam mit der DGNB hat die Bundesarchitektenkammer (BAK) die Initiative *Neue Phase Nachhaltigkeit* gestartet, deren erklärtes Ziel „die Transformation der Planungspraxis hin zur Nachhaltigkeit als neuem Normal“ (BAK & DGNB o.J.) sei. Die Gruppierung *Architects for Future* fordert in einer Petition an den Deutschen Bundestag, die von über 50.000 Bürger*innen unterzeichnet wurde, ein umfassendes

Maßnahmenpaket für klima- und sozialverträgliches Bauen. In Frankreich wurde diese Forderung mit der 2020 verabschiedeten *Règlementation environnementale des bâtiments neufs* (RE2020) umgesetzt, die Höchstgrenzen für CO₂-Emissionen und Energiebedarfe von Neubauten festlegt, während die Architekt*innenbewegung *Frugalité heureuse et créative* eine noch weitergehende, auf Suffizienz ausgerichtete Umwälzung der Baupraxis fordert. Auch in der Wissenschaft wendet man sich beiderseits des Rheins verstärkt dem Bauen vor dem Hintergrund der Klima- und Ressourcenkrise zu, wie bspw. im *Natural Building Lab* der TU Berlin, verschiedenen Forschungsprojekten der TU München oder auch dem Exzellenzcluster *IntCDC* der Universität Stuttgart, in dessen Rahmen die vorliegende Arbeit erstellt wurde.

Neben der Energieeffizienz der fertigen Gebäude, der in den vergangenen Jahren viel politische Aufmerksamkeit gewidmet wurde, tritt aktuell die Bedeutung der Baumaterialien und deren Umweltauswirkungen zunehmend in den Fokus der Debatte (Röck et al. 2020). Der archaische Baustoff Holz wird dabei als CO₂-bindender und nachwachsender Rohstoff als willkommene Alternative zu Beton und Stahl sowie als Lösung für die von Braun & Kropp (2021) diagnostizierte Produktivitäts-, Qualifikations- und Rentabilitätskrise sowie die Ressourcen-, Nachhaltigkeits- und Vertrauenskrise der Bauindustrie gehandelt. Durch die Nutzung von Holz könne der Bau- und Gebäudesektor gar von einem der größten Klimasünder zur globalen CO₂-Senke werden, so die Prognose (Churkina et al. 2020). Gleichzeitig ist der Holzbau Gegenstand hitziger Abwägungen zwischen Klima- und Umweltschutz, bei denen das Speichern von CO₂ in Holzbauteilen dem Schutz der Wälder als Lebensraum für Biodiversität und aktive CO₂-Senke gegenübersteht. Somit verdichten sich nicht nur die ökonomischen, sozialen und ökologischen Probleme unserer Zeit im Bausektor wie unter einem Prisma, sondern es werden auch vielfältige Erwartungen, Hoffnungen und Visionen auf die gebaute Zukunft mit Holz projiziert. Die Materialwahl hat weitreichende Aus- und Rückwirkungen auf den Planungs- und Bauprozess, sowie auf Energiehaushalt, Langlebigkeit, Ästhetik und Recyclingfähigkeit der fertigen Gebäude. Die tatsächliche Klimabilanz von Holzbauten gegenüber Gebäuden in Massivbauweise kann und soll an dieser Stelle nicht bewertet werden; auch geht es in der vorliegenden Arbeit nicht darum, materialwissenschaftliche Kennzahlen gegeneinander abzuwägen. Vielmehr interessieren die sozio-technischen Visionen und Leitbilder, die in der Diskussion über das Bauen der Zukunft miteinander konkurrieren. Um es mit den Worten von Antoine Picon zu sagen: “In the case of architecture and construction, as in many other areas of material culture, innovation comes about at the intersection of technical and social issues that need to be decoded” (Picon 2010: 51).

In diesem Sinne untersucht die nachfolgende Analyse den politischen und industriellen Diskurs, der aktuell in Deutschland und Frankreich über Holzbau geführt wird und baut dabei auf das Argument von Correa et al., demzufolge die Einführung neuer Materialien – oder im Falle von Holz: die erneute und andersartige Nutzung eines altbekannten Materials – als Katalysator für weitreichende Veränderungen der Bauindustrie als Ganzes wirken könnte: „Innovation in material is concurrent and catalytic to other changes in the design and construction industries“ (Correa et al. 2019: 65). Die Anpassungszwänge, die eine veränderte Materialauswahl verursacht, haben Correa et al. zufolge das Potential, systemische Innovationen auszulösen oder gar das ganze sozio-technische System ins Wanken zu bringen. Die Begriffe systemische Innovation oder Transformation entspringen der *transition*-Forschung, die gemeinsam mit Konzepten der *Science and Technology Studies* (STS) den theoretischen Unterbau dieser Arbeit bildet. Zur Untersuchung der 150 Diskursfragmente, die aus politischen Strategiepapieren und Gesetzesvorlagen, Stellungnahmen der Industrie und Architekt*Innenschaft sowie Veröffentlichungen aus Wissenschaft und Zivilgesellschaft bestehen, orientiert sich die Analyse an Methoden der Diskursanalyse nach Maarten Hajer (1997, 2002). Ziel ist es, die folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche unterschiedlichen Visionen lassen sich im aktuellen Diskurs über die Zukunft des Bauens mit Holz in Deutschland und Frankreich identifizieren?
- Inwiefern wird das Bauen mit Holz in diesen Visionen als nachhaltig dargestellt?
- Welche Akteurskoalitionen treiben die jeweiligen Visionen, mit welchen Wertvorstellungen, Interessen und Zielen?

Im Rahmen der Analyse konnten vier verschiedene *socio-technical imaginaries* (Jasanoff & Kim 2009, 2015) identifiziert werden, die unterschiedliche Technologien, Prozesse und Akteurskonstellationen als wünschenswert und zukunftsfähig deklarieren und somit bestimmte Transformationspfade nahelegen. Ziel der Untersuchung dieser *imaginaries* sind keine konkrete Zukunftsvorhersagen, sondern eine analytische Momentaufnahme dessen, was aktuell im Sinne Saint-Exupérys als „Grund für etwas Zukünftiges“ gehandelt wird, sowie das Auf- und Entdecken von Zukunfts- und Gestaltungsmöglichkeiten. Im folgenden Kapitel wird dazu zunächst die Bedeutung von Holz als Baustoff im Laufe der Zeit nachvollzogen. Im Anschluss daran erfolgt ein Überblick über die sozialwissenschaftliche Beschäftigung mit der Bauindustrie und ihrer möglichen Transformation in Richtung Nachhaltigkeit (Kapitel 3). Davon ausgehend wird das theoretische Gerüst der Analyse vorgestellt (Kapitel 4) und die methodische Vorgehensweise erläutert (Kapitel 5). Schließlich werden die Ergebnisse der Untersuchung des Datenkorpus vorgestellt und kritisch beleuchtet (Kapitel 6).

2 HISTORISCHE RÜCKSCHAU: HOLZ ALS BAUSTOFF DER VERGANGENHEIT – UND DER ZUKUNFT?

HÄTTEN WIR DAS HOLZ NICHT, DANN HÄTTEN WIR AUCH KEIN FEUER; DANN MÜSSTEN WIR ALLE SPEISEN ROH ESSEN UND IM WINTER ERFRIEREN; WIR HÄTTEN KEINE HÄUSER, HÄTTEN AUCH WEDER KALK NOCH ZIEGEL, KEIN GLAS, KEINE METALLE. WIR HÄTTEN WEDER TISCHE NOCH TÜREN, WEDER SESSEL NOCH ANDERE HAUSGERÄTE.

WOLF HELMHARD VON HOHBERG, 1682

Von Hohbergs Würdigung führt vor Augen, in welchem hohem Maße das Leben bis zum Ende des 19. Jahrhunderts vom Holz durchdrungen war: Holz war universeller Werk- und Baustoff und ebenso unverzichtbar für Mechanisierungsprozesse vom Webstuhl bis zur Windmühle wie für die vehikuläre Fortbewegung. Als einziger Energielieferant war es zudem Grundlage für jegliche Art der Stoffumwandlung, die Energie benötigte. In gewisser Hinsicht ist Holz somit auch für seine eigene Verdrängung als dominanter Baustoff im Zuge der Industrialisierung mitverantwortlich: kein Kohleabbau zur Stahlproduktion ohne die Befestigung der Stollen mit Holzstützen; keine Eisenbahn zum Transport von Zement ohne die Lagerung der Gleise auf Schwellen aus Holz (Kraft & Schindler 2009: 12). Die Entwicklung des Holzes vom unangefochtenen Universalbaustoff für Tragwerke und Innenausbau, über seine Verdrängung durch Stahl und Beton, bis hin zur neuerlichen Renaissance als nachwachsendes, energie- und CO₂-extensives Baumaterial soll in den folgenden Absätzen nachvollzogen werden.

Holz ist einer der ältesten Baustoffe der Menschheitsgeschichte. Während das älteste vollständig erhaltene Holzgebäude, der Hōryū-ji-Tempel, erbaut etwa 600 n. Chr., in Japan zu finden ist (Angelini & Buffi 2019: 975), zeugen die Überreste der Pfahlbauten in der Bodenseeregion von einer europäischen Holzbaukultur, die bis in die Jungsteinzeit zurückreicht (Krötsch o.J.). Holz ermöglichte damals durch sein geringes Gewicht und seine Stabförmigkeit die Besiedelung von Uferzonen, die als Acker- und Weideflächen ungeeignet waren. Da die in den Boden gerammten Holzstützen dauerhaft Feuchtigkeit ausgesetzt waren, blieb die Lebensdauer der Pfostenbauten jedoch auf 20 bis 30 Jahre begrenzt. Der Fachwerkbau, der sich ab dem 12. Jahrhundert als dominante Bauweise in ganz Mitteleuropa verbreitete, stellte in dieser Hinsicht eine bautechnische Revolution dar: die Entfernung der Holzkonstruktion von Erdfeuchte und Spritzwasser ermöglichte Gebäude, die mehrere hundert Jahre bestanden und deren tragende Einzelteile ausgewechselt werden konnten, ohne die Gesamtkonstruktion in Frage zu stellen. Auch die Arbeitsweise der Zimmerleute veränderte sich mit der Durchsetzung des Fachwerkbaus grundlegend: die Vielzahl und

Komplexität der Holzverbindungen förderten die Vorfertigung von Einzelteilen in den Handwerksbetrieben, die dann auf der Baustelle in kurzer Zeit und zumeist von ungelernten Hilfsarbeitern zum Tragwerk des Gebäudes aufgerichtet werden konnten. Zudem wurde in dieser Zeit der Zirkel in das Handwerkswappen der Zimmerleute aufgenommen, denn für die räumliche Trennung von Vorfertigung und Montage war es erstmals unerlässlich, Gebäude und Bauprozess im Voraus detailliert zu planen – eine Eigenschaft, die auch für den modernen Holzbau charakteristisch ist (Krötsch, o.J.). Ökologisch betrachtet war die Verwendung von Holz zur Errichtung von Behausungen für eine stark wachsende Bevölkerung nicht unproblematisch: Der Holzbedarf war ab dem Mittelalter so groß, dass ganze Wälder gerodet und geplündert wurden und es Ende des 17. Jahrhunderts weithin an Bauholz und sogar Feuerholz mangelte (Knapp 2020: 20). Hier tritt der sensible Zusammenhang zwischen Holz- und Forstwirtschaft zu Tage. Die dramatische Verknappung des Rohstoffs führte im 18. Jahrhundert zur Entwicklung des ursprünglichen Nachhaltigkeitsbegriffs durch den damaligen deutschen Oberberghauptmann Carl von Carlowitz (Carlowitz 1732). Die weitgehende Durchsetzung seiner Maßgabe, dass nur so viel Holz geschlagen werden sollte, wie durch planmäßige Aufforstung wieder nachwachsen kann, trug zu einer Entschärfung der Situation in den Wäldern bei und ist bis heute Grundlage der forstlichen Nachhaltigkeit (BMEL 2019).

Holzbau ist jedoch längst nicht mehr konkurrenzloser Standard. Bereits ab dem 19. Jahrhundert wurden die traditionellen Holzbauten zunehmend durch Mauerwerksbauten ersetzt. Kurze Zeit blieb Holz noch das einzige, in großen Mengen verfügbare stabförmige Material für Decken-, Dach- und Treppenkonstruktionen, doch auch dies änderte sich, als Stahl und Beton zum Massenprodukt wurden. Im Gegensatz zu diesen neuen Werkstoffen galt Holz zu Beginn der Industrialisierung als nicht tauglich für die serielle Produktion in Fabrikhallen und die in Zünften gehütete Zimmermannskunst erschien nicht mehr zeitgemäß (Cheret & Seidel 2013: o.S.). Spätestens mit der Charta von Athen, die auf dem *Congrès Internationaux d'Architecture Moderne* (CIAM) im Jahr 1933 unter Federführung von Le Corbusier Leitlinien einer modernen Siedlungsentwicklung festsetzte, galt Holz als inopportun und wurde maximal zu dekorativen Zwecken geduldet. Die CIAM positionierte sich nicht nur gegen das Material an sich, sondern vor allem gegen das aus dem Mittelalter überlieferte, vom Holz geprägte „Stadtbild der Enge“ (Dederich 2013: o.S.) zugunsten einer Auflockerung der Siedlungen anhand großer Freiflächen und eine Entflechtung städtischer Funktionsbereiche nach Wohnen, Arbeiten, Industrie und Erholung (ebd.). Hinzu kam, dass nach den traumatischen Erfahrungen des Zweiten Weltkriegs viele städtische

Holzbauten abgerissen und durch Gebäude aus nichtbrennbaren Materialien ersetzt wurden (Brendeland & Kristoffersen 2009: 30). So ging die über Jahrhunderte unangestastete Vormachtstellung des Holzbaus binnen weniger Jahre verloren und bis Mitte des 20. Jahrhunderts war Holz weitgehend aus dem Materialkanon der Gebäudetragwerke beiderseits des Rheins verschwunden.

Im Lauf des 20. Jahrhunderts gab es durchaus Versuche, den Holzbau an die neuen bautechnischen Ansprüche und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen anzupassen: Zu nennen wäre etwa das 1930 erschienene Werk des deutschen Holzbauers Konrad Wachsmann *Holzhausbau – technik und gestaltung*, in dem er Ansätze zur Industrialisierung des Holzrahmenbaus (engl. *balloon frame*) skizzierte, welcher heutzutage in Nordamerika mit Abstand die vorherrschende Bauweise ist. Nach seiner Emigration in die USA angesichts des Aufstiegs der Nationalsozialisten arbeitete Wachsmann ab 1941 mit Walter Gropius zusammen an einem vollindustrialisierten Holzhaus, dem *Packaged House*, dessen vorgefertigte Bauelemente in einem Paket angeliefert wurden und in sehr kurzer Zeit montiert werden konnten (Berthier 2018: 50). Während Wachsmann heute als Pionier des modernen Holzbaus gilt, wurde das von ihm und Gropius entwickelte Fertighausssystem von ihrer gemeinsamen Firma *General Panel Corporation* lediglich 200 Mal hergestellt (Boeckl 2020: o.S.). In Frankreich wurde der Holzbau ab Mitte der 1970er Jahre sogar Gegenstand einer politischen Kampagne zur Reorganisation des französischen Bausektors: Aufgrund wachsender Unzufriedenheit mit den HLM-Siedlungen in Massivbauweise und der Monopolstellung großer Zementhersteller versuchte die Regierung im Rahmen des Programms *Industrialisation Ouverte* den industrialisierten Holzbau zu fördern (Berthier 2017: 53). Die Idee bestand in der Einführung eines standardisierten Katalogs kompatibler Holzbauprodukte, die von Holzbaufirmen „à la manière d’un meccano“ (ebd.), also nach dem Baukastenprinzip, zusammengesetzt werden können. Die organisationale Trennung zwischen der Produktion der Holzbauteile und ihrer Montage sollte für Konkurrenz und Vielfalt sorgen und die Standardisierung von der Ebene der Gebäude auf die Ebene der Bauteile verlagern. Das Programm scheiterte jedoch krachend und wurde 1983 eingestellt. Die entstandenen Holzhäuser galten als billig und architektonisch anspruchslos und die staatlich initiierte Industrialisierung des Holzbaus war wirtschaftlich nicht profitabel. Der Holzbau stand somit in doppelter Hinsicht auf der Verliererseite: unter Avantgardisten galt das Bauen mit Holz als rückwärtsgerichtet und im negativen Sinne romantisch, während traditionell eingestellte Bauherren von den modernen, standardisierten Formen der industriellen Bauweise mit Holz abgeschreckt wurden.

Holzbau klang in den Ohren vieler entweder nach verstaubtem Fachwerk und Brandgefahr, oder erinnerte an die billigen Holzbaracken der Kriegszeit. So erklärt Stéphane Berthier den Misserfolg des Holzbaus im 20. Jahrhundert

“[...] par les réticences culturelles que le modèle suscitait à l’époque, d’abord parce que la maison préfabriquée avait mauvaise presse, ensuite parce que son architecture très moderne fut mal accueillie par un marché de la maison individuelle qui plébiscitait alors les expressions architecturales vernaculaires” (Berthier 2017: 51).

So führte der Ingenieurholzbau ungeachtet bautechnischer Innovationen, spektakulärer Konstruktionen wie Frei Ottos Multihalle in Mannheim aus dem Jahr 1975 und streckenweise massiver politischer Förderung das gesamte 20. Jahrhundert lang ein Nischendasein (Dederich 2013: o.S.). Erst ab Mitte der 1990er Jahre erregten Modellvorhaben insb. in Bayern und Österreich für mehrgeschossige Wohnhäuser in Holzbauweise wieder mehr Aufmerksamkeit. Ende der 1990er vollzog sich schließlich mit der Einführung von Brettsperrholz und Furnierschichtholz ein entscheidender Wandel im Holzbau: die neuen Kombinationsmöglichkeiten von Stab und Platte ermöglichten kompaktere Bauteile und stärkten die Position des Holzbaus gegenüber anderen Materialien, auch angesichts höherer gesetzlicher Anforderungen an Brand- und Schallschutz, Energieeffizienz und Umweltschutz (Krötsch, o.J.).

Seit der Jahrtausendwende tragen die verstärkte öffentliche Debatte über Nachhaltigkeit, technologische Errungenschaften in der Herstellung von Kleb- und Verbundstoffen sowie der (teil-)automatisierten Vorfertigung von Holzbauteilen, die Weiterentwicklung der digitalen Planung von Gebäuden, Veränderungen der Bauordnungen und politische Förderprogramme wie die Holz-Offensive in Baden-Württemberg oder der *Contrat Stratégique filière bois* in Frankreich dazu bei, dass der Holzbau im wahrsten Sinne des Wortes zu neuen Höchstformen auflaufen kann. Waren bis dato entsprechend der Bauordnungen der meisten deutschen Bundesländer nur Holzbauten mit maximal drei Stockwerke zulässig, sorgte das 2007 fertiggestellte Wohn- und Geschäftshaus e3 von *Kaden Klingbeil Architekten* mit sieben Geschossen für großes Aufsehen; 2011 und 2012 entstanden mit dem *H8* in Bad Aibling und dem *LifeCycle Tower* in Dornbirn achtgeschossige Holzgebäude am Rande der Hochhausgrenze. , *Skaio*, das aktuell höchste Holzgebäude Deutschlands und mit 12 Geschossen gleichzeitig Deutschlands erstes Holzhochhaus (obgleich aufgrund der Aluminiumfassade nicht als solches erkennbar), wurde 2019 im Rahmen der Bundesgartenschau in Heilbronn errichtet.

Neben dem Wettlauf in die Höhe sind digitalisierte Planung, industrielle Vorfertigung und Modulbau die zentralen Schlagworte des modernen Holzbaus. Hier wird deutlich, dass man sich von dem alten Baustoff Holz insb. in Kombination mit computergestützten Simulations- und Fertigungstechniken neue Möglichkeiten der Prozessoptimierung sowie der architektonischen Gestaltung verspricht. So lasse sich der planungsintensive Holzbau besonders gut anhand digitaler Modellierungen der Bauprozesse koordinieren; die ohnehin im Holzbau seit Jahrhunderten gängige Vorfertigung eröffnet nun doch - entgegen der Annahme, die Holz zu Beginn der Industrialisierung aus dem Rennen warf - Wege zur seriellen Produktion ganzer Raummodule aus Holz und parametrische Entwurfstechniken ermöglichen komplexe Geometrien und ikonische Gebäude, die das volle Potential des Materials ausschöpfen und gar zu einer völlig neuen Formensprache in der Architektur führen könnten (Menges et al. 2020: 69; für eine Übersicht der aktuellen Visionen zur Digitalisierung der Baubranche s. Braun & Kropp 2021).

Zuletzt machte sich auch ein Wandel der öffentlichen Meinung zu Holz als Baustoff bemerkbar: In einer im Jahr 2012 durchgeführten Online-Umfrage zum Stadtentwicklungskonzept *Perspektive München* erhielt die Idee, München zu einer international führenden Holzbaustadt zu etablieren, die größte Zustimmung unter den befragten Bürger*innen (Klar 2020: 75). Daraufhin folgte der Auftrag des Stadtrats, im südlichen Bereich des Prinz-Eugen-Parks die sog. „ökologische Mustersiedlung“ in Holzbauweise umzusetzen, die kurz vor der Fertigstellung steht (Informationsdienst HOLZ 2020: 3). In Frankreich setzt man ebenso explizit auf das neu erlangte positive Image des Holzbaus und will sich mit einem vollständig in Holz- und Hybridbauweise errichteten Olympischen Dorf für die Spiele 2024 weltweit als Vorreiter in Sachen nachhaltiges Bauen positionieren (FranceBois2024 2019: 6). Neben derlei öffentlichkeitswirksamen Großprojekten ist beiderseits des Rheins auch der Anteil der genehmigten Wohngebäude in Holzbauweise stark gestiegen: in der Bundesrepublik von 12 Prozent im Jahr 2003 auf 18,7 Prozent im Jahr 2019; Frankreich liegt mit 10 Prozent zwar bei einem geringeren absoluten Holzbauanteil, jedoch ist die Wachstumsrate mit 20 Prozent zwischen 2017 und 2019 sogar noch größer als in Deutschland (FBF & CODIFAB 2019: 1). Auch die Zahl der Holzbaubetriebe sowie die Zahl der Angestellten der deutschen und französischen Holzbaubranche stieg in den vergangenen fünf Jahren stetig an (Holzbau Deutschland 2020: 1; FBF & CODIFAB 2019: 4). Dieser Trend beschränkt sich nicht auf Europa: die Herstellung von Holzwerkstoffen ist weltweit zwischen 2014 und 2018 um 25 Prozent gewachsen. Dies ist der stärkste Anstieg seit der Beginn der Aufzeichnung durch die FAO im Jahr 1947 (FAO 2019: o.S.).

Ausgerechnet der archaische Baustoff Holz erfährt somit aktuell eine Renaissance als ein Baumaterial, welches den Anforderungen des 21. Jahrhunderts in besonderer Weise entspricht:

„If we were to put forward the criteria of the material of the future from the viewpoint that we hold today, we would require it to be sustainable, lightweight, structural, multifunctional, compelling, and receptive to parametrically driven forms that are enabled by digital design. The material answering to many of these criteria, is wood“ (Correa et al. 2019: 62).

Ist Holz also der Baustoff, der die Bauindustrie im Handumdrehen umweltschonend und klimaverträglich machen wird? Oder ist es vielmehr ein Türöffner für einen schnelleren Materialdurchlauf dank industrieller Massenfertigung von standardisierten Bauteilen? Und liegt das Potential des Holzbaus dabei ganz in den Händen von Robotern und parametrischen Design-Algorithmen, die seine Verwendung zu einem technologischen und architektonischen Experimentierfeld machen? Sicher scheint zum jetzigen Zeitpunkt nur eines: Holz ist Gegenstand widerstreitender diskursiver Konstruktionen als Baustoff der Zukunft, oder vielmehr: verschiedener Zukünfte. Denn die Visionen für den Holzbau der Zukunft sind keineswegs kongruent, im Gegenteil: unterschiedlichste Erwartungen, Hoffnungen und Idealvorstellungen, Priorisierungen und Interessen projizieren sich auf Holz und dessen Potentiale für mehr ökologische Nachhaltigkeit, effizientere Bauprozesse, regionale Rohstoffkreisläufe, digitale Planung oder neuartige Designs.

Die Rückschau auf die historische Entwicklung des Holzbaus zeigt letztendlich auch: Die von Correa et al. beschriebenen Eigenschaften des Baustoffs Holz und seine potentielle Eignung zur Lösung der Effizienz- und Klimaschutzprobleme der Baubranche sind keine wirklich neue Erkenntnis. Auch reichen technische Neuerungen oder politische Förderprogramme allein nicht aus, um eine tatsächliche Durchsetzung neuer Materialien oder Methoden in großtechnischen Systemen wie der Bauindustrie zu erreichen. Einem solchen Wandel liegen komplexe sozio-technische Veränderungsprozesse zugrunde, die in entscheidender Weise von öffentlichen Diskursen und kollektiven Zukunftsvorstellungen beeinflusst werden. An diesem Punkt setzt die vorliegende Arbeit an und versucht einen Beitrag zum besseren Verständnis dieser Zukunftsdiskurse zu leisten. Die folgenden Kapitel liefern dazu zunächst einen Überblick über den Stand der Forschung zur Transformation sozio-technischer Systeme sowie über die sozialwissenschaftliche und interdisziplinäre Beschäftigung mit dem Bauen der Zukunft.

3 STATE OF THE ART

*FÜR DIE KULTURSOZIOLOGIE IST DIE ARCHITEKTUR ZU ‚TECHNISCH‘; FÜR DIE
TECHNIKSOZIOLOGIE WIEDERUM IST SIE ZU ‚ÄSTHETISCH‘ (...) KURZ, DIE ARCHITEKTUR
FIEL BISHER DURCH DIE RITZEN DER SOZIOLOGISCHEN BEOBACHTUNG.*

HEIKE DELITZ, 2009

Von der Architektursoziologin Heike Delitz wird die Architektur als „unentrinnbare, stets vor Augen stehende, dauerhafte, überdimensionale Gestalt der Gesellschaft“ beschrieben (Delitz 2009: 1). Doch trotz der Omnipräsenz der gebauten Umwelt und ihrer einleitend beschriebenen weitreichenden Auswirkungen auf Mensch, Umwelt und Gesellschaft hat sich die Soziologie der Architektur lange nicht systematisch zugewandt. Zwar fiel die Formulierung des Anspruchs moderner Architektur, eine neue Vorstellung vom „guten Leben“ zu entwickeln und damit tief in soziale Strukturen einzugreifen, zeitlich (zu Beginn des 20. Jahrhunderts) sowie räumlich (vornehmlich in Deutschland und Frankreich) mit der Etablierung der Soziologie als Wissenschaft zusammen. Letztere verblieb Wolfgang Eßbach zufolge jedoch zunächst in einer „anti-technischen und antiästhetischen Haltung“, und sah die Architektur als Ausdruck oder Spiegel des „eigentlich“ Sozialen (Eßbach 2001). Wie Delitz & Fischer erklären, widmeten sich soziologische Klassiker wie Georg Simmel, Norbert Elias und insb. Michel Foucault nur implizit baulichen Strukturen und ihren Wirkungen und die oben zitierten Teilbereiche der Soziologie, wie die Raum-, Stadt-, Kultur-, oder Techniksoziologie berücksichtigten konkrete architektonische Phänomene höchstens am Rande (Delitz & Fischer 2009: 11). Eine explizite Architektursoziologie, die Architektur als eine gestaltende und hierarchisierende Kraft innerhalb der Gesellschaft begreift, sei hingegen erst im Entstehen und die soziologische Beschäftigung mit den Akteuren, Prozessen und sozio-technischen Systemen des Bauens nach wie vor als Nische zu verstehen (ebd.).

Da es im Folgenden neben den Wechselwirkungen zwischen gebauter Umwelt und Gesellschaft in der Gegenwart, in erster Linie um Visionen über die *Zukunft* des Bauens gehen soll – wenngleich beides eng verzahnt ist – stützt sich die vorliegende Arbeit vor allem auf Konzepte der Transformationsforschung (*transition studies*). Zentraler Gegenstand dieser Forschungsrichtung ist das wechselseitige Zusammenwirken von technisch-industriellen Strukturen und Innovationen, sozio-politischen Dynamiken und gesellschaftlichen Diskursen und deren Rolle für die nachhaltige Transformation moderner Industriegesellschaften. Die *transition studies* verbinden die sozio-technische Perspektive der *Science and Technology Studies* mit Ansätzen aus

der institutionellen Theorie und der evolutorischen Ökonomik. Der Forschungsansatz wurde im Rahmen des *Dutch Knowledge Network on System Innovations and Transitions* (KSI, 2005-2010) entwickelt, einem Forschungsnetzwerk, welches 85 Wissenschaftler*innen von acht niederländischen Universitäten versammelte (Grin 2016: 106). Das aus dem Projekt hervorgegangene *Sustainability Transition Research Network* (STRN), gegründet 2009, umfasst heute mehr als 1700 Forschende aus aller Welt (Köhler et al. 2019: 1), die sich der Erforschung von nachhaltigen Transformationsprozessen in verschiedenen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft widmen (für einen Überblick über das aktuelle Forschungsprogramm s. Köhler et al. 2019).

Trotz ihrer gesellschaftlichen und ökologischen Relevanz hat die Bauindustrie jedoch auch innerhalb dieses Forschungsparadigmas bislang nur wenig Aufmerksamkeit erhalten. Eine Ausnahme stellt die pionierhafte Arbeit von Harald Rohrer aus dem Jahr 2001 dar. Rohrer analysiert die enormen Transformationshemmnisse, mit denen die Bauindustrie im Hinblick auf eine nachhaltigere Ausrichtung zu kämpfen hat und benennt eine Vielzahl an Veränderungen, die für einen Wandel des Sektors notwendig wären. Dazu gehören seiner Ansicht nach die Einführung von Methoden zur ökologischen Bewertung von Gebäuden, die deren gesamte Lebensdauer berücksichtigen, die Verwendung alternativer Isolations- und Baumaterialien mit geringeren Umwelt- und Klimaauswirkungen, eine verbesserte Kooperation zwischen den am Entwurfs- und Bauprozess beteiligten Akteuren evtl. mithilfe integrativer Planungsmethoden sowie generell die Entwicklung von spezifischem Wissen und Kompetenzen für nachhaltigeres Bauen (Rohrer 2001: 143). Rohrers Prognose im Hinblick auf einen schnellen Wandel der Bauindustrie in Richtung Nachhaltigkeit fällt eher vorsichtig aus: „The building sector is only changing slowly, as the ‘ecological’ market is presently restricted to a small and specialized segment making it difficult to set up new companies and putting little pressure on existing ones” (ebd. 139).

Eine weitere Studie aus dem Jahr 2001, die sich ebenfalls mit den Perspektiven für das Bauen von morgen befasst, trägt den Titel *gebaut 2020* und wurde im Rahmen des österreichischen Forschungsprogramms *Haus der Zukunft* realisiert. Ziel war die Entwicklung von Szenarien für das Bauen der Zukunft – damals, für das Jahr 2020 – auf Basis von Prognosen über technologische, politische, wirtschaftliche, sowie sozio-demographische Entwicklungen (Walch et al. 2001: 1). Die Autor*innen gingen zu Beginn des Jahrtausends von einer zunehmenden Pluralisierung der Lebensstile und Familienmodelle bei einer gleichzeitigen Singularisierung der Gesellschaft, sowie von einer immer größer werdenden Bedeutung von Informationstechnologien und globalisierten Märkten für die Bauindustrie aus. Diese Trends, so die damalige Prognose,

würden sich in unserer heutigen Gegenwart in einer steigenden Anzahl an Singlehaushalten aber auch mehr gemeinschaftlichen Wohnformen als Ausweg aus der Isolation materialisieren; einer „globalisierten Architektursprache“ (Walch et al. 2001: 16), aktuell beobachtbar in der Uniformität der Wolkenkratzer aus Stahl und Glas in den Finanzdistrikten der globalen Metropolen; sowie einer verstärkten Durchsetzung des Effizienzprinzips bei Errichtung und Betrieb von Gebäuden. Im Hinblick auf einen nachhaltigen Wandel der Bauindustrie ist auch die Prädiktion von Walch et al. eher pessimistisch: Zwar rechneten die Autor*innen mit der Durchsetzung energieeffizienter Bautechniken und dem verstärkten Einsatz nachwachsender Rohstoffe wie insb. Holz (Walch et al. 2001: 25), jedoch auch mit einem noch stärkeren Effizienz- und Kostendruck. Sie sprechen deshalb von einer „Öko-Optimierung“ (ebd.: 79), die den Prinzipien umfassender Nachhaltigkeit nicht unbedingt entspreche:

„Dennoch muss hier mehr als in Frage gestellt werden, ob es sich dabei jemals um eine ‚nachhaltige Bauwirtschaft‘ im engeren Sinne handeln kann. Letztendlich werden die oben genannten Erfolge lediglich aufgrund des marktwirtschaftlich gegebenen Gebots zu ökonomischer Effizienz erreicht“ (ebd.).

Dieses Effizienz-Gebot führe auch zu einer immer stärkeren Verbreitung von industriell vorgefertigten Bauteilen und Fertighäusern, um angesichts sich rasch ändernder Nutzerpräferenzen kostengünstige und adaptierbare Gebäude zu „produzieren“, die nach einer kurzen Lebensdauer wieder beseitigt werden könnten (ebd.: 26). Walch et al. prognostizieren vor diesem Hintergrund Konzentrationsprozesse in der Akteurslandschaft der Bauschaffenden, bspw. durch den Zusammenschluss von Bauunternehmen mit artverwandten Produktionszweigen wie der Möbelindustrie: „Das ‚Produkt Wohnen‘ wird zum Komplettangebot trendorientierter Großunternehmen“ (ebd. 27). Die von Walch und Co-Autoren vor über 20 Jahren prognostizierten Entwicklungen sind ein wichtiger Bezugspunkt der vorliegenden Analyse und viele der damals beschriebenen Trends verdichten sich in im aktuellen Diskurs über das Bauen mit Holz (s. Kapitel 6).

Überraschenderweise finden sich in den 2000er Jahren im deutschsprachigen Raum keine Projekte, die an die Arbeit von Rohrer oder Walch et al. anknüpfen. Anstatt einer weiterführenden soziologischen Auseinandersetzung mit den vielfältigen Implikationen der o.g. Trends in der Bauindustrie ist in Deutschland ebenso wie in Frankreich ein starker Fokus von Wissenschaft und Politik auf die Förderung der Energieeffizienz von Gebäuden zu beobachten. Zudem dominieren material- und umweltwissenschaftliche Beiträge die Debatte über die Potentiale des Holzbaus für die gebaute Zukunft (s. bspw. Hill & Dibdiakova 2016; Luo et al. 2019). Zuletzt proklamierte das

Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, dass eine Materialrevolution im Bausektor, doppelten Nutzen für die Klimastabilisierung haben könnte: einerseits würden so Treibhausgasemissionen aus der Zement- und Stahlproduktion vermieden und andererseits dienen Gebäude aus Holz als CO₂-Speicher, die einen entscheidenden Beitrag zur Einhaltung der globalen 1,5°-Grad-Ziele leisten könnten (Churkina et al. 2020).

In jüngster Vergangenheit nimmt jedoch auch die sozialwissenschaftliche und politische Beschäftigung mit Visionen und Szenarien für das Bauen von morgen erneut an Fahrt auf. So identifiziert das BBSR unter dem Titel *Nachdenken über die Stadt von übermorgen* (2019) Zukunftsszenarien für die Stadtgestaltung und entwickelt im Rahmen des Programms *Zukunft Bau* Perspektiven sowie konkrete Handlungsempfehlungen und Leitplanken für die baulichen Entwicklungen bis 2030 und 2050. Erklärtes Ziel war es hierbei „mehr über das in der Gegenwart angelegte Transformationspotenzial des Bauwesens zu lernen“ (BBSR 2021: 14). Die entwickelten Szenarien für das Bauen im Jahr 2050 reichen von einer sozial-ökologischen Transformation der Bau- und Lebenswelten über eine staatlich gesteuerte „ökoeffektive und -effiziente Bauwelt“ (ebd.) bis hin zu einer Plattformökonomie des Bauens, bei der globale Digitalunternehmen smarte, weitestgehend proprietäre Infrastrukturen aufgebaut haben und so zu den zentralen Akteuren der Branche geworden sind.

Die vorliegende Arbeit setzt an einem winzigen Teilbereich dieser Gemengelage an und versucht einen Beitrag zur besseren Übersichtlichkeit der aktuellen Veränderungsdynamiken zu leisten. In der Tradition der Arbeiten von Harald Rohrer, der Forscher*innen um Karin Walch sowie Cordula Kropp, Kathrin Braun und Yana Boeva unternimmt sie den Versuch, das Konzept der *socio-technical imaginaries* (Jasanoff Kim 2009; 2015) auf die aktuelle Debatte über Holz als Baustoff der Zukunft anzuwenden. Ziel ist dabei, die diskursive Konstruktion des Holzbaus als Lösung für die ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen der Branche im Hinblick auf seine Struktur, die Akteure, die ihn formen und die strategischen Deutungsmuster und Argumentationsstränge, die ihm zugrunde liegen, zu analysieren. Der Fokus auf Baumaterialien als Innovations- oder gar Transformationstreiber ist in dieser Hinsicht ein Novum. Eine weitere Besonderheit der Analyse liegt in der vergleichenden Betrachtung von Deutschland und Frankreich. Im folgenden Kapitel wird nun ein theoretischer Rahmen gezeichnet, innerhalb dessen sich der aktuelle Diskurs über die gebaute Zukunft in den betrachteten Ländern und die (Holz-) Wege dorthin als Gegenstand einer qualitativen soziologischen Analyse entfalten kann.

4 THEORETISCHE EINBETTUNG

*SUSTAINABLE DEVELOPMENT DEALS WITH RESOLVING PERSISTENT PROBLEMS
THAT ARE FIRMLY EMBEDDED IN SOCIETAL STRUCTURES,
WHILE THEIR RESOLUTION IS BOUND TO INVOLVE BOTH INNOVATIVE PRACTICES
AND ADAPTATIONS IN THE STRUCTURES IN WHICH THEY ARE EMBEDDED.*

JOHN GRIN ET AL. 2011

Grundlage und Antrieb der Forschung über nachhaltige Transformationen (*transition studies*) ist die Erkenntnis, dass die dominanten Lebens- und Wirtschaftsweisen moderner Industriegesellschaften so ressourcenintensiv und umweltbelastend sind, dass menschliches Leben auf dem Planeten Erde gefährdet oder sogar vollständig ausgelöscht werden könnte (IPCC 2013, Steffen et al. 2015, Rockström et al. 2021). Phänomene wie die Erschöpfung natürlicher Ressourcen, der Verlust der Artenvielfalt oder die globale Erwärmung, die häufig als Klimakrise zusammengefasst werden, bringen schon heute immense gesellschaftliche Herausforderungen mit sich (Eckstein et al. 2021). Dennoch werden die bereits vor Jahrzehnten formulierten Nachhaltigkeitsziele zur Reduktion von Emissionen und Umweltbelastungen in den meisten Fällen nicht erfüllt. Stattdessen waren die vergangenen Jahre von sich überlagernden Krisen gekennzeichnet, wie der gegenwärtigen Gesundheitskrise, der Umwelt- und Klimakrise, die sich in Extremwetterereignissen wie Stürmen, Überschwemmungen, Waldbränden oder Dürren rund um den Globus äußert, oder auch der Finanz- und Bankenkrise der 2000er Jahre, die *transition*-Forscher ebenfalls als Symptom einer tieferliegenden Systemkrise sehen (Grin et al 2010: 1). Die nicht-nachhaltigen Produktions- und Konsummuster, die der aktuellen Ausgestaltung von sozio-technischen Systemen wie Energie- und Wärmeerzeugung, Mobilität, Agrar- und Ernährungs- oder eben der Bauwirtschaft zugrunde liegen, können der Überzeugung des *transition*-Ansatzes zufolge nicht durch inkrementelle Verbesserungen und technologische Korrekturen angegangen werden, sondern erfordern radikale Veränderungen bestehender Strukturen hin zu neuen sozio-technischen Systemen - Veränderungen, die als nachhaltige Transformationen bezeichnet werden (Elzen et al. 2004; Grin et al. 2010; Köhler et al. 2019).

Das Konzept der Nachhaltigkeit wurde im deutschsprachigen Raum erstmals im Jahr 1713 von Hans Carl von Carlowitz als ein Handlungsprinzip der Forstwirtschaft formuliert, welches auf die Bewahrung der natürlichen Regenerationsfähigkeit eines Systems und der verantwortlichen Ressourcennutzung unter Berücksichtigung des Gemeinwohls abzielte (von Carlowitz 1732: 105). Im Brundtland-Report *Our Common*

Future der Vereinten Nationen von 1987 findet sich schließlich die vielzitierte Definition von Nachhaltigkeit als Leitbild einer gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung, „die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen“ (UN 1987: o.S.). Nachhaltigkeit beschreibt somit eine Umkehr der gegenwärtigen Trends, endliche Ressourcen aufzubrechen, gefährliche Abfälle zu produzieren und Ökosysteme zu zerstören sowie durch Emissionen den globalen Klimawandel weiter anzukurbeln und zielt stattdessen auf resiliente umwelt-, klima- und sozialverträgliche Lebensmodi (Göpel 2017). Unter dem Mantel der Nachhaltigkeit sollen die drei Säulen Ökonomie, Ökologie und Soziales gleichermaßen berücksichtigt werden. Die Kompromiss- und Konflikthaftigkeit dieses Nachhaltigkeitskonzepts wurde bereits vielfach analysiert und kritisiert (Grunwald & Kopfmüller 2012; Brown 2015). Neben Zielkonflikten zwischen wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Belangen, die die Ambitionen des Konzepts konterkarieren, herrscht keine Einigkeit über das „Wie“, also über die konkrete Gestaltung der nachhaltigen Transformation von Industrie und Gesellschaft (Braun & Kropp 2021). Dies ist auch der Fall für die Bauindustrie: ein nachhaltiger Wandel des Sektors wurde bereits vor Jahrzehnten explizit gefordert und skizziert, die konkrete Ausgestaltung dieses Wandels ist und bleibt jedoch Gegenstand konkurrierender Interessen, Zielvorstellungen und Diskurse. Eben diesen Diskursen über die Zukunft des Bauens, speziell des Bauens mit Holz, widmet sich die nachfolgende Analyse. Dabei soll es explizit *nicht* darum gehen, die tatsächliche ökonomische, ökologische oder soziale Nachhaltigkeit von Holzbauprozessen oder Holzgebäuden gegenüber anderen Bauweisen zu bewerten oder überhaupt Aussagen über die Adaptionfähigkeit der Baubranche für Nachhaltigkeitskonzepte zu machen. Ersteres wäre weder Gegenstands- noch Kompetenzbereich der Soziologie; letzteres wurde bspw. im Rahmen architektursoziologischer Forschung bereits analysiert und diskutiert (Löser 2017). Stattdessen widmet sich diese Arbeit den konkurrierenden Visionen und vielseitigen Versprechungen, die den aktuellen Diskurs über Holzbau formen und dabei häufig auf Nachhaltigkeit als Leitbild für die gebaute Zukunft abzielen. Zur Analyse dieser Diskurse und Zukunftsvisionen werden im Folgenden Konzepte der Innovations- und Transformationsforschung auf den Gegenstand der Bauindustrie angewendet. Diese wird als ein widerständiges sozio-technisches System verstanden, dessen nachhaltige Transformation mithilfe einer verstärkten Nutzung von Holz aktuell unter verschiedenen Gesichtspunkten in der deutschen und französischen Politik, Wissenschaft, Industrie und Zivilgesellschaft diskutiert wird.

4.1 SOZIO-TECHNISCHE SYSTEME ZWISCHEN STABILITÄT UND WANDEL

Die Frage, weshalb sich die seit Jahrzehnten als nicht-nachhaltig kritisierten sozio-ökonomischen Funktionsweisen moderner Gesellschaften nur schwerlich wandeln – weder durch individuelle Verhaltensänderungen noch durch Zielformulierungen auf internationaler Ebene, so geschehen im Brundtland-Report von 1987, dem Kyoto Protokoll vor beinahe einem viertel Jahrhundert, der Agenda 2030 oder dem Pariser Klimaabkommen von 2015 – ist ein Kernanliegen der *transition*-Forschung. Ihr Fokus richtet sich dabei auf die Ebene der sozio-technischen Systeme, die als Meso-Ebene zwischen individuellen Entscheidungen und Makro-Entwicklungen liegt, sowie in einem engen Wechselverhältnis zu diesen beiden steht (Köhler et al. 2019; Geels 2004). Sozio-technische Systeme im Sinne der soziologischen Innovations- und Transformationsforschung setzen sich aus technischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Komponenten zusammen, die eng miteinander verflochten sind (Hughes 1989: 51). Sie beinhalten sowohl konkrete technische Artefakte, Infrastrukturen und Finanzströme als auch nicht-materielle Komponenten wie institutionalisiertes Wissen und soziale Praktiken sowie normative und diskursive Elemente. Diese Teilstrukturen stehen innerhalb eines sozio-technischen Systems nicht nur gleichberechtigt *nebeneinander*, sondern greifen *ineinander* und bilden so komplexe Konglomerate, die sich in ihrer Entwicklung wechselseitig beeinflussen (*Ko-Evolution*). Die Bauindustrie wird in der vorliegenden Arbeit als ein solches System begriffen, dessen spezifische Produktionsstrukturen, Konstruktionsweisen, Technologien und organisationale Funktionsmechanismen auf technischem Wissen und finanziellen Investitionen beruhen, die die Entwicklung von Pfadabhängigkeiten, Marktstrukturen und routinierten Nutzerpraktiken bedingen. Außerdem ist die Entwicklung der Bauindustrie eingebettet in historisch gewachsene politische und legislative Rahmenbedingungen, wie Normen oder Bauordnungen, die wiederum geprägt sind durch kulturelle Wertsetzungen und gesellschaftliche Erwartungen. Wie in der historischen Rückschau deutlich wurde, hat sich das sozio-technische System „Bauindustrie“ im Lauf der Geschichte mehrfach strukturell gewandelt, an anderer Stelle jedoch auch eine große Resistenz gegenüber bautechnischen Innovationen oder politischen Veränderungsstrategien gezeigt. Dieser spezifischen *Widerständigkeit* von sozio-technischen Systemen soll im Folgenden genauer auf den Grund gegangen werden.

Das Konzept der Widerständigkeit hat eine lange Vorgeschichte und nimmt ihren Ursprung in der soziologischen Forschung über Innovationen. Eine zentrale Idee dieser Forschungsrichtung ist die eines „technologischen Regimes“ oder „technologischen Paradigmas“. Diese Begriffe wurden von Nelson und Winter (1977; 1982) sowie Dosi

(1982) entwickelt, um zu beschreiben, entlang welcher Leitlinien und Überzeugungen technische Innovationen entwickelt werden. Der Begriff „technologisches Paradigma“ meint eine grundsätzliche Heuristik innerhalb einer Industriebranche, eine Art stillen Grundkonsens darüber, welche Probleme es im Hinblick auf ein bestimmtes Produkt oder einen Prozess zu lösen gilt und wie diese am besten angegangen werden können. Die Entwicklung von technologischen Innovationen ist demnach eingebunden in bestimmte Denkweisen und Glaubenssätze, die zumeist nicht hinterfragt werden und die die Aufmerksamkeit von Entwicklern auf bestimmte Probleme und Lösungsstrategien fokussieren während andere vernachlässigt werden. Dosi beschreibt diese Dynamik wie folgt: "A technological paradigm has a powerful exclusion effect: the efforts and the technological imagination of engineers and of the organisations they are in are focused in rather precise directions while they are, so to speak, 'blind' with respect of other technological possibilities" (Dosi 1982: 89). Anders ausgedrückt: Hat sich erst einmal ein technologisches Paradigma durchgesetzt, ist seine Veränderung oder Verdrängung durch technologische Innovationen „von innen“ sehr schwierig, da jegliche Neuerungen, die aus dem System heraus entwickelt werden, von dessen Strukturen, Produktionsroutinen, Konsummustern, Infrastrukturen und kollektiv verinnerlichten Denkweisen in entscheidender Weise beeinflusst werden. Potentielle Lösungen, die außerhalb dieses Denkrahmens liegen, werden dagegen gar nicht erst in Betracht gezogen. Die Beobachtungen von Nelson, Winter und Dosi trugen zur Entwicklung einer sozialkonstruktivistische Perspektive auf Technikentwicklung bei, die gegenüber der bis dato dominanten technokratischen Idee von Technikentwicklung als Durchsetzung der „besseren“ Technologie auf die enge Verflochtenheit von Technik, Kultur und Gesellschaft verweist.

Diese sozialkonstruktivistische Perspektive prägt auch heute noch das Interesse der nachhaltigen Transformationsforschung für das Spannungsverhältnis zwischen Stabilität und Wandel, dem sozio-technische Systeme permanent unterliegen. Widerständigkeit meint nämlich keineswegs Stillstand – vielmehr befinden sich sozio-technische Systeme in einem ständigen Optimierungsprozess durch inkrementelle Innovationen. Der Begriff „inkrementelle Innovation“ meint zumeist technische Neuerungen, die bestehende Produkte, Strukturen oder Handlungsweisen geringfügig verändern, ohne jedoch einen grundlegenden systemischen Wandel einzuläuten. Vielmehr dienen diese Innovationen der Optimierung des bestehenden Systems und damit seiner dynamischen Stabilisierung. Innovationsforschung führt immer wieder zu dem Befund, dass nur der kleinste Teil aller Produktideen überhaupt zu Markt- und Umsetzungserfolg führen und dass dies insb. solche Innovationsvorhaben sind, die an das

Vertraute anknüpfen und keine erhebliche Abweichung von den gegebenen Routinen und Standards erfordern (Clausen & Fichter 2013; Kropp 2013). Diese Erkenntnis wurde bereits 1998 von René Kemp und Co-Autoren formuliert, die heute zu den führenden Transformationsforschern gehören: „Most change is of the non-radical type, aimed at regime optimization rather than regime transformation“ (Kemp et al. 1998: 182). „Systemische“ Innovationen erheben demgegenüber den Anspruch, sozio-technische (Teil-)Systeme grundlegend zu verändern oder einen Übergang in ein neues sozio-technisches System anzustoßen. „Nachhaltige“ Innovationen sind Cordula Kropp (2013, 2015, 2019) zufolge in dieser Hinsicht ein in sich widersprüchliches Konzept: Einerseits versprechen sie eine Abkehr von den gegenwärtigen, nicht-nachhaltigen Trends in Wirtschaft und Gesellschaft und fallen damit theoretisch in die Kategorie der systemischen Innovationen; gleichzeitig halten sie jedoch schon rein semantisch am dominanten Wachstumsparadigma fest und beinhalten das implizite Versprechen, „dass sich nichts ändern müsse“ (Kropp 2019: 12). Auch das Anvisieren besserer Absatz- und Wirtschaftsbedingungen durch Innovationen steht Nachhaltigkeitszielen wie Suffizienz und sinkendem Ressourcenverbrauch häufig entgegen: „Innovationsprogramme zielen auf Wachstum durch die Einführung neuartiger und besserer Lösungsangebote. Nachhaltige Entwicklung verlangt anstelle innovativer „Addition“ aber in den meisten Handlungsfeldern eher eine Verringerung der bestehenden Optionen, also ‚exnovative‘ Prozesse der Abschaffung“ (Kropp 2019: 3). Zudem müssten Nachhaltigkeitsinnovationen ihr Ziel, nachhaltige Routinen einzuführen und zur Verdrängung nicht-nachhaltiger Lebens- und Wirtschaftsweisen beizutragen, in einem insgesamt nicht-nachhaltigen Kontext erreichen – angesichts der zuvor beschriebenen Wechselwirkungen zwischen bestehenden Systemstrukturen und Neuerungen überrascht es nicht, dass die Entwicklungspfade von Nachhaltigkeitsinnovationen häufig nicht zu den erhofften Verbesserungen führen. Zielgerechte Veränderungsprozesse, also die Durchsetzung von nachhaltigen Innovationen im Sinne des Erfinders, sind unwahrscheinlich und komplex, da die bestehenden Systeme „die Variabilität von Innovations- und Entwicklungsprozessen zugunsten des Status quo über die sich in ihnen herausbildenden Regelsystemen begrenzen“ (ebd. 10). Es ist also keineswegs selbstverständlich, dass Innovationen, ob nachhaltig oder nicht, tatsächlich ihre Umsetzungskontexte verändern – eher im Gegenteil. Tiefgreifende Veränderungen von sozio-technischen Systemen, wie sie eine nachhaltige *Transformation* voraussetzt, können noch schwerer realisiert werden, da die bestehenden Strukturen und ihre Verschränkungen wie Leitplanken wirken, die nur einen engen Spielraum für die Entwicklung von Neuerungen abstecken.

4.2 DIE BAUINDUSTRIE ALS WIDERSTÄNDIGES SOZIO-TECHNISCHES SYSTEM

Die paradox anmutende, system-stabilisierende Wirkung von Innovationen und die Seltenheit tiefgreifender Veränderungen innerhalb eines sozio-technischen Systems ist auch im Untersuchungsfeld dieser Arbeit zu beobachten. Die Idee der sozio-technischen Widerständigkeit ist in besonderer Weise auf die Bauwirtschaft als sozio-technisches System übertragbar, da gesellschaftlich verankerte Ideen dessen, wie welche Arten von Gebäuden typischerweise aussehen und wie sie funktionieren in einem engen Wechselverhältnis mit dominanten Konstruktionstechniken stehen, die sich lokal und temporal unterscheiden. In einem Bauwerk materialisieren sich nicht nur technologische Standards und industrielle Routinen, sondern auch Erwartungen an die Performanz von Gebäuden, die in Normen und Gesetzen Ausdruck finden. Soziale Konstrukte wie Ehe und Kernfamilie, kollektive Träume vom Eigenheim, Zurschaustellung von sozialer Schichtzugehörigkeit sowie gesellschaftliche Vorstellungen von Modernität und Ästhetik sind zusätzliche Einflussfaktoren. Hier wird deutlich, dass ein Wandel der Bauindustrie keinesfalls ein rein technologisches Unterfangen ist. Vielmehr hängt die spezifische Struktur und Ausgestaltung dieses sozio-technischen Systems stark mit gesellschaftlichen Vorstellungen und Werten zusammen, die wiederum von bereits vorhandenen Technologien, Infrastrukturen, Normen und Standards beeinflusst werden. Dieses Zusammenwirken von technologischen, infrastrukturellen, ökonomischen, institutionellen, politischen, sozialen und kulturellen Komponenten macht die Bauindustrie zu einem besonders robusten, komplexen und innovations- bzw. transformationsträgen sozio-technischen System. So kommen bspw. Anna Butzin und Dieter Rehfeld, die in ihrer bundesweiten Studie *Innovationsbiographien der Bauwirtschaft* die Treiber und Hemmnisse von bautechnischen Innovationen untersuchen, zu dem Schluss, dass die deutsche Bauindustrie insgesamt mit großen Innovationshemmnissen zu kämpfen hat und die wenigen erfolgreichen Innovationen stark prozessorientiert und oft auf ein kurzfristig zu lösendes Problem bezogen sind (Butzig & Rehfeld 2008: 1). Ähnliches beschreiben Correa et al.:

„Research on innovation has pointed out that the building industry is on par with other industries in terms of ‚incremental innovations‘, which refers to minor changes in the product. However, the same research also points out that the building industry is a laggard adopter when it comes to ‚systemic innovations‘, which refers to product and process innovations that require multiple and interdependent industries to change their processes“ (Correa et al. 2019).

Die Gründe für die besondere Widerständigkeit des Bausystems sind vielfältig. Ökonomisch betrachtet gehören Butzin & Rehfeld zufolge u.a. der enge Zeit- und

Kostenrahmen von Bauprojekten sowie der hohe Anteil kleiner und kleinster Unternehmen mit geringen Kapazitäten für Forschung und Entwicklung zu den größten Innovationshemmnissen der Baubranche. Außerdem erfordern radikale Innovationen auch eine Veränderung der Nachfrage – bleibt diese aus, hemmt dies auch auf der Angebotsseite deren Entwicklung. Innovationsentwicklung ist jedoch für beide Seiten mit hohen Opportunitätskosten verbunden. Da der Bau oder Kauf eines Eigenheims für viele Menschen die größte finanzielle Investition ihres Lebens darstellt, überrascht es nicht, dass die meisten Bauträger keine große Experimentierfreudigkeit an den Tag legen, sondern eher Risiko-averse Strategien verfolgen und auf das Altbewährte setzen. Ein kognitiver Faktor für Innovationsträgheit, der sich nicht auf die Bauindustrie beschränkt, ist die Tatsache, dass Organisationen durch eine sog. *bounded vision* oder *bounded rationality* eingeschränkt sind, die dazu führt, dass sie ihre Forschungsaktivitäten zumeist auf die Verbesserung bereits bestehender Produkte beschränken, anstatt radikal neue Produkte oder Prozesse zu entwickeln, die nicht mehr mit ihren bestehenden Organisationsstrukturen und Produktionsabläufen kompatibel wären (Kemp et al. 1998: 183; Geels 2011: 30). Aus organisationssoziologischer Sicht erschwert vor allem die räumliche und sektorale Fragmentierung der Baubranche die Diffusion von transformativem Wissen und systemischen Neuerungen (Butzin & Rehfeld 2008: 2). Zusätzlich finden die wesentlichen Innovationsaktivitäten der Baubranche nicht im Hauptgewerbe statt, sondern bei den Lieferanten von Baustoffen, Ausrüstungen und Maschinen sowie bei den Bauingenieuren und Architekten. Dies wird in der Innovationsforschung als „innovation gap“ (Taylor 2005) bezeichnet, die eine systematische Bündelung von Innovationen behindert. J. E. Taylor zufolge verbreiten sich systemische Innovationen zudem nur langsam in Projekt-basierten Industrien wie dem Bauwesen, da dies Abstimmungs- und Angleichungsprozesse zwischen verschiedenen Organisationen und Akteursgruppen voraussetzt. Diese Abstimmungsprozesse sind jedoch schon innerhalb des aktuellen Systems schwierig zu bewerkstelligen und zudem von Informationsbrüchen und „Übersetzungen“ im Sinne von Michel Callon durchzogen (Callon 1986). So führt aktuell die weitgehende Trennung des Entwurfs- und Planungsprozesses von der Gebäudeerrichtung dazu, dass die expliziten und impliziten Vorstellungen der Planer*innen und Architekt*innen nur unvollständig und vielfach interpretiert auf der Baustelle ankommen, wo sie von den einzelnen Gewerken wiederum nach deren eigenen Logiken und angepasst an ihr spezialisiertes Wissen und die tatsächlichen Bedingungen vor Ort umgesetzt werden. Die Errichtung eines Bauwerks ist zudem häufig von ad-hoc-Änderungen und Improvisationen geprägt, was jedes Gebäude zu einem einzigartigen Produkt macht – aber auch dazu führt, dass sich Prozessinnovationen nur schwer durchsetzen. Auch die

im Rahmen der österreichischen Programmlinie *Haus der Zukunft* erforschten Innovationscharakteristika zeigen, dass die Komplexität der Bauprozesse und die Vielfalt an Materialien, Komponenten und Akteuren, die an der Produktion des Endprodukts „Gebäude“ beteiligt sind, systemischen Wandel erschweren. Zu all diesen Faktoren gesellt sich Rohrer zufolge die Langlebigkeit von Gebäuden und die damit verbundene Verantwortung von Bauschaffenden gegenüber der Öffentlichkeit, die in einer hohen Dichte gebäudebezogener Regulierungen und Normen zum Ausdruck kommt. Dies schränkt Innovationsentwicklung und -erprobung im großen Maß ein, denn eine *public beta phase*, also die Erprobung von Neuerungen direkt durch Nutzer wie es bspw. für autonome Fahrzeuge gang und gäbe ist, könnten sich öffentliche Bauträger schlicht nicht erlauben. Insgesamt lässt sich die Bauindustrie also als ein hochgradig stabilisiertes, komplexes und widerständiges sozio-technisches System beschreiben, in dem viele Faktoren zusammenwirken, um fest etablierte Strukturen, und Praktiken aufrechtzuerhalten, was zu Trägheit und inkrementellen Innovationsverläufen führt, die die systemischen Leitplanken kaum unter Druck setzen.

4.3 ANZEICHEN FÜR EINEN WANDEL DER BAUINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND UND FRANKREICH UND DAS TRANSFORMATIVE POTENTIAL DES HOLZBAUS

Gegenwärtig steht die Bauwirtschaft jedoch vor der Herausforderung, sich trotz ihrer besonderen Widerständigkeit an sich verändernde Rahmenbedingungen durch demographischen Wandel und Ressourcenknappheit, steigende gesellschaftliche Erwartungen an Umwelt- und Klimaverträglichkeit, Kreislaufwirtschaft oder digitale Vernetzung (*smart home*), sowie Ideen zur flexiblen Nutzung von Gebäuden und an Popularität gewinnende radikale Wohnkonzepte wie *tiny houses* anzupassen. Diese Entwicklungen – so bereits die Einschätzung von Rohrer im Jahr 2001 sowie von Butzin & Rehfeld auf Basis ihrer Studie von 2008 – haben das Potential, das gesamte sozio-technische System ins Wanken zu bringen: „Auf der Tagesordnung steht nicht allein die Reorganisation einzelner Betriebe, vielmehr wird sich die Branche insgesamt neu positionieren müssen“ (Butzin & Rehfeld 2008: 2). Rohrer prognostiziert im Hinblick auf einen nachhaltigen Wandel des Bauens:

„[...] the implementation of sustainable construction technologies will have to go along with a process of change of social and institutional contexts. [It] may have important consequences not only on the technological practice of the industry, but also on its structure, its communication channels and the organizational and strategic orientation of its constituent actors. Boden goes as far as to call this a ‘paradigm change’ of the construction industry“ (Rohrer 2001: 141).

Systemische Neuorientierung, Paradigmenwechsel, tiefgreifende Veränderungen der materiellen und kulturellen Strukturen, die der Bauindustrie von heute zugrunde liegen – im Fokus dieser Arbeit steht das transformative Potential, welches innerhalb der aktuellen Debatte in Frankreich und Deutschland einer verstärkten Nutzung von Holz als Baustoff für einen nachhaltigen Wandel des Bauens zugeschrieben wird. Correa und Co-Autoren zufolge hat die Durchsetzung neuer Materialien bereits in der Vergangenheit zu massiven Umbrüchen und Veränderungen der Baubranche als sozio-technisches System geführt: die Ablösung des traditionellen Holzbaus durch Beton und Stahl im 20. Jahrhundert (Kap. 2), war bei Weitem keine schlichte Substitution von Baustoffen, sondern erforderte völlig neue Wertschöpfungsketten und Produktionsabläufe, Planungs- und Wartungsmethoden sowie veränderte Markt- und Organisationsstrukturen und ging dementsprechend mit der Verdrängung bis dato dominanter Produkte, Akteure und Prozesse einher (Correa et al. 2019: 65ff). Analog dazu wird der aktuellen Renaissance des Holzbaus, flankiert von technologischen Entwicklungen wie computergestützten Planungs- und Entwurfsmethoden und (teil-) automatisierten Fertigungsprozessen zugetraut, weitreichende Veränderungen des Bausektors hervorzurufen:

„Systemic innovations such as the one being discussed here - a major change in the conceptual approach to wood design - would thus require not only an innovation in the actual development of the technology but also a re-examination of the process of design and building in order to avoid the friction inherent in the conventional building industry of today“ (Correa et al. 2019: 63).

Eine systematische Durchsetzung von Holzbau würde demnach nicht nur neuartige Technologien und Produkte einführen, veränderte Marktstrukturen und Wertschöpfungsketten schaffen und somit neuen Akteuren, Prozessen und Praktiken Einlass gewähren, sondern auch aktuell dominante Konstruktionsweisen und kollektive Vorstellungen vom „gutem Bauen“ über den Haufen werfen, sowie alteingesessene Platzhirsche und Pfadabhängigkeiten verdrängen und potentiell ein neues Zeitalter des Bauens einläuten. In der aktuellen Literatur über Holzbau finden sich einige Stimmen, die argumentieren, dass sich die Bauindustrie an einer Weggabelung befindet, an der sich technologische Neuerungen mit gesellschaftlichen Werteverstärkungen hin zu mehr Umwelt- und Klimabewusstsein zu einer systemischen Transformation verdichten könnten. So zeigen Svilans et al. auf: „The resurgence of timber as a large-scale construction material has come about because of both social and technological reasons“ (Svilans et al. 2019: 116). Die Entwicklung neuer Kleb- und Verbundstoffe, gesteigerte Präzision in der industriellen Fertigung und Verfahren zum Schutz des

Materials vor Feuchtigkeit und widrigen Wetterbedingungen in Kombination mit den guten Dämmeigenschaften, die Holz von Natur aus gegeben sind, hätten den Stoff aus bautechnischer und wirtschaftlicher Sicht wieder attraktiv gemacht. Im Kontext zunehmend für Umweltbelange und die Auswirkungen des Klimawandels sensibilisierter Gesellschaften würde Holz daneben in seiner Eigenschaft als nachwachsender, CO₂-bindender Rohstoff als wünschenswerte Alternative zu Beton und Stahl erscheinen (ebd.). Und Correa et al. bemerken: „At the current intersection of much larger cultural and social challenges, the sustainable aspects as well as innovations relating to the sourcing, processing, and use of the material have renewed the interest of consumers and municipalities, as well as architects and engineers“. (Correa et al. 2019: 68). Tatsächlich avanciert Holz in den vergangenen Jahren zum Hoffnungsträger einer Bauindustrie, die angesichts der aktuellen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Herausforderungen zunehmend unter Druck gerät. Konkrete Beispiele hierfür sind die bereits erwähnten Holzbauoffensiven und Masterplänen verschiedener Bundesländer sowie die *Règlementation Environnementale des Bâtiments neufs* (RE2020), welche Holz de facto gegenüber Zement und Stahl bevorteilt. Zudem ist eine steigende Zahl der in Holzbauweise realisierten öffentlichen wie privaten Bauten zu verzeichnen, die explizit als „nachhaltig“ beworben werden.

Nach dem historischen Rückblick sowie angesichts der sozio-technisch stabilisierten, widerständigen und von Innovationshemmnissen gekennzeichneten Struktur der Bauindustrie dürfte wenig Zweifel daran bestehen, dass eine Durchsetzung des Holzbaus und ein somit potentiell angestoßener Wandlungsprozess der Bauindustrie hochkomplex und hindernisreich wäre. Grundsätzlich sind Ablauf und Ausgang von Transformationen kaum vorhersehbar, da diese aus multiplen, sich gegenseitig verstärkenden und ineinandergreifenden Prozessen technologischer, struktureller, sozialer und kultureller Natur bestehen und mit einer Vielzahl nicht-intendierter Nebenfolgen und Unsicherheiten einhergehen. Die von Braun und Kropp diagnostizierte „Mehrfachkrise“ (Braun & Kropp 2021) der Bauindustrie und die aktuelle Verdichtung des politischen und industriellen Diskurses über Holzbau als möglichen Weg in eine nachhaltigere gebaute Zukunft geben jedoch Anlass anzunehmen, dass eine Betrachtung dieser Dynamiken aus transformationssoziologischer Sicht lohnenswert ist. Die vorliegende Arbeit unternimmt deshalb den Versuch, sich an dieses Geschehen anzunähern. Wenngleich die Frage, wie Transformationen angestoßen werden, wie sie verlaufen und inwiefern sie beeinfluss- und gestaltbar sind nicht abschließend beantwortet ist, existieren in den *transition studies* Konzepte zur Analyse dieser Prozesse, die im Folgenden auf die Bauindustrie angewendet werden.

4.4 KONZEPTUALISIERUNG UND ANALYSE SOZIO-TECHNISCHER TRANSFORMATIONEN

Transformationen sozio-technischer Systeme werden in der sozialwissenschaftlichen transition-Forschung verstanden als (1) disruptive Wandlungsprozesse, in denen ein sozio-technisches System durch ein anderes verdrängt wird; (2) ko-evolutive Prozesse, charakterisiert durch die gleichzeitige Entwicklung von Wissen, Prototypen, Ressourcenmobilisierung, Entwicklungsvisionen, Märkten und rechtlichen Rahmenbedingungen; und (3) Multi-Akteur-Prozesse, die Interaktionen zwischen unterschiedlichen Akteursgruppen erfordern (Grin et al. 2010).

Die *transition*-Forscher John Grin, Jan Rotmans und Johan Schot sehen systemische Transformationen einerseits als „response to a number of persistent problems confronting contemporary modern societies“ (Grin et al. 2010: 1) und andererseits als „search for a new value system“ (ebd.). Diese beiden Dimensionen verdeutlichen den grundlegenden Charakter von Transformationen: Sie setzen eine Verdichtung von Problemen und Unzulänglichkeiten in Zusammenhang mit dem bestehenden System voraus, die gesellschaftlich wahrgenommen und politisch problematisiert werden müssen und bestehende Strukturen und Handlungsweisen so grundlegend in Frage stellen, dass nicht nur neue Technologien oder Produkte, sondern ein ganz neues Wertesystem gefragt ist. An dieser Stelle ist es wichtig, auf den bisweilen zu Verwechslungen führenden Unterschied zwischen dem englischen Begriff *transition*, der ins Deutsche mit „Transformation“ übersetzt wird, und dem englischen Begriff *transformation* hinzuweisen. *Transition* meint tiefgreifende Veränderungsprozesse, bei denen ein bestehendes System durch ein anderes abgelöst wird. Der Terminus wird deshalb auch mit „Übergang“ oder „Umbruch“ übersetzt. Der englische Begriff *transformation* beschreibt im Gegensatz dazu eine weniger drastische Umgestaltung, bei der das System als Ganzes nicht zerstört, sondern lediglich angepasst wird. Die Transformationsprozesse (*transitions*), die im Fokus der *transition*- oder Transformationsforschung stehen, beschreiben radikale Veränderungen auf verschiedenen Ebenen eines Systems: „*Transitions* may be defined as profound societal transformations in that they involve changes in both multiple, interacting societal practices and the institutional, structural and discursive structures in which these are embedded“ (Grin 2016: 105). Im Zentrum der Untersuchung systemischer Transformationsprozesse stehen deshalb auch nicht einzelne Innovationsprozesse, sondern Interaktionen zwischen den etablierten, nicht-nachhaltigen Systemen und den alternativen, potentiell nachhaltigkeitsorientierten und transformativen Ansätzen und Strategien. Betrachtet werden dabei nicht nur technologische Innovationen, sondern auch und vor

allein die sozio-ökonomischen und institutionellen Rahmenbedingungen in denen sie entwickelt werden, sowie die Strukturen und Diskurse, in die sie eingebettet sind.

Als Meilenstein der Forschung zu systemischen Transformationen gilt das Werk des US-amerikanischen Wissenschafts- und Technikhistorikers Thomas P. Hughes, *Networks of Power: Electrification in western society* (1983). Die Arbeit widmet sich der Frage, wie elektrischer Strom in den USA, Großbritannien und Deutschland Gas als primären Energieträger für die Beleuchtung von Privathaushalten verdrängen konnte. Obwohl Hughes selbst eine Ausbildung als Ingenieur durchlaufen hat und die Entwicklung der Stromerzeugung und -verteilung aus historisch-vergleichender Perspektive beschreibt, „liefert er eine genuin soziologische Erklärung für den Siegeszug der neuen Technologie“ (Laux 2019: 3) und führt viele Konzepte ein, die noch heute zentral für die Transformationsforschung sind. Bereits der doppeldeutige Titel *Networks of Power* verweist auf die sozialkonstruktivistische Perspektive Hughes, der zufolge Innovationen und Systemveränderungen als eine Koproduktion aus technologischen Neuerungen einerseits und ökonomischen, politischen oder rechtlichen Machtverlagerungen andererseits verstanden werden. Knackpunkt ist hierbei die *Ko-Evolution* technologischer, ökonomischer, politischer und gesellschaftlicher Prozesse: Die Entwicklung von Prototypen und neuem technischem Wissen und die Erschließung von Märkten gehen Hand in Hand mit Veränderungen der rechtlichen oder politischen Rahmenbedingungen, Mobilisierung von Ressourcen und der Herausbildung alternativer Zukunftsvisionen, die die gesellschaftlichen Werte und Erwartungen, die das bisherige System getragen hatten, in Frage stellen (Hughes 1986, Latour 1987). Neue sozio-technische Systeme entstehen letztendlich in einem wechselseitigen Anpassungsprozess in dem sich einerseits die neue Technologie an die bestehenden gesellschaftlichen Rahmenbedingungen anpasst und andererseits eine Transformation gesellschaftlicher Strukturen und Erwartungen geschieht: „In technological transitions both the technology and the system in which it is produced and used change through a process of co-evolution and mutual adaption“ (Kemp et al. 1998: 183). Hier wird das Ineinandergreifen von Altem und Neuem, das Tauziehen zwischen bestehenden Strukturen und alternativen Entwürfen deutlich.

Es liegt auf der Hand, dass derlei weitreichende Veränderungsprozesse organisationale und sektorale Grenzen überschreiten und auf dem Zusammenwirken verschiedenster Akteursgruppen und -netzwerke beruhen. Auch Kropp & Sonnberger unterstreichen die Wichtigkeit der Netzworkebildung für erfolgreiche Innovationsprozesse:

„Insbesondere Innovationen, die von der etablierten sozialen Ordnung abweichen und deren leitende Handlungsorientierungen in Frage stellen, wie dies

für nachhaltige Innovationen in aller Regel gilt, stehen vor dem Problem, ein gegenkulturelles Netzwerk aufbauen zu müssen und sich gegen die mächtigen, bestehenden Allianzen durchzusetzen“ (Kropp & Sonnberger 2021).

Mit diesem gegenkulturellen Netzwerk ist nicht nur eine ausreichende Zahl an Unterstützern für eine neue Technologie gemeint; auch lässt sich eine günstige Umgebung für Innovationen nicht auf das Binnenklima eines Unternehmens oder den Innovationsgeist einer Region beschränken (Laux 2019: 9). Vielmehr geht es um ein *heterogeneous engineering* (Law 1987), bei dem gesellschaftliche Allianzen über organisationale und systemische Grenzen hinweg zu schmieden sind - Allianzen in denen menschliche Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung ebenso eine Rolle spielen wie Infrastrukturen, Märkte und neuartige Produkte. Jede Transformation braucht im Sinne der sozio-technischen Lesart „materielle Artefakte und menschliche Verbündete“ (Laux 2019: 3), um erfolgreich zu sein. Hughes beschreibt in seinem frühen Werk der soziologischen Innovations- und Transformationsforschung in diesem Sinne Thomas A. Edison, den Erfinder der Stromerzeugung, als einen „system builder“ (Hughes 1979: 126), der ein neues sozio-technisches System entwirft, indem er menschliche Akteure, technische Artefakte und symbolische Regelsysteme miteinander vernetzt und zu deren gegenseitiger Anpassung beiträgt. Der Erfolg der Elektrifizierung New Yorks, Londons und Berlins liegt Hughes zufolge darin begründet, dass es Edison gelang, „die Bedürfnisse und Interessen von Konsumentinnen, Unternehmen, Gerichten und Behörden in die technischen Artefakte und gesellschaftlichen Infrastrukturen einzuschreiben“ (Laux 2019: 3). Auf diese Weise entstehe ein nahtloses Netzwerk (*seamless web*) aus wissenschaftlichen, technischen, soziokulturellen und ökonomischen Komponenten, welches die Grundlage für die Verbreitung und Etablierung jeglicher technologischer Neuerung bildet. Wie Henning Laux (2019) darlegt, stimmt dieses Verständnis von Innovationen als Prozesse der Netzwerkbildung mit der Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT) überein, die sich seit den 1980er Jahren zu einem der einflussreichsten Programme in der sozialwissenschaftlichen Forschung entwickelt hat (Laux 2019: 6). Die ANT versteht Gesellschaft im Allgemeinen als ein Konglomerat verschiedener Akteurs-Netzwerke und Innovations- oder Transformationsprozesse als eine Rekonfigurierung dieser Netzwerke. Die Besonderheit der ANT ist, dass sie darauf abzielt „die Teilung zwischen materialistischen und kulturalistischen Darstellungen zu beenden“ (Latour 2006: 52) und in einer Netzwerkperspektive die Handlungsbeiträge von menschlichen und nicht-menschlichen Entitäten gleichermaßen zu erfassen. Die ANT ist somit als eine Radikalisierung der Haltung von Hughes zu verstehen, wenngleich beide entscheidende Beiträge zum

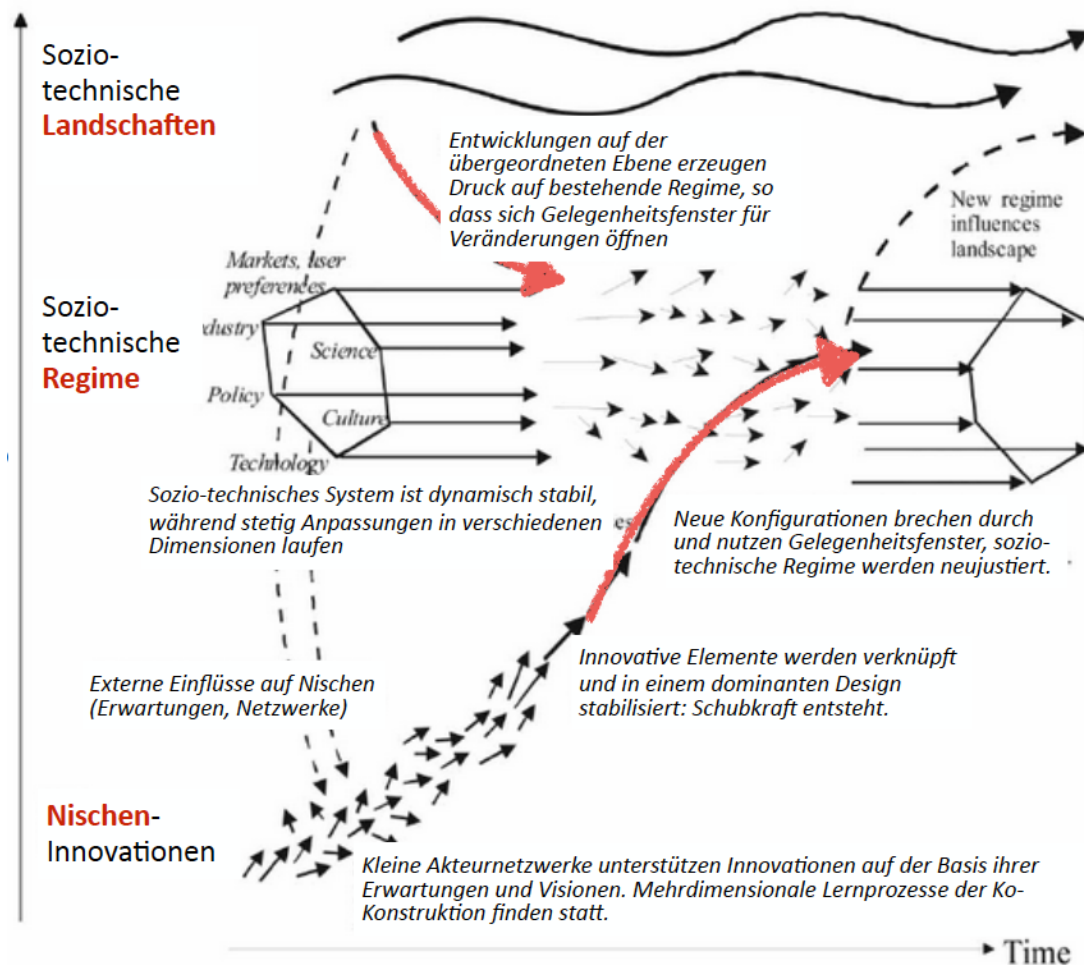
Verständnis von Innovationen als Ergebnis voraussetzungsvoller Vernetzungsprozesse geleistet haben und als komplementäre Spielarten einer Soziologie der Innovationsnetzwerke verstanden werden können (Laux 2019: 15). Das ko-evolutive Ineinandergreifen von alten und neuen Strukturen, die Vielzahl und Heterogenität beteiligter Akteure und Akteursnetzwerke und ihr Zusammenwirken mit technischen Artefakten und institutionellen Settings macht systemische Transformationen zu herausfordernden Forschungsgegenständen. Zudem zeichnen sie sich Transformationsprozesse durch ihren nicht-linearen Charakter aus und umfassen typischerweise Rückschläge, Um- und auch Irrwege und scheitern im Großteil der Fälle bereits in ihren Ansätzen. Im Folgenden werden vor diesem Hintergrund Stärken und Schwächen der prominenten Konzeptualisierungen und Annäherungsmodelle an diese Prozesse vorgestellt.

4.5 DIE MEHR-EBENEN-PERSPEKTIVE ALS KONZEPTIONELLES MODELL

Innerhalb der *transition*-Forschung gibt es verschiedene Ansätze, die Veränderungsprozesse unterschiedlich konzeptualisieren. Die vorliegende Arbeit orientiert sich an dem sozio-technischen Ansatz (*socio-technical approach*), dessen zentrales Konzept die Mehr-Ebenen-Perspektive (*Multi-Level Perspective*, MLP) ist. Diese wurde u.a. von John Grin, Jan Rotmans, Johan Schot, Arie Rip, René Kemp und Frank Geels (Rip & Kemp 1998; Schot 1998; Geels 2002; 2005) entwickelt und ist ein Versuch, das Ineinandergreifen von sozialen und technologischen, individuellen und strukturellen Faktoren in einem Modell darzustellen. Sie bedient sich dabei Konzepten aus der Innovationssoziologie sowie der evolutionären Ökonomik und den *Science and Technology Studies* (STS) und betont die unauflösbaren Verflechtungszusammenhänge zwischen technologischen, ökonomischen, politischen und kulturellen Veränderungsprozessen. Der MLP zufolge lässt sich ein sozio-technisches System in drei Ebenen untergliedern: *Nischen*, *Regime*, und *Landschaften* (s. Abb. 1). Radikale Innovationen entwickeln sich zuerst in *Nischen*, die weitgehend außerhalb des allgemeinen Wahrnehmungsbereiches liegen und von einer kleinen Zahl an individuellen, kollektiven oder korporativen Akteuren auf Basis ihrer Erwartungen und Zukunftsvisionen getragen werden. Diese Nischen sind Teil eines soziotechnischen *Regimes*, welches durch bestimmte Akteurskonstellationen, Regeln und Konventionen sowie ökonomische und technische Strukturen geprägt sind. Diese Regime können durch Nischeninnovationen Veränderung erfahren, beeinflussen diese jedoch auch in ihrer Entwicklung – hier taucht wieder die altbekannte Idee der *Ko-Evolution* auf, die von Kemp et al. folgendermaßen auf den Punkt gebracht wird: „The idea behind the technological regime is that the existing complex of technology extended in social life imposes a

grammar or logic for socio-technical change, in the same way that the tax regime or the regulatory regime imposes a logic on economic activities and social behaviour“ (Kemp et al. 1998: 182). Insofern ist der Begriff *Regime* sehr treffend, da er auf die Regelhaftigkeit dieser Strukturen verweist, sei es in Form expliziter Regularien, Normen und Gesetze oder impliziter Konventionen, Rollenzuschreibungen, Praktiken und Glaubenssätze.

ABBILDUNG 1 MULTI-LEVEL PERSPECTIVE ON TRANSITIONS NACH FRANK GEELS



QUELLE: GEELS 2002: 1263; 2010: 21; ÜBERSETZUNG VON CORDULA KROPP

Die Regime und die ihnen zugrundeliegenden Wertsetzungen sind wiederum eingebettet in übergeordnete Rahmenbedingungen, die Geels (2002) in Anlehnung an Fernand Braudel mit der Metapher *Landscape* belegt, um grundlegende gesellschaftliche Trends zu umschreiben, die von den Akteuren des Regimes nicht direkt beeinflusst werden können, wie bspw. Globalisierung, Individualisierung oder demographischer Wandel. Diese Kategorie der übergreifenden Dynamiken, in die auch der globale Klimawandel und dahingehende gesellschaftliche Bewusstseinsveränderungen fallen, werden von Geels und Schot (2007: 406) als *Landscape Developments*

bezeichnet, die gekoppelt mit Nischenentwicklungen in bestimmten Fällen über Jahrzehnte stabile soziotechnische Regime herausfordern können. So eröffnen sich Gelegenheitsfenster (*windows of opportunity*), die aus kumulierten Rückkoppelungseffekten zwischen Nischenentwicklungen und Wandlungsprozessen auf Landschaftsebene resultieren. Geels (2002) zeigt dies am historischen Beispiel der Ablösung von Segelschiffen durch Dampfschiffe für internationalen Personen- und Frachtverkehr: Dampfschiffe wurden zunächst in einer Nische, nämlich als Schlepper in Häfen oder für Posttransfer eingesetzt, ohne die Dominanz von Segelschiffen in Frage zu stellen. Die europäischen Auswanderungswellen, ausgelöst durch *Landscape*-Entwicklungen wie Hungersnöte und politische Verwerfungen in Europa sowie dem Goldrausch in Kalifornien, machten die ehemalige Nischenlösung für einen allgemeinen Einsatz als Transportmittel auf See interessant. Systemischer Wandel erscheint aus Sicht der *Multi-Level Perspective* somit als Ergebnis ko-evolutionärer, sich wechselseitig verstärkender Dynamiken auf Nischen-, Regime- und Landschaftsebene: „Multi-level perspective understands transitions as outcomes of alignments between developments at multiple levels“ (Geels & Schot 2007: 399). Diese wechselseitigen Anpassungsprozesse zwischen den verschiedenen Ebenen sind voraussetzungsreich, komplex und dementsprechend selten. In Nischen entstehen zwar häufiger radikale Innovationen, diese streben jedoch – in Abb. 1 veranschaulicht durch die kleinen Pfeile – oft in verschiedene Richtungen und verflüchtigen sich wieder. Nur selten können sie sich zu sog. *niche regimes* verdichten, die den übergeordneten soziotechnischen Regimen auch nur dann gefährlich werden, wenn deren sozioökonomische Strukturen gleichzeitig instabil bzw. deren Akteurkonstellationen brüchig werden. Diese Destabilisierungen wiederum können ihren Ursprung sowohl innerhalb des Regimes als auch auf der übergeordneten *Landscape*-Ebene finden.

Bezogen auf den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit – eine nachhaltige Transformation der Bauindustrie und die besondere Rolle des Holzbaus für diesen Wandel – ergeben sich unter Anwendung der MLP verschiedene mögliche Szenarien. Versteht man den Holzbau als ein Nischenregime innerhalb der Bauindustrie, so könnte man auf Basis des Modells argumentieren, dass Entwicklungen auf *Landscape*-Ebene wie die zunehmende Wahrnehmung und Problematisierung von Klimawandel und Ressourcenknappheit, aber auch das starke Bevölkerungswachstum oder Digitalisierungsprozesse, die Bauindustrie als sozio-technisches System unter Druck bringen. Die aktuell dominanten Bauweisen sind zu ressourcen- und CO₂-intensiv, die Prozesse zu analog und ineffizient und die entstehenden Gebäude zu starr, um den Anforderungen an Klimaschutz, digitale Effizienz oder flexiblen

Wohnraum gerecht zu werden. Das Nischenregime – der Holzbau – mit seinen spezifischen Produkten, Prozessen und technologischen Lösungen scheint in vielen dieser Punkte bessere Antworten auf die drängenden Fragen der Gegenwart bereitzuhalten. Eine alternative Konzeptualisierung wäre, den Holzbau als ein eigenständiges sozio-technisches Regime zu betrachten. Für diese Auslegung würde die bereits seit Jahrzehnten etablierte Struktur der Holzbauindustrie sprechen, sowie die Existenz einiger großer Holzbauunternehmen, die nicht mehr dem Profil typischer Nischenakteure entsprechen. Dieses sozio-technische Regime wird aktuell ebenfalls auf die Probe gestellt: die Koppelung der traditionellen Vorfertigung mit neuartigen Möglichkeiten des parametrischen Design, algorithmischen Entwurf-Softwares und vollautomatisierten Produktionsabläufen, die auf den Einsatz von Robotern und *virtual reality*-Anwendungen setzen, könnten einen Wandel des modernen Holzbaus und das Aufstreben ganz anderer Strukturen und Akteure innerhalb der Holzbaubranche bedeuten.

An dieser Stelle wird deutlich, dass es sich bei der MLP um ein relativ dehnbares und nicht immer trennscharfes Konzept handelt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass ausgehend von jedwedem der o.g. Szenarien keine schlüssigen Analysen und Erkenntnisse produziert werden könnten. Vielmehr ist die MLP als ein Modell zu betrachten, welches sich in seiner Konzeptualisierung noch immer in einem Entwicklungsprozess befindet. Eine entscheidende Anpassung des Konzepts wurde von Frank Geels in seinem Artikel *Introducing Power and Politics to MLP* (Geels 2014) eingeführt. Geels reagiert damit auf die Kritik, die MLP und ihre Anwendungen hätten sich vielfach zu sehr auf Nischeninnovationen fokussiert und dabei den bestehenden Machtverhältnisse und Akteurskonstellationen und deren Strategien zum Systemerhalt zu wenig Aufmerksamkeit gezollt (Geels 2014: 23). Geels räumt ein, dass kollektive Akteure und insb. die engen Allianzen zwischen politischen Entscheidungsträger*innen und Interessensvertreter*innen aus der Wirtschaft sowie deren institutionelle, materielle und diskursive Ressourcen einen entscheidenden Beitrag zur Systemstabilisierung und Reproduktion des Status quo leisten und deshalb in der Untersuchung von Systemtransformationen – die immer auch eine teilweise Zerstörung des Status quo im Schumpeterianischen Sinn einer *creative destruction* miteinschließt – stärker berücksichtigt werden sollten:

„It is useful to enrich the regime concept with insights from political economy, which explicitly bring in collective actors and allow for a differentiated view of power, which spans politics, economics and cultural meanings and discourses“ (Geels 2014: 26).

Diese differenziertere Perspektive, die ebenso politische und ökonomische Machtgefüge wie kulturelle Bedeutungszuschreibungen und Diskurse umfasst, ist grundlegend für die Analyse von Transformationsprozessen sowie für deren Gestaltung. Es ist allerdings nach wie vor strittig, inwiefern systemische Transformationen intentional gestaltet und gesteuert werden können (Dolata 2008). Dies ist ein zentraler Kritikpunkt an den *transition*-Ansätzen, die Transformationen einerseits als schwer prognostizierbare Prozesse aus direkten und indirekten, intendierten und nicht-intendierten Veränderungen beschreiben; andererseits aber den Anspruch erheben, Konzepte zur politischen und gesellschaftlichen Gestaltung zu liefern, wie bspw. das *Strategic Niche Management*. Wenngleich die Frage nach der Steuerbarkeit von Transformationen an dieser Stelle weiterhin unbeantwortet bleiben muss, vertritt die vorliegende Arbeit im Einklang mit dem aktuellen Stand der *transition*-Forschung die Annahme, dass sozio-technische Visionen und Zukunftsbilder eine entscheidende Rolle sowohl für die Entwicklungen innerhalb der Nischen als auch für die Selektion und Integration von Nischeninnovationen in bestehende Regime spielen und dass die Analyse dieser Visionen einen Beitrag zu Verständnis und Gestaltung dieser Prozesse leisten kann.

4.6 DIE BEDEUTUNG VON SOZIO-TECHNISCHEN ZUKUNFTSVORSTELLUNGEN FÜR NACHHALTIGE TRANSFORMATIONEN

Harald Rohracher und Philipp Späth postulieren in ihrem Artikel von 2010 *The transformative power of regional discourses on socio-technical futures*: „Guiding visions play an important role in the transition management approach as a central means of mobilizing social actors and the co-ordination of dispersed agency“ (Rohracher & Späth 2010: 449). Diese *guiding visions*, die ins Deutsche am besten mit dem Begriff „Leitbilder“ übersetzt werden können, sind Rohracher zufolge von zentraler Bedeutung für die Stabilisierung von Nischenregimen, da sie „in der Frühphase der Technikentwicklung an die Stelle gemeinsamer und verbindlicher Regelsysteme treten und damit auch die Kommunikation und Kooperation von VertreterInnen unterschiedlicher ‚Wissenskulturen‘ ermöglichen“ (Rohracher 2008: 41). Leitbilder oder kollektive Zukunftsvisionen erfüllen somit im Rahmen systemischer *transitions* verschiedene wichtige Funktionen: Sie ermöglichen zuallererst eine Verständigung und Mobilisierung von Akteuren aus Wissenschaft, Industrie und Politik und tragen so zur Bildung der für Transformation so wichtigen sektorübergreifenden Akteurskoalitionen bei. Diese Mobilisierung und Versammlung von Akteurskonstellationen hinter bestimmten Zukunftsvisionen oder Leitbildern ist keineswegs neutral oder selbstverständlich, sondern einerseits interessensgeleitet und strategisch und andererseits folgenreich für den Verlauf von Wandlungsprozessen.

Welche Akteure sich mit dem Einsatz ihrer materiellen, finanziellen oder netzwerkhaften Ressourcen hinter welche Vision stellen, ist entscheidend für die Öffnung oder Schließung bestimmter Transformationspfade sowie für deren Wahrnehmung als umsetzbar, wünschenswert oder fehlgeleitet: "Collective expectations and imaginaries, their explicit claims and implied framings, prestructure which developments are considered relevant and urgent, possible or inevitable" (Konrad & Böhle 2019: 102). Schon Kemp und Co-Autoren, die zu den Entwicklern des *Strategic Niche Management* (SNM) gehören, zeigen auf, dass neben der Netzwerkbildung das „management of attention, of riding ideas into currency“ (Kemp et al. 1998: 176) zentral für die erfolgreiche Diffusion von Nischeninnovationen ist. Dies suggeriert, dass Nischenakteure ein bewusstes „management“ betreiben, also gezielt und intentional Visionen und Zukunftsbilder formulieren und vorantreiben, die ihren Interessen entsprechen. Doch auch Regime-Akteure, deren Hauptinteresse zumeist die Stabilisierung des Status quo ist, nutzen diskursive Strategien und Zukunftsvorstellungen, um ihre Position zu stärken. An dieser Stelle wird deutlich, dass sozio-technische Transformationen nie nur von einer zukunftsweisenden Vision oder einem Konsens-Leitbild geprägt sind, sondern von einem Widerstreit verschiedener Zukunftsvorstellungen, die in diskursiven Arenen miteinander konkurrieren und um Deutungsmacht ringen. Um diese Gemengelage aus Akteurskoalitionen, Interessengruppen, Versprechungen und Deutungsangeboten zu durchschauen, ist es notwendig, ein tieferes Verständnis der Struktur und Dynamik des sozio-technischen Systems, in welches sie eingebettet sind, sowie der Strategien und Interessen der relevanten Akteure zu erlangen. Rohracher beschreibt die Voraussetzung für eine erfolgreiche Analyse und Gestaltung von Transformationsprozessen wie folgt: „First of all, this effort requires a deeper understanding of the structure and dynamics of the underlying sociotechnical system and its constituents: the way actors attach their interests and strategies to certain technologies, how actors align (or enrol) new actors and how they use ‘technical’ discussions to maintain or shift power relations within the actor-network (Rohracher 2001: 143). Die *transition*-Forschung geht also konsequenterweise davon aus, dass nicht nur Interessen, Koalitionen und Ressourcen eine Rolle für die Durchsetzung einer bestimmten Leitvorstellung eine Rolle spielen, sondern auch konkrete technische Artefakte, die zentraler Bestandteil der jeweiligen Zukunftsvorstellung sind: so wäre die Energiewende ohne das Windrad undenkbar, das Elektroauto ist zum Symbol der Mobilität der Zukunft geworden und das Holzhaus könnte eventuell zum Inbegriff nachhaltigen Bauens werden. Transformationsrelevante Leitbilder sind damit nicht nur strategisch, interessensgeleitet, vielfältig und konkurrierend, sondern auch – man ahnt es bereits – sozio-technisch.

4.7 SOCIO-TECHNICAL IMAGINERIES

In der sozialwissenschaftlichen Forschung existiert eine Vielzahl an Begriffen und Konzepten, um sozio-technische Zukunftsvorstellungen zu analysieren. Zur Untersuchung des diskursiven Geschehens, das den Forschungsgegenstand der nachfolgenden Analyse darstellt, bedient sich die vorliegende Arbeit einem prominenten Konzept der *Science and Technology Studies* (STS), den *socio-technical imaginaries*, welches maßgeblich von Sheila Jasanoff und Sang-Hyun Kim entwickelt wurde (Jasanoff & Kim 2009, 2015). Die STS, um es mit den Worten Rohrachers zu umschreiben, „[...] are focusing on actors and their strategies, on the shaping power of discourses and on the construction of meaning of technical artefacts by social actors“ (Rohracher 2001: 140). In diesem Zusammenhang definieren Jasanoff & Kim *sociotechnical imaginaries* als “collectively held, institutionally stabilized, and publicly performed visions of desirable futures, animated by shared understandings of forms of social life and social order attainable through, and supportive of, advances in science and technology” (Jasanoff 2015: 4). Es handelt sich also um kollektiv geteilte und diskursiv artikuliert Vorstellungen davon, wie wissenschaftliche und technologische Entwicklungen zukünftig zu einem guten gesellschaftlichen Zusammenleben beitragen können, insb. im Wettstreit mit den Forschungs- und Entwicklungsvorstellungen anderer Staaten oder Wirtschaftsräume (Braun & Kropp 2021: 4). *Imagineries* beinhalten Annahmen darüber, wie sich bestimmte sozio-technische Zukünfte konkret entfalten könnten und welche Technologien, Artefakte, Infrastrukturen, Akteure, rechtlichen Rahmenbedingungen, sozialen Praktiken und Ordnungsmuster für ihre Umsetzung notwendig wären. Sie umfassen dementsprechend politische Szenarien, Roadmaps und Narrative ebenso wie gesellschaftliche Wert- und Wunschvorstellungen, industrielle Versprechungen und Entwicklungsstrategien sowie anvisierte Praktiken und Prozesse, die zur Konstruktion bestimmter sozio-technischer Zukünfte beitragen sollen (Konrad & Böhle 2019: 101). Die Besonderheit des Konzepts besteht darin, die Rolle von technologischen Entwicklungen und Errungenschaften in diskursiv verhandelten Zukunftsvorstellungen hervorzuheben. Die wissenschaftlich-technischen Potentiale und Perspektiven, die von konkreten Innovationen oder Produkten ausgehen, verbinden sich innerhalb eines *imagineries* mit angestrebtem gesellschaftlichen Wandel und als wünschenswert erachteten neuartigen sozialen Arrangements. *Socio-technical imaginaries* enthalten demnach immer auch Vorstellungen über sozial Erwünschtes und gesellschaftliches Wünschbares, politisch Gewolltes und ökonomisch Erstrebenswertes; kurz gesagt: über das ‚gute Leben‘ und sind damit, implizit oder explizit, politisch (Konrad & Böhle 2019: 102).

Sociotechnical imaginaries sind damit nicht nur diskursiv vermittelte, normativ aufgeladene und kollektiv geteilte Imaginationen möglicher Zukünfte, sondern sie sind verknüpft mit konkreten Technologien und Akteurskonstellationen, die diese Vision strategisch vorantreiben – mit dem Ziel, das bestehende sozio-technische System in ihrem Sinne zu verändern. Im Falle der hier vorliegenden Arbeit greifen die untersuchten Stellungnahmen, Berichte und Strategiepapiere *performativ* in die Debatte um die Zukunft des Bauens ein, indem sie Wünschbarkeit oder Nicht-Wünschbarkeit verschiedener Vorgehensweisen bewerten, konkrete Handlungsoptionen nahelegen und andere verurteilen und dabei versuchen, ihre Deutung der Realität durchzusetzen.

Insbesondere das Leitbild der Nachhaltigkeit bietet, wie eingangs bereits erwähnt, ein fruchtbares Feld für verschiedenste Interpretationen, Strategien und Konstruktionen von wünschbaren Zukünften: „The notion of sustainability is, of course, highly contested, so different actors and social groups also tend to disagree about the most desirable innovations and transition pathways for sustainability transitions“ (Köhler et al. 2019: 3). Gleichzeitig wird Nachhaltigkeit gerne als „umbrella term“ (Rip & Voß 2013) oder „empty signifier“ (Brown 2015, ausgehend von Laclau) bezeichnet, der stark divergierende Interessen „unter einem Dach“ versammeln kann. Eben deshalb gestaltet sich die Übersetzung des Nachhaltigkeitskonzepts in konkrete politische Entscheidungen, Investitionen oder soziale Praktiken häufig so konfliktuell (Rohracher & Späth 2010: 449). Rohrachers Analyse des Nachhaltigkeitsdiskurses innerhalb der Bauindustrie zu Beginn der 2000er zufolge, trifft diese Beobachtung auch in diesem Fall zu:

„Although many of the actors involved in the construction sector claim to strive for sustainability, the uniformity of this language does not mean that there is uniformity in the practice related to this discourse. The way sustainability is perceived and translated into the practice of construction differs widely between actor groups“ (Rohracher 2001: 146).

Maarten Hajer zufolge ist es typisch für Nachhaltigkeitsdiskurse, dass die strategischen Argumentationen der verschiedenen Akteurskoalitionen darauf abzielen, ihre Definition von Nachhaltigkeit durchzusetzen: „actors seek to dominate the definition of what it means to be green“ (Hajer 1995: 27). Hajer argumentiert, dass die politische Umsetzung von nachhaltigen Entwicklungsstrategien essentiell darin besteht, diese diskursiven Lagerkämpfe aufzulösen: „Politics of sustainable development have become a matter of how this notion congeals, how the language of sustainability solidifies in new technologies, new fiscal regimes, new socio-cultural practices“ (Hajer 1995: 27). Während Kemp et al. noch von einer umfassenden Steuerungskompetenz

der Politik als ausgleichende Kraft zwischen divergierenden Zukunftsentwürfen ausgingen (Kemp et al. 1998: 176), weist Rohracher darauf hin, dass politische Institutionen und Entscheidungsträger*innen selbst tief in die Akteurs- und Interessenskonstellationen eines sozio-technischen Systems verstrickt sind:

„Political institutions are not acting outside this ‘force-field’, making rational and independent decisions on institutions and the choice of technologies, but are themselves part of actor-strategies and constellations. Actor strategies thus strongly influence what is possible in politics and what is not and may counter-act the policy intentions behind new regulatory frameworks“ (Rohracher 2001: 141).

Damit wird ein weiteres Mal die Möglichkeit einer politischen Steuerung von Transformationsprozessen in Frage gestellt, bzw. mit der Bedingung verknüpft, dass politische Institutionen und Entscheidungsträger ihre eigene Position innerhalb der Akteursnetzwerke und Interessenslagen erkennen und reflektieren. Rohracher schreibt in diesem Zusammenhang optimistisch: „The more technology policy is able to reflect its situation within this actor-network and the motives and strategic moves of actors, the more effective will it be in intervening in those structures and in successfully broadening and using its available instruments“ (ebd.).

Angesichts der Dringlichkeit, eine nachhaltige Transformation der Bauindustrie rasch und effektiv zu gestalten und der Notwendigkeit, dabei die Belange und Interessen verschiedenster gesellschaftlicher Akteure zu berücksichtigen, erscheint es daher sinnvoll, die widerstreitenden Zukunftsvisionen zu untersuchen, die sich momentan im öffentlichen Diskurs über diesen Wandel herausbilden, überlagern und widersprechen und hinter denen sich verschiedene Akteurskoalitionen versammeln (Rohracher 2001: 145). Eben dies ist der Ausgangspunkt der nachfolgenden Analyse: Durch eine theoriegeleitete Untersuchung der Argumentationslinien und Diskurskoalitionen (Hajer, s. Kapitel 5), die die aktuelle Debatte über die Rolle des Holzbaus für den nachhaltigen Wandel der Bauindustrie strukturieren, soll der Blick geschärft werden für gesellschaftliche Diskussions- und Gestaltungsräume sowie Ansatzpunkte für politische Strategien. Die Methoden, nach denen im Diskursmaterial über die Zukunft des Bauens mit Holz nach *socio-technical imaginaries* gesucht wurde, werden im folgenden Kapitel erläutert.

5 METHODISCHES VORGEHEN

*IN THE CONTEXT OF THE GOVERNANCE OF INNOVATION PROCESSES
IN DEMOCRATIC SOCIETIES, SOCIAL SCIENCES IN PARTICULAR ARE INVOLVED IN
ANTICIPATORY PRACTICES. THIS IMPLIES TO A CERTAIN DEGREE AN
INTERVENTIONIST UNDERSTANDING OF SCIENCE.*

KONRAD & BÖHLE, 2019

Aufbauend auf der theoretischen Konzeptualisierung von Transformationen in einem widerständigen sozio-technischen System wie der Bauindustrie und der entscheidenden Rolle von kollektiven Visionen für Anstoß, Ablauf und Ausgang dieser Prozesse folgt nun die Untersuchung der *socio-technical imagineries*, die den aktuellen Diskurs über das Bauen mit Holz in Deutschland und Frankreich strukturieren. Der Begriff ‚Diskurs‘ im Sinne der sozialwissenschaftlichen Diskursforschung unterstellt hypothetisch, dass zwischen empirischen Daten, die zunächst als singuläre, in Zeit und Raum verstreute kommunikative Ereignisse existieren und dokumentiert sind, ein Zusammenhang besteht und ihnen eine Regel oder Struktur unterliegt (Keller 2009: 79). Ziel einer Diskursanalyse ist die theoriegeleitete Untersuchung der argumentativen Strukturen in schriftlichen oder mündlichen Stellungnahmen, sowie der Praktiken, mittels derer bestimmte Äußerungen gemacht werden. In den Geistes- und Sozialwissenschaften existieren dazu eine Vielzahl verschiedener Ansätze und Vorgehensweisen. Die nachfolgende Dokumentenanalyse orientiert sich an der von Maarten Hajer entwickelten Methode zur Analyse von Diskursen und Diskurskoalitionen, die im Bereich der Interpretativen Policy-Analyse (IPA) zu verorten ist.

5.1 GRUNDANNAHMEN INTERPRETATIVER FORSCHUNG

Die IPA ist als Weiterentwicklung der traditionellen Policy-Forschung zu verstehen, welche sich in den 1950er Jahren als „Problemlösungsdisziplin“ (Münch 2016: 4) entwickelte: durch Bereitstellung von Wissen sollten rationale politische Entscheidungen gefördert und die Lebenssituation der Menschen verbessert werden. Demgegenüber greift seit den 1990er Jahren die Erkenntnis um sich, dass die gesellschaftliche Wahrnehmung von Problemen und die Unterbreitung von Lösungsvorschlägen nicht als objektiver Mechanismus ablaufen. Stattdessen seien politische Prozesse als Kampf um Deutungshoheiten zu verstehen, innerhalb dessen verschiedene Interpretations- und Argumentationsmuster hinsichtlich der Definition von Problemen und deren Lösung miteinander konkurrieren (ebd.). Diese „interpretative Wende“ (Münch 2016), auch „*discursive turn*“ (Howarth & Griggs 2012) der Policy-Forschung war in eine intellektuelle Umwelt eingebunden, in der sich seit dem Erscheinen des Schlüsselwerks

Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit von Peter Berger und Thomas Luckmann im Jahr 1969, sowie Herbert Blumers *Social Problems as Collective Behaviours* von 1971 der Sozialkonstruktivismus zur führenden theoretischen Leitperspektive entwickelte (Münch 2016: 9). Berger und Luckmann zeigen, inwiefern die Welt einerseits in sozialen und diskursiven Praktiken von Menschen hergestellt, aber zugleich von diesen als objektiv, äußerlich und quasi naturgegeben wahrgenommen wird. Im sozialkonstruktivistischen Verständnis gibt es demnach kein „an sich“ der sozialen Welt „jenseits der Bedeutungszuschreibungen, auch wenn ihre materiale Qualität uns durchaus Widerstände entgegensetzt, Deutungsprobleme bereitet und nicht jede beliebige Beschreibung gleich evident erscheinen lässt“ (Keller 2005: 40). Die Realität sei nicht naturgegeben und objektiv, sondern gilt im Konstruktivismus als umkämpft und einer Vielzahl von Interpretationen ausgesetzt (Jacobs et al. 2004: 3). Dieses Verständnis wird bisweilen interpretiert, als würde der Konstruktivismus die Existenz einer materiellen Welt negieren. So beschreibt der interpretative Policy-Forscher Maarten Hajer, wie seine sozialkonstruktivistische Analyse der Kontroverse über sauren Regen als Ursache für das Waldsterben in den 1980er Jahren mit der zynischen Aufforderung beantwortet wurde: „Rennen Sie erst mit dem Kopf gegen einen Baum und sehen Sie dann, ob es ein Diskurs ist!“ (Hajer 2008: 212). Konstruktivistische und interpretative Forschungsperspektiven deklarieren jedoch nicht abgestorbene Bäume *an sich* als soziales Konstrukt, sondern wollen untersuchen, welche Bedeutung, welcher Sinn aus diesem Phänomen abgeleitet wird. Diese gesellschaftlichen Bedeutungszuschreibungen bringen Laclau & Mouffe anhand eines anderen Beispiels folgendermaßen auf den Punkt:

„An earthquake or the falling of a brick is an event that certainly exists, in the sense that it occurs here and now, independently of my will. But whether their specificity as objects is constructed in terms of ‚natural phenomena‘ or ‚expression of the wrath of God‘, depends upon the structuring of a discursive field“ (Laclau & Mouffe 1985: 108)

Der sozialkonstruktivistische Zugang zu gesellschaftlichen Problemen betont also, dass es nicht der tatsächliche Schaden ist, der von einem Phänomen angerichtet wird, der dieses zu einem sozialen Problem macht. Umgekehrt ist es auch nicht das „objektive“ Potential einer Lösungsstrategie, welches diese als gesellschaftlich wünschbar qualifiziert – sondern die problematisierenden und deutungszuschreibenden Aktivitäten von Akteuren in ihrem sozialen Kontext. Es ist deshalb auch nicht das Ziel interpretativer Forschung, soziale oder ökologische Probleme „aufzudecken“ oder zu argumentieren, welche Zustände als nicht tolerierbar gelten sollten oder

welche Lösung einer anderen vorzuziehen sei. Vielmehr geht es darum, auf abstrakter Ebene Prozesse der Problematisierung zu vergleichen und dabei die soziale und sprachlich vermittelte Bewertung in den Blick zu rücken (Münch 2016: 10). Sprache wird dabei nicht als neutrales Medium zur Feststellung von Tatsachen, sondern als Mittel und Ort der Bedeutungsproduktion verstanden (Hajer 2008: 212; Braun 2014: 79) und Diskurse werden, in Anlehnung an Michel Foucault, als Manifestation von gesellschaftlichen Sinnsystemen und Wissensordnungen gesehen – und gleichzeitig als Grundlage für deren Dekonstruktion und Veränderung. Vor diesem Hintergrund ist der zweite Grundgedanke der interpretativen Policy-Analyse das Verständnis von Politik als Kampf um Ideen und Bedeutungen, als ein *struggle over meaning*, der in diskursiven Arenen ausgetragen wird (Münch 2016: VII). Dies kennzeichnet das dezidiert politikwissenschaftliche Forschungsprogramm der IPA. Ihre Aufgabe sei es, „die normativen Konflikte aufzudecken, die sich hinter oftmals gleichermaßen plausiblen Interpretationen eines abstrakten Ziels verbergen“ (Münch 2016: 15).

5.2 DIE ARGUMENTATIVE DISKURSANALYSE NACH MAARTEN HAAJER

Katrin Braun (2014) argumentiert, dass eine Diskursanalyse, die sich dem interpretativen Verständnis von Politik als *struggle over meaning* verschreibt, nicht allein den Bedeutungsgehalt von Texten in den Blick nehmen darf, sondern darüber hinaus Handlungen, Prozesse und Praktiken berücksichtigen muss (Braun 2014: 79f.). Während eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zur Analyse von Diskursen existiert – Münch spricht von einer „Mannigfaltigkeit interpretativer Forschung“ (Münch 2016: VII) – widmen sich nur wenige dieser Ansätze explizit auch den Kontexten und Akteuren, in und von welchen Diskurse geformt werden. Die vorliegende Analyse orientiert sich deshalb an der von Maarten Hajer entwickelten Methode der *argumentativen Diskursanalyse*, da dieser besonders offensiv mit der Herausforderung umgeht, auch außersprachliche Elemente in die Untersuchung einzubeziehen (ebd.: 60). Hajer geht dazu von folgender Diskurs-Definition aus:

“Discourse is here defined as a specific ensemble of ideas, concepts, and categorizations that are produced, reproduced, and transformed in a particular set of practices and through which meaning is given to physical and social realities“ (Hajer 1995: 44).

Zur Untersuchung von Diskursen plädiert Hajer für eine mehrstufige Vorgehensweise, die neben der Sprach- und Textanalyse auch die diskursspezifischen Akteurskonstellationen analysiert. Dazu führt er die Konzepte „Diskurskoalition“ und „*storyline*“ ein. Hajer zufolge ist der diskursive Kampf um Deutungshoheit essentiell davon geprägt, dass sich Akteursgruppen aus unterschiedlichen sozialen Kontexten, mit

unterschiedlichen Interessen und häufig auch aus unterschiedlichen Gründen hinter bestimmten „Erzählverläufen“ (Hajer 2008) versammeln. Diese Erzählungen werden von Hajer als *storylines* bezeichnet. Dabei handelt es sich um eine generative und stark kondensierte Form eines Narrativs, die die Verdichtung einer komplexen Problem materie auf einzelne Schlagworte oder Leitsätze möglich machen, und so Verbindungen zwischen verschiedenen Argumenten herstellen (Schneider & Janning 2006: 181). *Storylines* sind Hajer zufolge das zentrale Medium, mithilfe dessen Diskurskoalitionen versuchen, ihre Sicht auf ein Problem gegenüber anderen Problemrepräsentationen durchzusetzen (Hajer 2008: 218). Damit wird jedoch nicht die Position vertreten, dass Diskurse sich einfach für die Realisierung bestimmter Akteursinteressen instrumentalisieren lassen. Im Gegenteil müsse im Sinne des Sozialkonstruktivismus davon ausgegangen werden, dass Interessen erst im Diskurs entstehen bzw. erst im diskursiven Deutungskampf bestimmte Positionen eingenommen werden (Münch 2016: 61). Der Begriff „Diskurskoalition“ bezieht sich deshalb auf das Zusammenspiel von *storylines* und Akteuren, die sich ihrer im Rahmen bestimmter Praktiken bedienen, um diese voranzutreiben, jedoch gleichzeitig in ihren Handlungsweisen von dem Diskursgeschehen beeinflusst und beschränkt sind:

Discourse-coalitions are defined as the ensemble of (1) a set of story-lines; (2) the actors who utter these story-lines; and (3) the practices in which this discursive activity is based. Storylines are here seen as the discursive cement that keeps a discourse-coalition together“ (Hajer 1995: 65).

Hajer unterscheidet zudem zwischen den Phasen der *Diskurstrukturierung* und der *Diskursinstitutionalisierung*, um den Einfluss eines bestimmten Diskurses zu bewerten. Wird ein Set von *storylines* und Argumentationsstrukturen von vielen Akteuren benutzt und verdichten sich die so gemachten Handlungsvorschläge zudem zu konkreten Handlungsweisen oder Institutionen, wie bspw. Gesetzen oder Bewertungsverfahren, so kann man diesen Diskurs Hajer zufolge als dominant bezeichnen (Hajer 2008: 217). Idealerweise umfasst eine Untersuchung von Diskurskoalitionen und ihrem Einfluss neben einer Dokumentenanalyse jedoch auch Interviews mit Schlüsselakteuren des Forschungsfeldes (ebd.: 220f.). Braun legt zudem nahe, dass eine interpretative Policy Analyse den Kampf um Deutungsmacht im Zeitverlauf verfolgen muss (Braun 2014: 77). Beides konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit aus Zeit- und Ressourcengründen nicht vollumfänglich umgesetzt werden. Die Analyse ist demnach als eine analytische Momentaufnahme jenes diskursiven Geschehens über die Zukunft des Bauens zu verstehen, welches in Form von Dokumenten schriftlich festgehalten und zugänglich ist.

5.3 KORPUSBILDUNG

Als empirische Grundlage zur Untersuchung des Diskurses über das Bauen mit Holz in Deutschland und Frankreich sowie die von verschiedenen Akteuren verwendeten Bedeutungs-, Argumentations-, und Legitimationsschemata dienten Spuren, die diese strategischen Kommunikationsprozesse hinterlassen: Berichte, Leitfäden und Gesetzesvorhaben von Ministerien und Behörden, Stellungnahmen von Berufs- und Interessensverbänden aus Holzbauwirtschaft, Architektur und Ingenieurwesen, Veröffentlichungen von zivilgesellschaftlichen Organisationen sowie wissenschaftliche Analysen und Studien. Auf Basis einer umfassenden Internet-Recherche, sowie die Teilnahme an verschiedenen einschlägigen Symposien und Konferenzen und einem Gespräch mit den Holzbauexperten Simon Aicher und Gerhard Dill-Langer der MPA Stuttgart wurden insgesamt 150 Dokumente ausgewählt, die die aktuelle Debatte über das Bauen mit Holz in Frankreich und Deutschland repräsentieren. Eine vollständige Auflistung der untersuchten Dokumente sowie der besuchten Online-Konferenzen und Symposien findet sich in Anhang 1 und 2.

5.4 ANALYSE DER DATENGRUNDLAGE NACH REGELN DER GROUNDED THEORY

Die 150 ausgewählten Dokumente wurden mithilfe der Software MaxQDA kodiert, um die zentralen *story-lines*, Problemrepräsentationen und Erwartungen, Versprechungen, Zielvorstellungen und Forderungen aber auch wahrgenommene Risiken und Ängste herauszuarbeiten, die die verschiedenen sozio-technischen *imagineries* strukturieren. An dieser Stelle muss klargestellt werden, dass einzelne Texte und Aussageereignisse nie nur einen Diskurs und diesen auch nicht vollständig abbilden. Insbesondere im Rahmen politischer Debatten hat man es Hajer zufolge charakteristischerweise mit Mischungen von Elementen aus verschiedenen Diskursen zu tun (Hajer 2008: 2017). Die Diskursanalyse versucht also durch die Aggregation von Analysen über einzelne Diskursereignisse, Aussagen über den gesamten Diskurs zu treffen. Hier wird klar, dass Diskursanalyse nicht nur theoretisch auf einem interpretativen Paradigma beruht, sondern zudem als ein interpretativer Forschungsakt zu verstehen ist, aus dem sich die Forschenden nie ganz rausnehmen können. Schwartz-Shea und Yanow zufolge gibt es kein unverfälschtes oder authentisches Verhalten der Forschungsteilnehmenden, da menschliches Handeln immer in ein Netz aus Machtverhältnissen eingebunden sei (Schwartz-Shea & Yanow 2012: 111). In einem interpretativen Verständnis werden Daten demnach zwangsläufig ko-generiert. Keller zufolge kann die Diskursforschung als „interpretative Analytik“ (Keller 2008: 82) durch theoriegeleitete Untersuchungen einzelner Aussageereignisse jedoch durchaus typische oder typisierbare Strukturelemente identifizieren, die einem Gesamt-Diskurs

zugrunde liegen. Um die Nachvollziehbarkeit der Interpretationsschritte zugewährleisten orientieren sich Erhebung und Analyse der Daten in dieser Arbeit an den Prinzipien der *Grounded Theory*, die in den 1960er Jahren von den Soziologen Barney Glaser und Anselm Strauss entwickelt wurde. Sie zählt zu den am weitesten verbreiteten Verfahren der qualitativ-interpretativen Sozialforschung (vgl. Strübing 2008). Das zentrale Element der *Grounded Theory* besteht aus den Prozessen des *Sampplings* und *Kodierens*, deren konkrete Anwendung im Folgenden beschrieben werden.

Eine wichtige Besonderheit der *Grounded Theory* ist die zeitliche Parallelität von Datenerhebung, Analyse und Theoriebildung. Für den Prozess der Datenauswahl bedeutet das, dass die Daten nicht im Vorhinein von dem Forscher oder der Forscherin festgelegt, sondern in einem Prozess des *theoretical sampling* im Laufe der Analyse gezielt ausgewählt werden. Dies war auch der Fall für die vorliegende Analyse: Die Datenbasis wurde auf Basis von Experteninterviews und einer umfangreichen Internetrecherche ausgewählt und im Laufe der Analyse sukzessive erweitert.

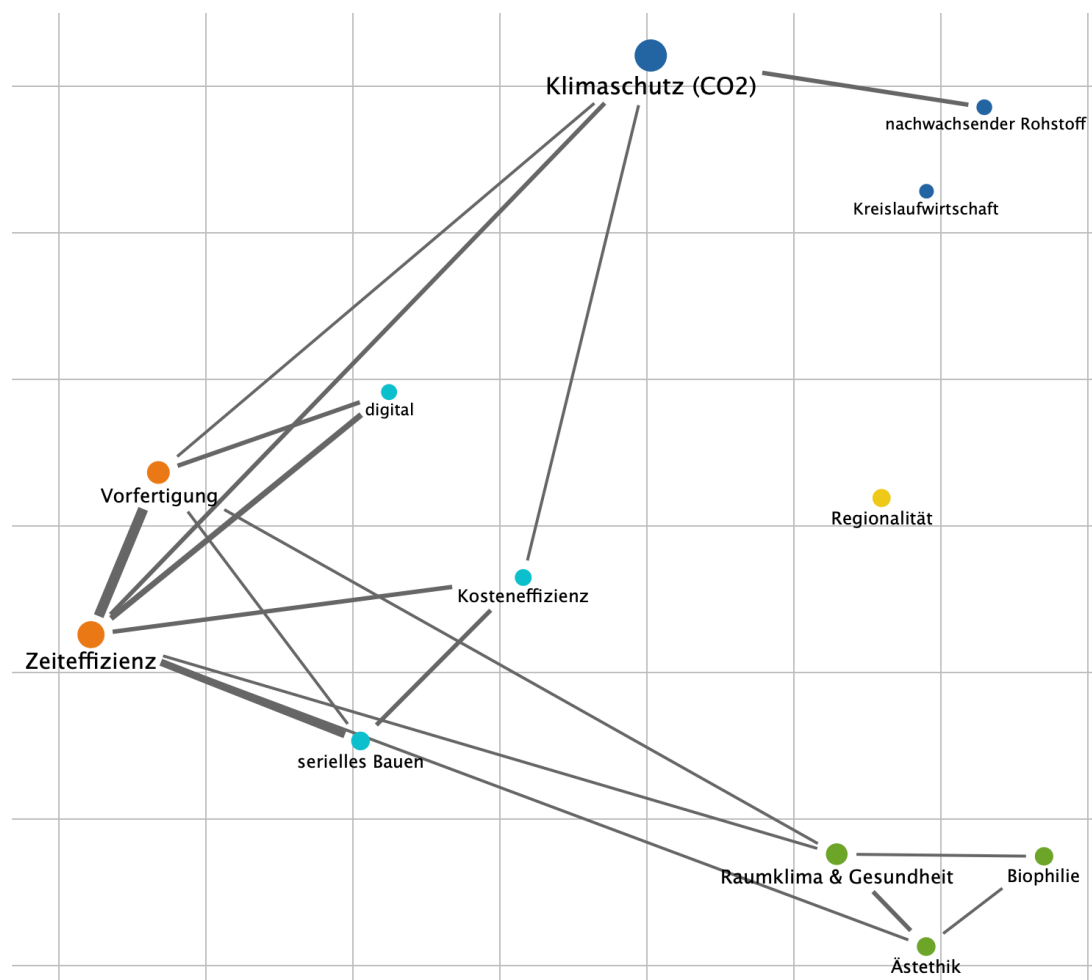
Der Auswertungs- und Interpretationsprozess nach der *Grounded Theory* wird ‚Kodieren‘ genannt. Um die verschiedenen Argumentationsstrukturen und Deutungsmuster innerhalb eines Diskurses zu entschlüsseln, durchlaufen Forscher und Forschungsgegenstand drei Phasen des Kodierens: das offene Kodieren, das axiale Kodieren und das selektive Kodieren. In der Phase des *offenen Kodierens* werden die verschiedenen Dimensionen des im Diskurs behandelten Phänomens benannt und kodiert (Codebuch s. Anhang 9.3). In diesem ersten Analyseschritt soll nicht nur der Inhalt der Texte analytisch beschrieben werden, sondern es geht darum, den empirischen Gehalt des diskutierten Phänomens, unter Einbeziehung zentraler *storylines*, Konzepte und Ideen zu erkennen und zu kategorisieren (Hajer 2008: 221). Die Phase des *axialen Kodierens* zielt darauf ab, die erstellten Kategorien zueinander in Beziehung zu setzen. Auf dieser Basis soll in der letzten Phase – der des *selektiven Kodierens* – eine zentrale Kategorie herausgearbeitet werden, um die sich alle anderen Kategorien anordnen: „Ausgehend von der zentralen Kategorie muss sich eine in sich stimmige Geschichte erzählen lassen, die alle Kategorien und ihre Beziehungen untereinander berücksichtigt“ (Schmidt et al. 2015: 44).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten vier solcher „Geschichten“, vier *socio-technical imaginaries* identifiziert werden, die ausgehend von einer spezifischen Problemrepräsentation (Bacchi 2016) konkrete Visionen für die gebaute Zukunft mit Holz entwerfen, in der sich bestimmte Akteurskonstellationen, Technologien, Prozesse und Strukturen zu einem imaginierten, alternativen sozio-technischen System zusammenfügen, welches sich bereits in unterschiedlichem Maße institutionalisiert.

6 ERGEBNISSE DER ANALYSE: VIER SOZIO-TECHNISCHE VISIONEN FÜR DIE GEBAUTE ZUKUNFT MIT HOLZ

Die Zeichen stehen auf Wandel – dies ist die erste zentrale Erkenntnis aus der Analyse der Diskurse über die Zukunft des Holzbaus in Deutschland und Frankreich. Die Forderung nach einer tiefgreifenden Veränderung des Bauens tönt als Grundtenor aus nahezu allen analysierten Dokumenten heraus. Die verstärkte Nutzung von Holz als Baustoff scheint dabei in vielerlei Hinsicht Lösungen für die aktuellen Probleme der Branche zu bieten. Die genaue Definition dieser Probleme und damit auch das konkrete Lösungspotential des Holzbaus – dies ist die zweite zentrale Erkenntnis – unterscheidet sich zwischen den vier identifizierten *socio-technical imaginaries* jedoch stark. Die diskursiv konstruierten Zukunftsvisionen weisen in verschiedene Richtungen und stützen sich auf unterschiedliche Akteurskoalitionen und Interessen. Dies verdeutlicht die Codelandkarte (Abb.2), die mithilfe der Software MaxQDA auf Basis der analysierten Daten erstellt wurde.

ABBILDUNG 2 CODELANDKARTE



QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG MITHILFE DER SOFTWARE MAXQDA.

Die Punkte in Abb. 2 stehen für die Codes der Kategorie „Vorteile des Holzbaus“. Die Größe der Punkte spiegelt die Häufigkeit ihrer Verwendung wider. Je näher die Codes beieinanderstehen, desto öfter wurden sie bei der Analyse des Datenmaterials gemeinsam verwendet. Die Dicke der Verbindungslinie zeigt an, wie häufig es direkte Überschneidungen von zwei Codierungen gab. Die Codelandkarte verdeutlicht, dass bei der diskursiven Konstruktion der Zukunftsvisionen die verschiedenen potentiellen Vorteile des Holzbaus unterschiedlich stark hervorgehoben werden. Die Gruppierungen der Codes stimmen dabei mit den zentralen *storylines* der vier identifizierten *imagineries* überein: Das erste *imaginery*, der *Ökobilanzierte Holzbau*, betont die Potentiale des Holzbaus für Klimaschutz und Kreislaufwirtschaft – auf der Landkarte in dunkelblau dargestellt. Diese stehen in der zweiten Vision, dem *Seriellen Holzbau*, eher im Hintergrund. Stattdessen dominiert in diesem Diskurs die Eignung des Holzes zur industriellen Vorfertigung von Einzelteilen und die damit einhergehende Zeit- und Kosteneffizienz (hellbau und orange). Wie die Verbindungslinien zeigen, werden in dieser Vision auch der Klimaschutz sowie gesundheitliche und ästhetische Kriterien angeführt, allerdings stehen diese Aspekte nicht im Zentrum der Argumentation. Im Gegensatz zu den engen Verflechtungen zwischen den ersten beiden *imagineries* steht der Code „Regionalität“ (gelb) abseits von den anderen Codierungen: er ist das Alleinstellungsmerkmal der Nischenvision *Frugaler Holzbau*, die auf regionale Kreisläufe und Suffizienz abzielt. Die zentralen Codes der vierten Vision, dem *Computerisierten Holzbau*, traten aufgrund der geringeren Datenlage mit keinem der anderen Codes gemeinsam auf und wurden deshalb in der hier vorliegenden Darstellung nicht berücksichtigt. Die bewusste Betonung oder Vernachlässigung der verschiedenen Eigenschaften des Holzbaus geht in jedem einzelnen *imaginery* einher mit einer entsprechenden Problemrepräsentation sowie einer konkreten Zielvorstellung, für deren Realisierung bestimmte Technologien, politische Maßnahmen, sowie das Engagement verschiedener Akteure notwendig ist. Daneben werden auch Risiken und Probleme angesprochen, die sich bei der Entwicklung in Richtung der jeweiligen Zukunftsvision ergeben könnten. Jedes *imaginery* enthält zudem nicht nur eine normativ aufgeladene Vorstellung der Technologien, Prozesse und Strukturen des Bauens der Zukunft sondern zeichnet darüber hinaus ein mehr oder weniger differenziertes städtebauliches Leitbild. An dieser Stelle ist ein Brückenschlag zu der in Kapitel 3 vorgestellten Architektursoziologie interessant, um zu beleuchten, welche Gesellschaftsordnung sich in den Vorstellungen des Holzbaus von morgen und der daraus entstehenden Architektur widerspiegelt. Die genaue Ausgestaltung der vier *imagineries* inklusive der Diskurskoalitionen, die diese Zukunftsvorstellungen strategisch vorantreiben, ist in Tabelle 1 schematisch dargestellt und wird im Folgenden ausdifferenziert.

TABELLE 1 TABELLARISCHE DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

ÖKOBILANZIERTER HOLZBAU FÜR DIE STADT VON MORGEN	SERIELLE PRODUKTION VON BEZAHLBAREN UND GESUNDEN HOLZMODULBAUTEN	FRUGALITÉ: SUFFIZIENZ, NATURNÄHE & REGIONALITÄT	COMPUTER- GESTÜTZTE CO-KREATION VON SINGULÄREN HOLZBAUTEN
---	---	--	--

Diskurs- koalition	u.a. UBA, ADEME, DGNB, BDA, BAK	Industrieverbände, DHWR, CSF, CNDB	<i>v.a. Frugalité heu- reuse et créative</i>	IntCDC, RWTH Aachen
Zielvorstellung	CO ₂ -Reduktion über den gesamten Le- benszyklus, Kreis- laufwirtschaft	Bezahlbarer und gesunder Wohn- raum bei gleichzeiti- ger Erfüllung von CO ₂ -Zielen	niedrigstmögliche Umweltauswir- kungen; regionale Rohstoffkreis- läufe, Suffizienz	Co-Design von materialeffizienten ikonische Holzbau- ten
Problemreprä- sentation	CO ₂ Emissionen und Umweltauswirkun- gen des Bauens und deren mangelnde Beachtung (insb. „graue Energie“)	Wohnungsnot, enge Zeit- und Kostenrah- men von Bauprojek- ten, geringe Produk- tivität und Effizienz der Bauindustrie	Industrielles Fort- schrittspara- digma, Zerstö- rung von Natur und Klima	lineare Prozesse und starre Struktu- ren des Bausek- tors
Vorteile von Holz	CO ₂ -bindend, nach- wachsend, geeignet für Kaskaden- und Kreislaufnutzung	Zeit- und Kosteneffi- zienz dank Vorferti- gung, kurze Bauzei- ten, Einsparung von Betriebskosten & CO ₂ gesundheitliche Aspekte	Regionaler Roh- stoff, geringe Umweltauswir- kungen, Verbindung zu Natur, tradierte Bautechnologien	ermöglicht neue Formen, parametrische Entwurfsmethoden und Modelle der Zusammenarbeit mit KI und Robo- tern
Forderungen / Maßnahmen	Gesetzliche Ver- pflichtung zur Ökobilanzierung von Gebäuden über den gesamten Lebens- zyklus	Modularisierung, Standardisierung, Digitalisierung	Bewusstseins- wandel Regionalisierung von Rohstoff- kreisläufen	Grundlegende Neuorganisation der Prozesse & Strukturen des Entwerfens und Bauens

	ÖKOBILANZIERTER HOLZBAU FÜR DIE STADT VON MORGEN	SERIELLE PRODUKTION VON BEZAHLBAREN UND GESUNDEN HOLZMODULBAUTEN	FRUGALITÉ: REGIONALITÄT & LOW TECH	COMPUTER- GESTÜTZTE CO-KREATION VON SINGULÄREN HOLZBAUTEN
Zentrale Technologien	Ökobilanzierungen, Lebenszyklusanalysen	Industrielle, serielle Fertigung von standardisierten Bauteilen und Modulen mithilfe von CAD, CAM und CNC; Nutzung von BIM zur Optimierung der Planungsprozesse	low tech, <i>biomimétisme</i>	Kombination von computerbasierten Design- und Simulationstechnologien und robotischen Fertigungsmethoden, um spezifische Potentiale des Materials zu erschließen
Zentrale Akteure	Politische bzw. staatliche Autoritäten	Holzbauunternehmen, die in internationale Wertschöpfungsketten eingebunden sind und als Generalunternehmer fungieren können	Lokale Bauherren & Handwerker*innen, Partizipation der Kommunen und Nutzer*innen schon im Planungsprozess	Architekt*innen, parametrische Entwurfssoftware, KI, Roboter
Risiken Probleme	Unsicherheit über die Verfügbarkeit von Bauholz	Internationaler Wettbewerb, Preis- und Qualitätsdumping	k.A.	Mensch-Maschine-Interaktionen
Städtebauliches Leitbild	Rückkehr zum „alten“ Leitbild der dichten Stadtkerne, Polizentralität und Multifunktionalität	Flexibilisierung der Grundrisse, Ausrichtung auf spezifische Klientel	Weitgehend autarke, in regionale Rohstoffkreisläufe eingebettete Kleinstädte,	k.A.

6.1 ÖKOBILANZierter HOLZBAU FÜR DIE STADT VON MORGEN

„WENN WIR UNS ETWAS WÜNSCHEN DÜRFTEN, WIRD IN SPÄTESTENS FÜNF JAHREN DIE CO₂-EMISSION ÜBER DEN LEBENSZYKLUS DIE ENTSCHIEDENDE ÖKOLOGISCHE ZIELGRÖÖE UND ZIRKULÄRES BAUEN MIT ÜBERWIEGEND NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN ZUM NEUEN STANDARD IM BAUSEKTOR.“

JÖRG FINKBEINER, KLAUS GÜNTER UND JEROEN MEISSNER, 2019

Die Designer des *Woodscaper*, der 2019 mit dem Bundespreis *Ecodesign* ausgezeichnet wurde, bringen so die dominanteste der vier identifizierten Visionen auf den Punkt. Mit dem *Woodscaper* haben sie zudem einen Prototyp für Holzhochhäuser entworfen, der über seine Lebenszeit mehr CO₂ einspare, als für seine Errichtung und Instandsetzung ausgestoßen wird und sortenrein rückgebaut werden könne (Bundespreis Ecodesign 2019: o.S.). Diese Bauweise entspricht sehr genau der Zukunftsvision des *Ökobilanzierten Holzbau*, der eine drastische Verringerung der CO₂-Emissionen von Gebäuden über ihren gesamten Lebenszyklus sowie die konsequente Einbindung der Baumaterialien und -produkte in eine Kreislaufwirtschaft anstrebt. Grundlage dafür soll die umfassende ökologische Bewertung und CO₂-Bilanzierung von Bauvorhaben sein. Dieses Leitbild wird von staatlichen und politischen Akteuren und Forschungseinrichtungen wie dem UBA oder ADEME, sowie in Deutschland essentiell von der DGNB und z.T. auch von den großen Architektenverbänden BAD und BAK vorangetrieben.

Ganzheitliche Ökobilanzierung anstatt Fokussierung auf Energieeffizienz

Im Zentrum der Problemrepräsentation dieses *imaginery* stehen die Emissionen und Umweltauswirkungen, die durch das Errichten und Betreiben von Gebäuden entstehen, sowie deren mangelnde politische Beachtung. Diese Kritik bezieht sich primär auf den bisherigen Fokus auf die Energieeffizienz von Gebäuden während der Nutzungsphase, welcher sich in Konzepten wie Passiv- oder Plusenergiehäusern widerspiegelt, die in den vergangenen Jahrzehnten auf beiden Seiten des Rheins stark gefördert wurden. Dieser Fokus greife jedoch zu kurz und konterkariere bisweilen sogar Klimaschutzziele aufgrund der verstärkten Verwendung von umweltschädlichen Dämmstoffen und Gebäudetechnologie. Harsche Worte findet hierzu der Bund Deutscher Architekten (BDA): „Die technische Aufrüstung zu ‚intelligenten‘ Gebäuden und das Übermaß an Dämmmaterialien haben nicht zu langlebigen und energetisch nachhaltigen Bauten geführt. Beide Konzepte sind in eine Sackgasse geraten“ (BDA 2019: 2). Ziel politischer Maßnahmen müsse es stattdessen sein, in einer ganzheitlichen Betrachtung nicht nur die Energiebedarfe während der Nutzungsphase, sondern die

Umwelt- und Klimaauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus, sowie die Recycling- und Entsorgungsmöglichkeiten der Materialien zu benennen und im Sinne von Klimaschutz und Ressourcenschonung zu begrenzen. Dieser Ruf nach mehr Ganzheitlichkeit ist grundlegend für die sozio-technische Vision des *Ökobilanzierten Holzbau*: Nicht allein die Energieeffizienz, sondern eine umfassende Ökobilanz sollte Grundlage für die Bewertung eines Bauvorhabens sein; für diese sei nicht nur die Bau- oder Nutzungsphase, sondern der gesamte Lebenszyklus entscheidend und nicht nur die einzelnen Bauteile müssten dementsprechend bewertet werden, sondern das Gebäude als Ganzes. Holz wird in dieser Hinsicht als Baumaterial präferiert, da es als CO₂-bindender und nachwachsender Rohstoff im Vergleich zu Beton und Stahl sowohl im Hinblick auf die graue Energie als auch auf seine wärmedämmenden Eigenschaften und die Recyclingfähigkeit über den gesamten Lebenszyklus betrachtet eine umwelt- und klimaschonendere Bauweise ermöglichen könnte. Die Verfechter dieser Vision sind allerdings nicht dem Holz an sich verpflichtet, sondern vor allem der Logik von Lebenszyklusanalysen oder Ökobilanzen und dementsprechend offen gegenüber anderen Materialien und Mischkonstruktionen. Ausschlaggebend sei die globale Ökobilanz, die in dieser Vision als wichtigstes ökologisches Kriterium an die Stelle der Energieeffizienz tritt. Ebenso verlangt die konsequente Umsetzung dieser Zukunftsvision den Einsatz emissionsfreier Baumaschinen im Bauprozess, eine CO₂-neutrale Energieversorgung der Gebäude sowie einen möglichst umwelt- und ressourcenschonenden Rückbau.

Gesetzliche Vorschriften für einheitliche Bilanzierung und CO₂-Grenzen

Um die zumeist schwierige Abwägung zwischen verschiedenen Baumaterialien, -teilen, und -techniken vornehmen zu können, sind die zentralen Technologien dieses sozio-technischen *imaginery* Methoden zur ökologischen Bewertung und Zertifizierung. Hier setzt sich die zentrale Problemrepräsentation – die nicht-Beachtung von Emissionen und Umweltauswirkungen – fort, denn die entsprechenden Kennzahlen zur Berechnung des ökologischen Fußabdrucks von Bauteilen existieren vielfach nicht oder müssen geschätzt werden. So schildert das ADEME:

„La publication des données environnementales des matériaux est essentielle pour y voir plus clair sur la performance des bâtiments. À l'heure actuelle, les analyses de cycle de vie se basent sur une large part de données 'par défaut' qui faussent les résultats“ (ADEME 2019: 9).

In den aktuellen Umsetzungsversuchen dieser Zukunftsvision, zu denen die selbsternannte „ökologische Mustersiedlung“ Prinz-Eugen-Park in München und das

Olympische Dorf für die Spiele 2024 in Paris gehören, setzt man aus diesem Grund auf verschiedene Behelfslösungen. Das Referat für Stadtplanung und Bauordnung in München hat zur Planung des Prinz-Eugen-Parks mithilfe der Ruhr-Universität Bochum das Kriterium „Menge an nachwachsenden Rohstoffen“ in Kilogramm pro Quadratmeter Wohnfläche (kurz Nawaro) entwickelt; die Franzosen wiederum rechnen in Kilogramm CO₂ pro Quadratmeter Material. Auch in Baden-Württemberg wird im Rahmen der Holzbau-Offensive an einer integrierten Datenbasis zur Erstellung von Ökobilanzen gearbeitet. Angesichts dieses Flickenteppichs fordern die Akteure, die hinter der Zukunftsvision des *Ökobilanzierten Holzbaus* stehen, vehement gesetzliche Vorschriften für eine einheitliche ökologische Bewertung von Bauvorhaben, sowie den Aufbau einer normierten Datenbasis mit entsprechenden Produktinformationen. Die BAK schlägt in diesem Zusammenhang vor, die EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) so anzupassen, dass sie künftig nicht nur auf die Senkung des für die Gebäudenutzung aufzuwendenden Energiebedarfs abzielt, sondern auch die für Produktion und Rückbau notwendigen Energiebedarfe berücksichtigt (BAK 2020: 3). Andere Akteure fordern zunächst eine gesetzliche Vorgabe auf nationaler Ebene.

Hier zeigen sich deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Diskursinstitutionalisierung zwischen Frankreich und Deutschland: Die Vision des *Ökobilanzierten Holzbau* wird in Deutschland zwar von einer breiten Akteurskoalition getragen, die geforderten Maßnahmen sind allerdings bislang auf Bundesebene weder strategisch noch legislativ festgeschrieben. Ausnahmen bilden die Holzbaustrategien von Baden-Württemberg und Berlin, die jedoch keine gesetzliche Verbindlichkeit haben. Die französische Regierung hingegen macht in Form der *RE2020* strenge gesetzliche Vorgaben für die ökologische Bewertung von Bauvorhaben. Das Gesetz sieht eine flächendeckende Einführung von Lebenszyklusanalysen bis 2025 vor und definiert klare CO₂-Grenzwerte für Neubauten, die progressiv kleiner werden. Bis 2031 soll bspw. der maximale Grenzwert für Einfamilienhäuser in Kilogramm CO₂ pro Quadratmeter um mehr als 30 Prozent im Vergleich zum aktuellen Referenzwert gesenkt werden (MTE 2021: 9). Während die Vision des *Ökobilanzierten Holzbaus* grenzübergreifend sehr präsent ist (*Diskursstrukturierung*) und staatliche bzw. politische Autoritäten in beiden Ländern gleichermaßen als zentrale Akteure gesehen werden, herrschen in Deutschland bislang freiwillige Zertifizierungen, bspw. mit dem Bewertungssystem *Nachhaltiges Bauen* des BMI oder den Gütesiegeln der DGNB vor. Als Ergänzung dazu fordert die Fraktion der Grünen im Bayrischen Landtag finanzielle Anreize wie einen CO₂ Bonus für den Einsatz von Holz als regionalem, Kohlenstoff-speichernden und nachwachsenden Baustoff (Bündnis 90/Die Grünen 2019: 1).

Auch was die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft im Bausektor angeht, verbindet die Akteurskoalition in Deutschland ebenso wie in Frankreich zwar die gleiche Vision, die Umsetzung unterscheidet sich jedoch stark: während Frankreich auch hier im Rahmen der *RE2020* Anteile an recyceltem Material für jedes neue Bauvorhaben per Gesetz vorschreibt, moniert das Umweltbundesamt (UBA), dass die bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen in Deutschland eher zu einer unzureichenden Getrenntsammlung von Altholz beitragen würden (UBA 2020: 23). Während also ein sozio-technisches *imaginery* nicht vor Landes- und Staatsgrenzen Halt macht, hängt seine Umsetzung dennoch stark von politischen Strukturen und Kulturen ab. Der Konzeptualisierung von Jasanoff & Kim folgend unterscheiden sich *socio-technical imaginaries* jedoch nicht nur *par défaut* zwischen Staaten oder Regionen, sondern werden auch explizit zur nationalstaatlichen Abgrenzung und Profilierung genutzt (Jasanoff & Kim 2015). Dies zeigt sich bei der diskursiven Konstruktion der Vision des *Ökobilanzierten Holzbaus* ganz besonders: Frankreich nutzt die Gestaltung des Olympischen Dorfs, welches zu einem Großteil in Holzbauweise geplant ist, als Möglichkeit, sich international als Vorreiter in Sachen Klimaschutz im Bausektor zu positionieren:

„Les jeux sont l’occasion de démontrer au monde que la France rejoint le peloton de tête des pays constructeurs en bois et que l’événement s’inscrit dans la sobriété énergétique appelée de ses vœux par le Gouvernement (...). C’est une occasion de faire rayonner le savoir-faire français dans le domaine de la ville durable et de la transition post-carbone” (FranceBois2024 2019: 3).

Auch in Baden-Württemberg ist das erklärte Ziel der Holzbau-Offensive, sich als Vorbild einer klimabewussten Baukultur zu etablieren und die Selbstbetitelung des Prinz-Eugen-Park als „ökologische Mustersiedlung“ spricht in dieser Hinsicht für sich.

Die Gretchenfrage nach der Verfügbarkeit und Herkunft des Holzes

Trotz aller Zuversicht und nationalem wie regionalem Stolz, der ein wichtiger Treiber dieser Zukunftsvision zu sein scheint, klingen bisweilen auch Zweifel, Risiken und erwartbare Probleme für diese vorgestellte Zukunft des Holzbaus an. So wird der enorme Aufwand gefürchtet, der für die flächendeckende Einführung von Ökobilanzierungen und Lebenszyklusanalysen für jedes einzelne Bauteil und Bauvorhaben notwendig ist. Gerade für kleinere Bauvorhaben stünde dieser angesichts der fehlenden Datenbasis sowie bürokratischer Hürden momentan in keinem Verhältnis. So entgegnet der Holzbauunternehmer Konrad Merz in einem Interview des Magazins *baumeister* auf die Frage, inwiefern Holzbauteile recycelt werden können:

„Unsere Gesellschaft hat sozusagen ein Jahrhundert lang nur betoniert. Jetzt gibt es ein Revival des Holzbaus, und da wollen plötzlich nicht nur alle mit Holz bauen, sondern es soll auch noch aus lokaler Produktion, zertifiziert und leimfrei sein, am Nutzungsende sortenrein getrennt und recycelt werden können und so weiter. Oft ist das ein bisschen viel auf einmal“ (Gunßer 2020: 141f.).

Dieses Gefühl der Überforderung wird typischerweise von Akteuren zum Ausdruck gebracht, die selbst im Holzgewerbe tätig sind und den hohen Ansprüchen des *Ökobilanzierten Holzbaus* skeptisch gegenüberstehen.

Der größte wunde Punkt der Zukunftsvision des *Ökobilanzierten Holzbau* liegt jedoch in der Frage nach der ausreichenden Verfügbarkeit des Rohstoffs Holz:

„Wo kommen die Teile her, wie lange sind sie im Einsatz, wo gehen sie hin und welche Auswirkungen haben sie auf unsere Ökosysteme? Kommt das Holz aus lokalen Ressourcen, wie viele neue Wälder brauchen wir für den Umbau der Substanzen und welchen Wert haben diese Wälder darüber hinaus auch für die Biodiversität und Freizeitgestaltung?“ (BBSR 2021: 16).

Diese Fragen, so formuliert vom Referat Forschung und Bauwesen des BBSR, treibt die Diskurskoalition um, die hinter der Vision des *Ökobilanzierten Holzbaus* steht. So versucht das UBA zwar, das Steigerungspotential der Holzbauquote abzuschätzen, verbleibt aber in einer großen Unsicherheit: Diese Quote läge „(...) für die Periode 2013-2052 ohne Erhöhung der Holzimportmengen und bei konstanter Derbholznutzung aller anderen Wirtschaftszweige je nach Waldhandlungsszenario zwischen 11 und 220 %“ (UBA 2020: Potentiale von Bauen mit Holz). Das ADEME, welches in Frankreich eine vergleichbare Rolle spielt wie das UBA in der Bundesrepublik, wagt in dieser Hinsicht eine klarere, wenn auch pessimistischere Prognose: „Il apparaît clairement que, pour le bois d'oeuvre résineux, même un scénario sylvicole dynamique ne permettra pas de répondre à l'horizon 2035 à la totalité de la consommation attendue“ (ADEME et. al. 2019: 18). Angesichts des besorgniserregenden Zustands der Wälder in Europa (Forzieri et al. 2021) sowie drohender Konkurrenz um den Rohstoff Holz, der in einer Bioökonomie auch zur energetischen Verwendung sowie für den Herstellung einer Vielzahl anderer Produkte sehr gefragt ist, schwebt die Frage nach der Verfügbarkeit von qualitativem Holz wie ein Damoklesschwert über dieser Zukunftsvision des Holzbaus. Diese Herausforderung weist weit über die Bauindustrie hinaus und auf tiefe Konflikte über Landnutzung zwischen Forst- und Agrarwirtschaft sowie Urbanisierung hin. Auch innerhalb der Vision des *Ökobilanzierten Holzbaus* muss die Gretchenfrage nach der ausreichenden Verfügbarkeit von nachhaltig

geforstetem Bauholz ohne zufriedenstellende Antwort verbleiben. Die Treiber dieses Diskurses verweisen auf die Zuständigkeit der Politik für eine verpflichtende Zertifizierung von Holz und Wäldern, sowie die Notwendigkeit eines Waldumbaus hin zu klimaresistenteren Baumarten und den Forschungsbedarf zu deren Verwendung im Bau.

Das städtebauliche Leitbild des *Ökobilanzierten Holzbau*

Die Zukunftsvision des *Ökobilanzierten Holzbau* begnügt sich nicht mit der Betrachtung einzelner Gebäude, sondern zeichnet darüber hinaus ein sehr differenziertes Bild von einer wünschenswerten Quartier- und Stadtgestaltung. Analog zum Ganzheitlichkeits-Anspruch für die Errichtung von einzelnen Gebäuden erfolgt auch die Ausweitung des Betrachtungshorizont auf das „klimaneutrale Quartier“ (DGNB 2020: 5) unter den Geboten der Ganzheitlichkeit und Ausgewogenheit. Dabei wird eine Siedlungsstruktur imaginiert, die sich durch einen möglichst geringen Flächenverbrauch auszeichnet, sowie durch verdichtete, nutzungsgemischte Siedlungen, in denen dennoch Freiflächen zum Schutz von Biodiversität erhalten bleiben. Außerdem sei, so die politische Handlungsempfehlung der DGNB, die „implizierte Mobilität“ (ebd.) einzubeziehen, da auch optimierte Quartiersstrukturen und Verkehrskonzepte ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Konkrete Umsetzungsversuche dieses Leitbilds einer mit Holzstrukturen verdichteten Siedlungsstruktur sind der Prinz-Eugen-Park sowie der für Wolfsburg entwickelte Master Plan, der sich durch eine klare Abkehr von der autogerechten Stadt kennzeichnet: „The range of mobility options results in a layered city fabric, tied more to the scale of the person than the scale of the car.“ (Hickmann 2020: o.S.) Vor diesem Hintergrund wird die städtebauliche Vision des *Ökobilanzierten Holzbau* häufig als eine Rückkehr zum „alten Stadtbild dichter Stadtkerne im Gegensatz zum modernen Leitbild der „aufgelockerten, durchgrünten, autogerechten Stadt“ gedeutet (Bayerische Gemeindezeitung 2020). Während die historischen gewachsenen, dichten Stadtkerne zu Beginn des 20. Jahrhunderts (Kap. 2) als unmodern abgetan und insb. in Frankreich durch ein *étalement urbain*, sowie die Verlagerung von Einkaufsmöglichkeiten auf die *grandes surfaces* an den Siedlungsrändern abgelöst wurde, scheint heute eine Stadt der kurzen Wege mit einer hohen Bebauungs-, Einwohner- und Erlebnisdichte wieder als wünschenswert. Mindestens ebenso vehement, wie man damals versuchte, die Nachteile verdichteter, enger Siedlungen hervorzuheben, wird heute gegen den von modernen Siedlungsstrukturen vorangetriebenen „Flächenfraß“ sowie die „Verödung von Stadtkernen“ gewettert: „Wir müssen zeigen, dass beispielsweise der ungebremsste Flächenfraß, der Vorrang von Neubauten oder der Mobilitätsfetisch nicht alternativlos sind. Ansonsten brauchen wir

über eine Zukunft nicht mehr nachzudenken“ (BDA 2019: 4). Auch auf politischer Ebene wurden in beiden Ländern Ziele zur Vermeidung von neuer Flächenversiegelung und zur Verdichtung bestehender Siedlungen festgesetzt – in Frankreich strebt man eine "zero artificialisation nette" an. Die Diskurskoalition des *Ökobilanzierten Holzbaus* argumentiert, dass Holz als Baustoff in vielerlei Hinsicht zur Realisierung dieses Leitbilds beitragen könne. Holzmodule seien durch ihr geringes Gewicht in besonderer Weise für Aufstockungen und Nachverdichtungsmaßnahmen geeignet. Anstelle weiterer Flächenversiegelung wird so die Integration neuer Baustrukturen mit exzellenter Klimabilanz auf oder an bestehende Gebäude angestrebt, ein „Wohnen obendrauf“ (Informationsdienst Holz 2009: 6). Im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung und Bewertung von Gebäudebeständen und Quartieren könnten so „im Sinne einer Geschwisterlichkeit“ (DGNB 2020: 5) Neubauten und Nachverdichtungen mit optimalen ökologischen Standards das ausgleichen, was Bestandsgebäude oder denkmalgeschützte Bauten hinsichtlich CO₂- und Energieeffizienz nicht leisten könnten.

Das Naturmaterial Holz könne zudem dabei helfen, den Spagat zwischen Verdichtungsmaßnahmen und der Auflockerung und Belebung von Siedlungen durch gemeinschaftlich genutzte Grünflächen zu ermöglichen. Holzfassaden würden aufgrund des Geruch sowie die Haptik des Materials den Eindruck erwecken, in einer ökobilanzierten Stadt von Natur umgeben zu sein. Die von dem französischen Industrieverband FBIE durchgeführte Studie *Cadre de vie – Demain le Bois* bringt die Hoffnungen, die auf den Holzbau für die Gestaltung verdichteter und ökologischer Quartiere projizierte werden, nochmals auf den Punkt:

“Cette thématique de recherche vise à explorer dans quelle mesure le bois peut être un moyen de répondre au défi de l’urbanisation et d’accompagner la densification du monde dans une logique de performance économique et écologique. Elle est particulièrement centrée sur l’utilisation et les avantages du bois dans la surélévation, mettant en relief son caractère biosourcé et la légèreté des constructions. Elle investit également sur des évolutions d’ordre sociologique, comme le rôle des espaces naturels dans l’environnement urbain. Sur ce point, les travaux de recherche s’attachent à qualifier la perception du matériau bois dans l’ambition de bâtir des villes respectueuses de la biodiversité.” (FBIE 2018: 15)

Neben dem Schutz der Biodiversität sollen durch die zur gemeinschaftlichen Nutzung designierten Freiflächen auch neue Formen des Zusammenlebens, des *vivre ensemble* ermöglicht werden. So zielen die hier vorgestellten Quartiere, in denen sich das

städtebaulichen Leitbild des *Ökobilanzierten Holzbau* bereits heute konkretisiert und materialisiert auf eine Zusammensetzung unterschiedlicher Wohnbedürfnisse, Einkommensgruppen und Haushaltsverhältnisse. Auch in Frankreich gibt es Beispiele, die diesen städteplanerischen Anspruch mithilfe von Holzbauten umzusetzen versuchen, wie bspw. das Quartier *Orfèvres* in Trévoux an der Saône:

“La dimension ‘éco’ des Orfèvres ne s’arrête pas aux performances chiffrables. Notre projet couvre toutes les facettes du cadre de vie des habitants du quartier, de la protection de la biodiversité aux mobilités douces en passant par le “vivre ensemble”, qui constitue le fil rouge de l’ensemble du programme” (ADEME 2019: 8)

Zusammenfassend lautet das zentrale Argument der Diskurskoalition des *Ökobilanzierten Holzbau* im Hinblick auf seine Qualitäten des Holzbaus für Stadt- und Quartiersgestaltung, dass Holz prädestiniert sei, um ein alternatives, verdichtetes und ökologisches, generationen- und gruppenübergreifendes Miteinander zu fördern (Gruber 2019). Derlei Aussagen könnten interessante Anknüpfungspunkte für architektur- und stadtsoziologische Arbeiten bieten.

Dieses erste *socio-technical imagery* des *Ökobilanzierten Holzbau* wird beiderseits des Rheins von einer starken Koalition von Akteuren aus der politischen und staatlichen Sphäre, einem Großteil der deutschen Architektenschaft in Gestalt von BDA und BAK sowie der DGNB getragen. Es verschreibt sich einer ganzheitlichen Perspektive auf die Umwelt- und Klimaauswirkungen des Bauens und will Wege in eine ökobilanzierte Baukultur und Stadtgestaltung aufzeigen, in der Holz als CO₂-bindender, recycelbarer und nachwachsender Rohstoff eine entscheidende Rolle spielt. Wenngleich Ganzheitlichkeit als Leitmotiv dieser sozio-technischen Zukunftsvision verstanden werden kann, werden auch in diesem Diskurs – wie für strategische Diskurse typisch – bestimmte Fragen nicht gestellt und spezifische Konfliktpunkte ausgeblendet. Die Frage nach der Bezahlbarkeit des erschaffenen Wohnraums und auch die notwendige Veränderung der linearen und fragmentierten Planungs- und Arbeitskultur der Bauindustrie finden keine Beachtung. Diese Punkte stehen dafür im Zentrum der Vision einer seriellen Produktion von Holzmodulbauten, die auf den folgenden Seiten erläutert wird.

6.2 SERIELLE PRODUKTION VON BEZAHLBAREN UND GESUNDEN HOLZMODULBAUTEN

„WERDEN DIE POLITISCHEN RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN HOLZBAU WEITER VERBESSERT, WIRD EINE ZUKUNFTSFÄHIGE BAUWIRTSCHAFT GESCHAFFEN, DIE KLIMA UND NACHHALTIGKEIT MIT EINER PRODUKTIVITÄTSSTEIGERUNG SOWIE DER ZÜGIGEN SCHAFFUNG KOSTENGÜNSTIGEN UND QUALITATIVEN WOHNRAUMS VERBINDET.“

DHWR, 2020

Ziel der zweiten sozio-technischen Vision für die Zukunft des Holzbaus ist die Überwindung der als vorindustriell kritisierten Fragmentierung der Bauindustrie und ihrer handwerklichen Orientierung am Einzelprojekt zugunsten einer seriellen Produktion standardisierter Bauteile aus Holz. Man verspricht sich davon den Anschluss der Bauindustrie an die Effizienz und Produktivität anderer Industriezweige sowie die Einsparung von Zeit und Kosten. Diese Vision wird vornehmlich von Industrieverbänden, wie dem Deutschen Holzwirtschaftsrat (DHWR), dem Comité Stratégique de la Filière Bois (CSF), dem Comité National pour le Développement du Bois (CNDB) vorangetrieben. Auch in Strategiepapieren des BBSR und der Holzbau-Offensive Baden-Württemberg finden sich zentrale Argumentationsstränge dieser Vision, die somit von einer breiten Diskurskoalition getragen wird.

Steigerung der Zeit- und Kosteneffizienz durch serielle Vorfertigung

Die Problemrepräsentation dieses Diskurses zeichnet das Bild einer Bauindustrie, deren Produktivität seit Jahrzehnten stagniert und die es versäumt, industrielle und digitale Errungenschaften zu nutzen, um ihre Effizienz- und Rentabilitätsprobleme zu lösen. Die Nicht-Einhaltung von projizierten Zeit- und Kostenrahmen bei Bauvorhaben jedweder Größe sei eher die Regel als die Ausnahme, ebenso seien Baufehler aufgrund mangelnder Absprachen an der Tagesordnung. Besonders frappierend sei dies bei öffentlich finanzierten Projekten wie Krankenhäusern, Bildungseinrichtungen oder Alten- und Pflegeheimen, deren Errichtung sich häufig über Jahre hinzieht und nicht selten von juristischen Auseinandersetzungen zwischen Auftraggebern und Bauausführenden begleitet ist. Die aktuellen Organisations- und Produktionsstrukturen der Bauindustrie hätten sich dementsprechend als unfähig erwiesen, dringend benötigte Wohn- und Arbeitsräume in ausreichender Zahl und ansprechender Qualität bereitzustellen. Die Hauptmotivation dieses *imaginery* liegt darin, ein Bausystem zu entwerfen, welches durch eine deutliche Steigerung der Effizienz und Produktivität des Bauens zur Überwindung dieser misslichen Lage beiträgt und zudem Bauwerke von besserer Qualität und Verträglichkeit für Mensch und Umwelt bereitstellt.

Konkret zielt diese sozio-technische Vision darauf ab, Prozesse und Prinzipien der industriellen Massenproduktion auf den Bausektor zu übertragen, indem standardisierte Bauteile oder ganze Raummodule fabrikmäßig vorgefertigt und auf der Baustelle nur noch zusammengesetzt werden. Die serielle Vorfertigung im Werk (*off-site fabrication, construction hors-site*) ermögliche deutlich kürzere Bauzeiten, sowie die konsequente Einhaltung von Zeit- und Kostenplänen, da abseits von den Unwägbarkeiten der Baustelle gearbeitet werden könne. Zudem würden durch die Massenproduktion von Wandmodulen, Türstöcken und Fenstern, Skaleneffekte zur Reduktion der Kosten erzielt. Holz wird in diesem *imaginery* als „Hochleistungsbaustoff“ (Gruber 2020a) dargestellt, dessen Eignung zur industriellen Vorfertigung zu sprunghaften Effizienz- und Produktivitätssteigerungen des Bauens und somit zur Erschaffung gesunder, qualitätvoller und gleichzeitig preiswerter Gebäude beitragen würde. Im Vergleich zum chaotisch anmutenden Zusammenwirken verschiedener Akteure und Gewerke in konventionellen Planungsprozessen und auf der Baustelle würde dank der für die Vorfertigung notwendigen engen Abstimmungen zwischen Planung, Fertigung und Montage außerdem die Anfälligkeit für Planungs- und Baufehler verringert: „Anders als kosten- und zeitintensive Unikate erlaubt der serielle Bau die wetterunabhängige Vorfertigung in Hallen und schließlich eine schnelle Montage auf der Baustelle“, so das Versprechen des DHWR (2020a: 2).

Die vielfältigen Vorteile der Vorfertigung von Holzmodulen

Die *off-site fabrication* standardisierter Bauteile ist der Dreh- und Angelpunkt dieses sozio-technischen *imaginery*, und gleichzeitig das Alleinstellungsmerkmal des Holzbaus im aktuellen Materialkanon. So heißt es von einem Vertreter der französischen Holzbauindustrie: „Ne pas comprendre que la construction bois c’est de la construction hors-site, c’est courir le risque de ne pas la voir se développer“ (Chazal 2021).

Die Diskurskoalition, die hinter dem seriellen Holzbau steht, versteht diese Bauweise als Inbegriff des „modernen“ Bauens. In diesem Sinne argumentiert ein Architekt in der Branchenzeitschrift *holzbauaustria*:

„Wir sind vom modernen Holzbau total überzeugt. Dieser ist dank seiner Digitalisierung mit der Geschwindigkeit unserer heutigen Gesellschaft mitgegangen. Konventionelle Baustoffe bringen diese Leistung nicht. Gibt ein Projekt einen engen Zeitrahmen vor, kann das nur ein Holzbau schaffen. Die Zement- und Betonindustrie empfinden wir diesbezüglich als überholt“ (Gruber 2020a).

Hier wird deutlich, dass sich die „Modernität“ des seriellen Holzmodulbaus vorrangig in zwei zentralen Attributen ausdrückt: Kosten- und Zeiteffizienz. Das Stichwort

„Digitalisierung“ bezieht sich hier auf die oben beschriebene (Teil-) Automatisierung der Fertigungsprozesse mithilfe von CAD, CAM und CNC-Anlagen. Die Verlagerung der komplexen Fertigungsprozesse in die Werkshalle erlaube es außerdem „auch Facharbeitern über 40, die sich auf den Baustellen nicht mehr so wohlfühlen, daran zu arbeiten. Im Werk können sie ihre große Erfahrung einbringen“ (Jaeger 2020: 45). Als weitere Vorteile der Vorfertigung wird die geringere Belastung der Anwohner durch Baustellenlärm und -schmutz genannt. Primäres Anliegen des industrialisierten, seriellen Bauens mit Holz bleibt jedoch die Steigerung der Zeit- und Kosteneffizienz des Bauens. Kürzere Bauzeiten und die Einsparung von Kosten werden in einer Vielzahl der analysierten Dokumente als ausschlaggebende Kriterien für die Wahl einer Bauweise mit seriell vorgefertigten Holzmodulen angegeben. Eine typische Argumentation findet sich in einem Artikel der Branchenzeitschrift *holzbauaustria*:

„Dem Hochleistungsbaustoff sei Dank, entschied sich die Stadtverwaltung schließlich für eine Konstruktion aus dem ökologischen und gesunden Baumaterial. ‚Dabei waren ein enger Zeit- und Kostenrahmen die ausschlaggebenden Faktoren und spielten dem Holzbau voll in die Karten. Kein anderer Baustoff wäre in diesem Fall billiger oder schneller gewesen‘, so der zuständige Architekt“ (Gruber 2020a).

In dieser Argumentation wird auch das Nachhaltigkeitsverständnis deutlich, welches dieser sozio-technischen Zukunftsvision zugrunde liegt: ökologische Nachhaltigkeit wird bei dem Bauen mit Holz als Selbstverständlichkeit angesehen, als natürliche Eigenschaft des Holzes, welches bekanntermaßen mithilfe von Photosynthese CO₂ in seinen Zellstrukturen binden und langfristig speichern kann. Auf dieser Basis wird Holz im Diskurs des seriellen Holzbaus zum Klimaschützer schlechthin erhoben:

„Klimafreundlicher als mit Holz lässt sich kaum bauen. Holz nimmt unter den Baustoffen eine Sonderstellung ein, denn es wird nicht künstlich hergestellt, sondern wächst natürlich. Photosynthese, nachhaltige Forstwirtschaft und Bauen mit Holz bilden eine ausgereifte und hocheffiziente CO₂-Speichertechnologie – ohne Risiken und Nebenwirkungen (Bayerische Gemeindezeitung 2020: 78)

Insbesondere der Halbsatz „ohne Risiken und Nebenwirkungen“ dürfte nach der Lektüre des Diskurses über *Ökobilanzierten Holzbau* aufhorchen lassen. Besorgnisbekundungen über den Zustand der Wälder, Abwägungen zwischen Klima- und Naturschutz und Bemühungen um einen ganzheitlichen Blick auf Lebenszyklen von Produkten und Ökobilanzen sucht man in den Argumentationen der Verfechter des

Seriellen Holzbaus vergeblich. Dieser Diskurs ist damit ein gutes Beispiel dafür, wie das Konzept der Nachhaltigkeit als *empty signifier* dazu dienen kann, eine bestimmte Technologie oder Produktionsweise als *per se* nachhaltig darzustellen.

Holz als gesunder Baustoff

Neben der Kosten- und Zeiteffizienz sowie der als selbstverständlich dargestellten ökologischen Nachhaltigkeit werden in diesem Diskurs über den Holzbau der Zukunft die positiven Auswirkungen des Materials auf die Gesundheit besonders hervorgehoben. Holz reguliere auf natürliche Weise das Raumklima und senke somit nachweislich den Blutdruck: „Holz senkt den Herzschlag, auch wenn es aufregend schön aussieht“, heißt es in einem Papier der Holzbau-Offensive Baden-Württemberg (2018: 7). Deutsche wie französische Industrieverbände bringen wissenschaftliche Studien vor, die die physiologischen und psychologischen Vorzüge des Materials im Vergleich zu Stahl, Beton oder Aluminium belegen (FBIE 2018 & FCBA 2020). Insbesondere sog. „sensiblen Gruppen“ könnte mithilfe des Holzmodulbaus gesündere und würdevollere Wohn- und Lernräume geboten werden:

„Toutes ces recherches démontrent les bienfaits sur la santé de la présence de bois dans l'environnement intérieur immédiat. Les effets constatés touchent aussi bien à la santé psychique que somatique. Entre autres, l'influence positive sur la pression artérielle, le rythme cardiaque, la vue, mais aussi sur les capacités cognitives et le stress caractérisent la capacité du matériau bois à répondre aux exigences sociologiques de notre époque. Le bois naturel présente, par ailleurs, des propriétés antibactériennes qui en font un matériau de prédilection pour l'aménagement des lieux de vie des personnes à forte sensibilité: jeunes enfants, personnes âgées et malades" (FBIE 2018: 20).

Zusammenfassend fußt die Zukunftsvision der *Seriellen Produktion von Holzbauten* auf zwei Argumentationssträngen über die besonderen Vorteile dieser Art des Holzbaus: Auf der Prozessebene trage serielle Vorfertigung standardisierter Einzelteile zu einer Reduktion der Planungs- und Bauzeiten sowie der Komplexität und damit der Kosten bei. Auf der Ebene der Produkte – der Gebäude – kommen die natürlichen Eigenschaften des Holzes positiv zum Tragen, namentlich seine Fähigkeit CO₂ zu binden und langfristig zu speichern sowie die positiven Auswirkungen des Materials auf die menschliche Gesundheit.

Modularisierung, Standardisierung und digitale Integration der Prozesse

Die Technologien, die im Mittelpunkt dieses *imaginery* stehen, sind im Holzbau bereits seit den 1990er Jahren essentiell zur Vorfertigung von Einzelteilen. Die dafür eingesetzten CNC-Maschinen erlauben durch eine computernumerische Steuerung (*computerized numerical control*, CNC) den automatisierten Abbund von Holzbauteilen in hoher Taktzahl. Dazu werden die Maßzahlen der benötigten Bauteile entweder manuell in eine Steuerungssoftware eingegeben, oder direkt aus digitalen Designprogrammen (*computer aided design*, CAD) in die Maschinensteuerung übertragen (*computer aided manufacturing*, CAM). In diesen teilautomatisierten Fertigungsprozessen können auch komplexe Bauteile mit großer Präzision gefertigt werden. Die genuin neue Idee der sozio-technischen Vision des *Seriellen Holzbaus* ist auf dieser Basis die Durchsetzung einer weitestmöglichen Modularisierung und Standardisierung der Vorfertigung sowie eine immer weitere Verschmelzung von digitaler Planungs- und Steuerungstechnologie. Ebendies sind auch die zentralen Forderungen der Diskurskoalition, die diese Zukunftsvorstellung strategisch vorantreibt: Modularisierung, Standardisierung und digitale Integration von Planungs-, Fertigungs- und Bauprozessen.

Modularisierung meint eine Verschiebung der Fokussierung des gesamten Baugeschehens von der Ebene der Gebäude auf die Ebene der Bauteile bzw. Raummodule. Zwar werden auch ganze Häuser, sog. Fertighäuser, aus Holz oder anderen Konstruktionsmaterialien ab Werk schlüsselfertig hergestellt, diese stehen allerdings nicht im Zentrum der hier vorgestellten sozio-technischen Zukunftsvision. Vielmehr werden der Idealvorstellung des seriellen, modularisierten Holzbaus entsprechend Gebäude gewissermaßen „von Projekten zu Produkten, ‚[f]rom projects to products‘ (McKinsey & Company 2019; Braun & Kropp 2021) – ein Trend, den auch Braun & Kropp in ihrer Untersuchung der Visionen für eine digitale Transformation der Bauindustrie beschreiben. Die angestrebte Industrialisierung, Automatisierung oder Robotisierung der Fertigungsprozesse im Holzbau nach dem Vorbild des Automobil- oder Flugzeugbaus sei ohne eine Modularisierung nicht denkbar: „Modulare Konstruktion gibt es zwar auch ohne Automatisierung und Robotisierung, automatisierte und roboterisierte Massenproduktion von Bauelementen jedoch nicht ohne Modularisierung“ (Braun & Kropp 2021). Um das erklärte Ziel einer Steigerung von Kosten- und Zeiteffizienz durch industrielle Massenproduktion zu erreichen, müsse diese Modularisierung Hand in Hand gehen mit einer Standardisierung im Hinblick auf die zu produzierenden Bauteile. Die erhofften Skaleneffekte könnten nur erzeugt werden, wenn eben nicht – wie aktuell gängige Praxis – für jedes Bauprojekt bei Null angefangen würde

und individuelle Grundrisse, Wand- und Deckenmodule, Stützen sowie Verbindungsstücke entworfen und berechnet werden müssten. Stattdessen sollen Planer*innen zukünftig auf Typenentwürfe und einen Katalog an Standardbauteilen zurückgreifen können. Die Entwicklung eines solchen Katalogs wird vehement von Akteuren wie dem DHWR sowie dem CNDB gefordert.

In diesen Forderungen nach einer Modularisierung des Bauens und einer Standardisierung der Bauteile steckt eine große Sprengkraft im Hinblick auf die aktuellen Prozesse, Organisations- und auch Honorarstrukturen der Bauindustrie. Ihre Umsetzung würde in letzter Konsequenz eine Abwendung von der *Honorarordnung für Architekten und Ingenieure* (HOAI) zur Folge haben, die in Deutschland nicht nur die Vergütung von Architekturschaffenden und Ingenieur*innen regelt, sondern in Form der vorgeschriebenen Leistungsphasen auch die linearen Abläufe zementiert, die die Bauindustrie aktuell prägen.

Die dritte zentrale Forderung, die von den Verfechtern des *Seriellen Holzmodulbaus* vorgebracht wird, umfasst eine „Digitalisierung und Entbürokratisierung“ (DHWR 2020a: 4) der Planungs- und Bauprozesse. Auch das BBSR bekräftigt:

„Der Aufwand, mit dem Digitalisierung im Bauwesen betrieben wird, steht in keinem Verhältnis zu den eigentlich nutzbaren Potenzialen. Dabei könnten diese durch den durchgängigeren Informationsfluss das Bauen sicherer, zuverlässiger, effizienter und somit auch nachhaltiger gestalten“ (BBSR 2020a: 46).

Hinter dem Stichwort der Digitalisierung, die in diesem Diskurs als zentraler Effizienz- und Nachhaltigkeitstreiber verstanden wird, verbergen sich dreierlei unterschiedliche Forderungen: Erstens ist damit die bereits angesprochene Automatisierung und Robotisierung der Vorfertigungsprozesse durch die immer weitere Verknüpfung von CAD, CAM und CNC-Maschinen gemeint. Zweitens fordert der DHWR in diesem Zusammenhang eine durchgängig digitale Kommunikation zwischen Verwaltung und Bauherr*innen. Einmal eingereichte Unterlagen bei Bauämtern und Behörden bspw. sollen für alle Beteiligten zentral hinterlegt werden, um so den Zeitaufwand durch mehrfache Antragstellung und Behördengänge zu minimieren (DHWR 2020a: 4). Bei diesen beiden Formen der „Digitalisierung“ handelt es sich um eine Übersetzung bereits bestehender, analoger Abläufe in digitale Prozesse. Drittens wird im Rahmen der Zukunftsvision des *Seriellen Holzmodulbaus* auch eine verstärkte Integration von Planungs- und Fertigungsprozessen mithilfe digitaler Bauwerksdatenmodellierung (*Building Information Modeling*, BIM) angestrebt. Hierbei handelt es sich im Sinne von

Mario Carpo um eine Technologie der „zweiten digitalen Wende“ (Carpo 2017), die die seit Jahrzehnten unangefochtenen Abläufe des Bauens herausfordern könnte. Die Debatte um die Vor- und Nachteile von BIM beschränkt sich bei Weitem nicht auf das Bauen mit Holz und kann deshalb im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht in ihrer Breite abgedeckt werden (s. dazu Kropp & Braun 2021). Allerdings wird die Nutzung dieser Technologie entsprechend der zentralen Zielvorstellung des *Seriellen Holzmodulbaus* häufig als ein Mittel angeführt, um Zeit und Kosten einzusparen:

„Letztendlich muss es zudem Ziel sein, Planung und Bauen zusammenzuführen und folglich Ressourcen bei Personal sowie Material und somit bei den Kosten zu sparen. *Building Information Modeling* (BIM) ist ein datenbasierter Prozess, der genau das leisten kann. Grundlage ist ein virtuelles Gebäudemodell, an dem alle Beteiligten – Bauherren, Planer, Bauausführende und Bauverwaltungen – bereits im Planungsprozess gemeinsam arbeiten. Zielkonflikte werden so rechtzeitig erkannt und der verbesserte Datenabgleich trägt dazu bei, die Effektivität im Planungsprozess hinsichtlich Kosten, Terminen und Qualität zu steigern“ (DHWR 2020a: 4)

Konzentrationsprozesse, globalisierte Lieferketten und standardisierte Architektur – Risiken und Bedenken des seriellen Holzmodulbaus

Zur Umsetzung der Zukunftsvision einer seriellen Produktion von Holzbauteilen sind erhebliche Investitionen und Anschaffungen in verschiedenen Bereichen notwendig. Zum einen bedeutet der Anspruch der Vorfertigung, dass der Einbau von Leerrohren für Elektroleitungen, Heizung, Sanitär und Lüftung, von Fenstern und Türen sowie Dachdeckungen bereits im Werk realisiert werden muss. Moderne Holzbauunternehmen müssten demnach Leistungen anderer Gewerke übernehmen oder einkaufen. Nicht nur die Ausstattung großer Fabrikhallen mit der dafür notwendigen Maschinerie und Steuerungstechnik, sondern auch das Anwerben, Aus- und Weiterbilden von geeignetem Personal ist mit Hürden und Risiken verbunden, die von international agierenden Großkonzernen leichter und schneller zu bewältigen sind als von kleinen und mittleren Unternehmen, die bislang den Bausektor dominieren (BMVI 2015: 2). Während viele Holzbauunternehmen eine immer weitergehende Übernahme der Leistungen verschiedener Gewerke bis hin zum Status des Generalunternehmer oder Generalübernehmer anstreben (bswp. Gump & Maier GmbH im Interview in mikado 06/2020) werden auf der anderen Seite auch Ängste geäußert, insb. angesichts internationaler Konkurrenz zu den Verlierern dieser Entwicklungen zu gehören.

Die Hauptsorge der Unternehmer*innen dreht sich dabei um die eigene Wettbewerbsfähigkeit in einer Holzbauindustrie, die sich zunehmend in globalisierte Lieferketten integriert. In diesem Rahmen müssten deutsche und französische Unternehmen mit ausländischen Holzlieferanten konkurrieren, die zu günstigeren Preisen einkaufen und produzieren. Die Aufweichung von Qualitätsstandards, Preisdumping, die schlechte Nachprüfbarkeit der Herkunft der Hölzer und die Gefahr der illegalen Abholzung insb. in Regionen, in denen angesichts konfliktierender Wirtschaftsinteressen Raubbau betrieben wird, werden immer wieder thematisiert. Um die Abhängigkeit der deutschen und französischen Holzbauindustrie von internationalen Märkten zu begrenzen, fordert u.a. der DHWR ein Überdenken des „einseitig forcierten Waldumbaus“ (DHWR 2016: 12). von Nadel- hinzu Laubbäumen, der maßgeblich dafür verantwortlich sei, dass der Holzbedarf zum Bauen sowie für Möbel, Papier und Bioenergie nicht mehr aus heimischer Produktion gedeckt werden könne. Stattdessen solle die Politik einerseits die heimische Waldfläche erhöhen und dabei den Erhalt des Nadelholzes auch in der Waldverjüngung fördern und andererseits „internationale Handelsabkommen proaktiv fördern und internationale Standards unter Wahrung hiesiger Qualitätsansprüche harmonisieren“ (ebd.:55).

Neben der Sorge um die Qualität des Rohmaterials, gehört auch die Frage nach der ästhetischen Qualität industriell gefertigter Gebäude zu den kritischen Tönen, die diese sozio-technische Vision begleiten. Der bekannte Holzbauarchitekt Tom Kaden antwortet auf die Frage, ob die Architektur unter dem steigenden Kostendruck und der zunehmenden Systematisierung leide:

„Ehrlich gesagt: ja. Ich bin dennoch ein Vertreter des industriellen Bauens und finde, wir müssen die Vorfertigung noch weiterentwickeln. Allerdings dürfen wir die Baukultur dabei nicht verlieren. Die Architektur an die Fertigungsstraße anzupassen, ist der falsche Weg, denn da leidet die Qualität vehement. Man muss aber bedenken, dass ein städtischer Auftraggeber eine Kaltmiete von 6,50 € netto realisieren muss – das ist vollkommen berechtigt und verständlich“ (Zeman 2020a).

Angesichts der verbreitenden Sorge, durch das Bauen mit Holz ins Zeitalter der Plattenbauten zurückzufallen, wird von Befürwortern dieser Bauweise immer wieder von *mass customization* gesprochen, also der Möglichkeit durch die Standardisierung der Bauteile letztendlich einen höheren Individualitätsgrad der Gebäude zu erreichen. Dieses Versprechen ist zentral für das städtebauliche Leitbild des *Seriellen Holzmodulbaus*, welches nachfolgend genauer vorgestellt wird.

Städtebauliches Leitbild und Zielgruppe des seriellen Holzmodulbaus

Im Hinblick auf die zukünftige Gestaltung von Städten, Siedlungen und Quartieren verspricht das *imaginery* des seriellen, modularisierten Holzbaus eine Flexibilisierung der Wohn- und Gebäudemodelle als Antwort auf sich rasch ändernde Anforderungen von Nutzer*innen und Bewohner*innen. Viele Holzbauunternehmen, die die Vision des seriellen Holzbaus unterstützen, werben damit, dass ihre Raummodule auf vielfältige Art und Weise kombiniert, problemlos rückgebaut und neu zusammengesetzt werden können. „Die Flexibilität der Einzelhäuser bei gleichzeitiger maximaler Vereinheitlichung von Bauteilen“ (Informationsdienst HOLZ 2020a: 19) wird dabei als zentrale Aufgabenstellung für den Holzbau von morgen angesehen.

Zusätzlich zu dieser allgemeinen Vision für eine flexibilisierte Stadtgestaltung wurde bei der Analyse der Diskursfragmente augenfällig, dass der Diskurs des *Seriellen Holzbaus* häufig auf eine feste Klientel abzielt: die Bewohner*innen und Nutzer*innen von Sozialwohnungen, Krankenhäusern, Schulen, Pflegeheimen oder Flüchtlingsunterkünften. Sie werden im Hinblick auf die positive gesundheitliche Wirkung des Materials in Werbetexten von Holzbauerunternehmen explizit angesprochen:

„Sensibles Bauen betrifft Kindertagesstätten, Schulen, Seniorenheime, Krankenhäuser oder auch Tagungsräume, wo die Anforderungen an Luftqualität besonders hoch sind. Sie lassen sich mit dem Holzwerkstoff „Swiss Krono OSB/3“ sensitiv umsetzen. Die neue OSB-Variante besteht zu 100 % aus nachhaltig gewachsenem, natürlich emissionsarmem Pappelholz“ (Kohlhammer 2020: 51).

Gleichzeitig bekämen gerade diese „sensiblen Gruppen“ häufig die negativen Folgen der engen Zeit- und Kostenrahmen öffentlicher Bauprojekte zu spüren. Als Negativ-Beispiel hierfür werden Stahl-Container genannt, die häufig als Unterkünfte für Geflüchtete oder Provisorien während des Ausbaus von Bildungseinrichtungen dienen. Im Gegensatz dazu könne der serielle Holzmodulbau würdevollen und qualitativ hochwertigen Wohnraum zu konkurrenzfähigen Preisen bieten.

Diese Zielgruppenfokussierung spiegelt sich auch in den im Diskurs angeführten Beispielen wider: So fordert die Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen in ihrem Positionspapier „Flüchtlinge brauchen Wohnungen, keine Behälter!“ vom 28. Juli 2015, dass Flüchtlingsunterkünfte künftig vorzugsweise in Holz-Modulbauweise errichtet werden sollen (Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen 2015). An anderer Stelle wird berichtet, dass die Einführung des Rechtsanspruchs auf einen Kita-Platz ein wichtiger Impuls für den Holzbau im kommunalen Bereich gewesen sei: „So

mussten in kurzer Zeit bestehende Kitas erweitert und neue Kitas errichtet werden – und das natürlich auch noch kostengünstig, energieeffizient und gestalterisch attraktiv. Der Holzbau erwies sich hier als beste Lösung“ (Bayrische Gemeindezeitung 2015: 1). Auch das von Werner Sobek entworfene *Effizienzhaus Plus Quartier* für das Personal des Klinikums Bad-Cannstatt fällt als Musterbeispiel des seriellen Bauens in die Kategorie der öffentlichen Bauten, bei denen die Einhaltung enger Zeit- und Kostenrahmen im Vordergrund stehen (Informationsdienst HOLZ 2020b).

Das *imaginery* des seriellen Holzmodulbaus will angesichts der vielkritisierten Unproduktivität und Ineffizienz der aktuellen Bausysteme und dem akuten Mangel an Wohnraum einen Weg in eine zeit- und kosteneffizientere Bauwelt aufzeigen, die zudem der Gesundheit ihrer Bewohner guttut und der des Planeten weniger schadet, als die aktuell dominanten, CO₂-intensiven Bauweisen mit Zement und Stahl. Die Frage, welche Umwelt- und Klimawirkungen durch das erhöhte Transportaufkommen von *off site fabrication* entstehen, und ob nicht andere Nutzungs-, Wohn- und Lebensformen sowie eine öffentliche Kontrolle der Miet- und Bodenpreise den Mangel an bezahlbarem Wohnraum besser lösen könnten als eine Industrialisierung des Bauens (Vogel 2019), wird in diesem Diskurs strategisch ausgeblendet.

Während diese sozio-technische Zukunftsvision des Seriellen Holzmodulbaus aktiv auf eine stärkere Integration der Holzbauindustrie in globale Lieferketten abzielt, ist ebendiese Entwicklung die Kontrastfolie des dritten identifizierten *imaginery*. Die Vision des *Frugalen Holzbau* setzt auf eine strikte Regionalisierung der Materialkreisläufe sowie auf einen minimalen Einsatz von Prozess- und Gebäudetechnik. Die zentralen Argumentationsmuster dieses *imaginery* werden im Weiteren vorgestellt.

6.3 FRUGALES BAUEN MIT HOLZ – SUFFIZIENZ, NATURNÄHE, REGIONALITÄT

„EINE DEM KLIMAWANDEL GERECHT WERDENDE ARCHITEKTUR NUTZT UND REGULIERT MIT TYPOLOGISCHEN, KONSTRUKTIVEN UND THERMISCHEN STRUKTUREN DIE JEWEILIGEN KLIMATISCHEN BEDINGUNGEN FÜR EIN WOHLBEFINDEN DER NUTZER. REFERENZ KÖNNEN DABEI TRADIERTE REGIONALE BAUWEISEN SEIN. DAS EINFACHE KANN KOMPLEXE ZUSAMMENHÄNGE BEWÄLTIGEN“
BDA, 2019

Das *socio-technical imaginery* des *Frugalen Holzbaus* beschreibt eine Regionalisierung von Rohstoffkreisläufen im Bausektor, sowie die Rückbesinnung auf handwerkliche Bauweisen und traditionelle Baustoffe, zu denen neben Holz auch Stein, Lehm und Stroh gehören. Das Konzept der Frugalität, also der Genügsamkeit, steht dabei für Einfachheit und Bescheidenheit im Hinblick auf Materialien, Energiebedarfe und Prozesse und somit für besonders geringe Umweltauswirkungen. Durch die enge Zusammenarbeit von Bauherren, lokalen Handwerker*innen, kommunalen Trägern und Nutzer*innen sollen Gebäude entstehen, die bestmöglich an ihr klimatisches, geographisches und soziales Umfeld angepasst sind. Der *Frugale Holzbau* wird in Frankreich von der Bewegung *frugalité heureuse et créative* vorangetrieben, die 2018 von der Architektin Dominique Gauzin-Müller, dem Ingenieur Alain Bornarel sowie dem Stadtplaner Philippe Madec Architekt ins Leben gerufen wurde. Doch auch im deutschsprachigen Raum finden sich Spuren dieses Diskurses, bspw. in einzelnen Artikeln der Branchenzeitschriften *holzbauaustria* und *Informationsdienst HOLZ* sowie bestimmten Forschungsprojekten, die durch das BBSR gefördert werden. Mit der Wanderausstellung *frugalité créative – weniger ist genug*, die momentan im Stuttgarter BDA-Wechselraum zu sehen ist, wird die frugale Bauweise zudem in einem deziert deutsch-französischen Rahmen diskutiert.

Kritik am uneingeschränkten Technologie- und Fortschrittsglauben

Der Problemrepräsentation dieses Diskurses zufolge haben moderne Gesellschaften in ihrem ungebremsten Fortschrittsstreben den Bezug zu ihrer ökologischen wie sozialen Umgebung verloren. Obwohl bereits seit Jahrzehnten alle Alarmglocken schrillten, halte man an Produktions- und Konsummustern fest, die Menschen und Umwelt schaden. Die ökologischen und sozialen Auswirkungen der aktuell dominanten Lebens- und Wirtschaftsweisen würden entweder blind hingenommen, oder man gebe sich dem Irrlauben hin, ihnen durch technologische Innovationen beikommen zu können. Im Gebäudebereich führe dies zu Konzepten wie *smart homes*, die von der Diskurskoalition des *Frugalen Holzbaus* als absurd und dysfunktional kritisiert werden.

Sie seien Ausgeburt einer Ignoranz bereits bestehender Lösungen für eine klimagerechtere Architektur – damit gemeint ist unter anderem der vernakuläre Holzbau – und einer Technikgläubigkeit, die eine ganzheitliche Sicht auf die Dinge versperre. Technisch aufgerüstete Gebäude, in denen vernetzte Geräte bspw. eine automatisierte Temperaturregulierung ermöglichen sollen, könnten ihre Versprechungen für eine Erhöhung der Wohn- und Lebensqualität sowie eine effizientere Energienutzung häufig nicht erfüllen. Diese Einschätzung wird auch von Akteuren aus Forschung und Industrie unterstützt. So kritisieren Laura Frank und Thomas Auer, die an der TU München in einem vom BBSR geförderten Projekt zu user-zentriertem Design in der Architektur forschen:

„Viel zu häufig funktionieren Systeme nicht wie geplant. Und selbst wenn, so führt dies nicht zwangsläufig zu einer Zufriedenheit der Nutzer. Die Frage ist, ob die Komplexität in Bau und Betrieb der Gebäude den gewünschten Erfolg erzielt (...). Architekten und Ingenieure sprechen in solchen Fällen von »Nutzerfehlverhalten«, wobei zu hinterfragen ist, ob es sich um eine Fehlnutzung oder ein falsches Konzept handelt“ (Auer & Franke 2020: 50).

Auch der Branchenverein *Informationsdienst HOLZ* kritisiert die Komplexität smarterer Haustechnologien und moniert in einer hauseigenen Publikation:

„Wer den Anspruch erhebt, der Umwelt und ihren Ressourcen angepasst zu bauen, darf nicht auf in sich geschlossene, höchst komplizierte technische Systeme bestehen, zu deren Regulierung es eines ingenieur-technischen Hochschulabschlusses bedarf“ (Kaltenbrunner 2009: 7).

Eine zentrale Forderung des *Frugalen Holzbaus* ist deshalb die einer Rückbesinnung auf Bau- und Gebäudetechnologien, die einen deutlich geringeren Energieverbrauch aufweisen und auch in ihrer Bedienung weniger komplex und fehleranfällig sind.

Forderung nach einem Bewusstseinswandel und die Rückbesinnung auf traditionelle Bauweisen und natürliche Materialien

Mit dieser Rückbesinnung ist jedoch nicht allein die Rückkehr von einem *smarten* zu einem herkömmlichen Heiz- oder Lüftungssystem gemeint. Der Wunsch nach mehr Einfachheit und Bescheidenheit ist in diesem *socio-technical imaginery* eingebettet in die vehemente Forderung nach einem fundamentalen Bewusstseinswandel und der Abkehr von den aktuellen, nicht-nachhaltigen Praktiken des Bauens. So heißt es in dem Manifest der französischen Architekt*innen-Bewegung *frugalité heureuse et créative*:

„Warum weigern wir uns, der Zukunft ins Auge zu sehen? Sind wir für immer einer blinden Entwicklungsweise untertan? Wieso fördern wir weiterhin das Wachstum der Güterproduktionen, ohne die Ressourcenerschöpfung und die Zerstörung des Planeten wahrzunehmen?“ (Frugalité heureuse et créative 2019: 2)

Die Vision des frugalen Holzbaus fordert angesichts der negativen ökologischen Auswirkungen des Bauens nicht nur eine radikale Abkehr von den aktuell dominanten Bausystemen, sondern vor allem auch ein Überdenken des technikinduzierten Wachstums- und Fortschrittsparadigmas, welches ihnen zugrunde liegt. In diesem Sinne argumentiert Ludger Dederich, Professor für Holzbau an der Hochschule Rottenburg / Neckar und Geschäftsführer des Holzbau Deutschland Instituts e.V.:

„Wenn zukunftsfähiges Bauen so nachhaltig sein soll, wie es überall gefordert wird, dann gilt es für die Spezies Mensch im Allgemeinen und für die Gruppe der Baufachleute im Besonderen über den Schatten des uneingeschränkten Fortschrittsglaubens zu springen. Es gilt da anzuknüpfen, wo die Generation der Großeltern unserer Großeltern stand. Unerlässlich ist dabei jedoch die Reflexion darüber, was sich seitdem zugetragen hat und nicht zuletzt im Bauwesen als eindeutige Fehlentwicklung zu identifizieren ist“ (Dederich 2013: o.S.)

Mit dem letzten Satz werden im Grund all jene Entwicklungen angeklagt, die seit Beginn des 20. Jahrhunderts zur Verdrängung traditioneller Baustoffe und -techniken geführt haben (Kap. 2). Die Vision des *Frugalen Holzbaus* positioniert sich angesichts der Klima- und Ressourcenkrise klar gegen industrialisierte Formen des Bauens, die Verwendung von CO₂-intensiven Materialien wie Stahl und Beton sowie energieintensiven Planungs- und Gebäudetechnologien. Als einzige valide Alternative für die Bauindustrie des 21. Jahrhunderts bleibt der Logik dieses Diskurses entsprechend nur die Rückbesinnung auf traditionelle Materialien und Bautechniken, wie insb. das Bauen mit Holz:

„Der Holzbau ist die einzige bautechnisch-konzeptionelle Konstante, die bereits vor der Industriellen Revolution Stand der Technik gewesen ist und die auch mit Blick auf die postindustriellen Herausforderungen und das postmaterielle Dasein seine Berechtigung nicht verloren hat“. (Dederich 2013: o.S.)

Holz steht in dieser Vision für die Versöhnung des Bauens mit der natürlichen Umwelt, im ökologischen ebenso wie im sozialen Sinn: Durch die erneute Wertschätzung lokal verfügbarer Ressourcen sollen regionale Rohstoffkreisläufe (wieder)aufgebaut werden und durch die Wiederbelebung traditioneller Handwerkstechniken Arbeitsplätze

erhalten oder geschaffen werden, sowie Menschen in die Gestaltung ihrer gebauten Umwelt einbezogen werden. So soll eine alternative Baukultur, abseits der industrialisierten, technisierten und globalisierten Bausysteme entstehen, für die Schutz und Förderungen der ökologischen und sozialen Gefüge vor Ort die zentrale Maßgabe darstellen.

Die Vision des *Frugalen Holzbaus* ist innerhalb der hier untersuchten diskursiven Arena als Nischendiskurs zu verstehen, der von wenigen Pionieren vorangetrieben wird. Zu dieser Gruppe gehört auch der Architekt Mattheo Thun, der in einem Gastbeitrag in *holzbauaustria* für Holz als das Material des 21. Jahrhunderts wirbt und dabei die Ansprüche des frugalen Bauens auf den Punkt bringt:

„Holz verkörpert die Idee des Bauens im Einklang mit der Umgebung, der lokalen Kultur und Wirtschaft (...). Die Schönheit des Holzes an sich, die Maserung, die Farbe, die Unebenheiten, die Haptik, die Wärme und Natürlichkeit erreichen uns intuitiv.“ (Thun 2020: o.S.)

Schlagworte wie Schönheit, Natürlichkeit, Wärme und Behaglichkeit tauchen in der diskursiven Konstruktion dieser Vision für den Holzbau der Zukunft immer wieder auf, um die Eignung des Naturmaterials für eine Baukultur im Einklang mit Natur und Mensch zu unterstreichen.

Low tech-Ansätze als zentrale Technologie

Zu den Maßgaben des *Frugalen Bauens* gehören neben der Verwendung von Naturmaterialien wie Holz, Stein, Lehm und Stroh sowie der Aufwertung traditioneller Handwerkskunst sog. *low tech*-Ansätze. *Low tech* beschreibt im Gegensatz zu *high tech* Technologien, die sich durch eine besondere Einfachheit auszeichnen: sie sind typischerweise mit geringen Ressourcen und Kenntnissen herstell- und anwendbar sowie adaptier- und reparierbar. Im Gebäudesektor meint *low tech* technikreduziertes Bauen mit hohem ökologischem Anspruch. Ziel dieser Bauweise ist es, den Temperaturhaushalt eines Gebäudes durch die Nutzung von natürlichen Mechanismen wie Wind und Sonne oder physikalischen Prozessen wie Thermik oder Verdunstungskälte zu regulieren (Leitner 2020). Dabei soll mithilfe von *biomimétisme*, also der Nachahmung natürlicher Prozesse und Strukturen, eine besonders hohe Energieeffizienz des Gebäudes bei möglichst geringem Einsatz von Gebäudetechnologien erreicht werden. So kämen viele *low tech*-Gebäude ohne mechanische Belüftung, Klimatisierung oder sogar ohne Heizung aus. Durch natürliche Frischluftschneisen im Gebäude oder passive Kühlung und Wärmerückgewinnung über die Materialien könne durch bioklimatisches Design der Energieverbrauch auf ein Minimum reduziert

und gleichzeitig für mehr Komfort gesorgt werden. Auch unter diesem Gesichtspunkt spielt Holz aufgrund seiner wärmedämmenden Eigenschaften für die Vision des *Frugalen Bauens* eine entscheidende Rolle:

„Mehr Lowtech geht nicht: Der Baum stellt das Holz, vereinfacht gesagt, mit Sonnenenergie aus Luft und Wasser her. Holz kommt in Mitteleuropa ausreichend vor und benötigt unter den Baustoffen wohl den geringsten Energieverbrauch. Seine guten bauphysikalischen Eigenschaften, allen voran die Dämmwirkung, machen es zum idealen Lowtech-Baustoff“ (Leitner 2020: o.S.).

Der Diskurs des *Frugalen Bauens* ist zwar als Nischendiskurs zu verstehen, zeigt jedoch im Sinne Hajer ebenfalls Anzeichen einer Diskursinstitutionalisierung. So hat bspw. der französische Verband EnvirobatBDM, der hauptsächlich in der Region Provence-Alpes-Côte d’Azur aktiv ist und dort zu den Vorreitern der frugalen Bauweise mit Holz gehört, ein eigenes Referenzwerk zur bioklimatischen Gestaltung von Neubauten entwickelt. Im Rahmen der *RE2020* wurde im vergangenen Jahr in Frankreich auch auf politischer Ebene das Ziel festgeschrieben, Gebäude einerseits an den Klimawandel und damit an steigende Temperaturen anzupassen, andererseits soll dabei jedoch auf energieintensive Technologien wie Klimaanlage verzichtet werden (ADEME 2019). Auch in Deutschland finden sich einige Gebäude, die unter *low tech*-Ansprüchen realisiert wurden, wie der Neubau des UBA in Dessau, welches neben dem Baustoff Holz auf eine *Low tech*-Strategie zur Belüftung der Büroräume setzt (Zeman 2020b). Aktuell arbeiten zudem mehrere Lehrstühle der Architekturfakultät der Technischen Universität München an dem Forschungsprojekt *Einfach Bauen*, dessen erklärtes Ziel es ist, die Komplexität im Hochbau zu reduzieren und so material- und klimagerechte Konstruktionen Gebäude zu schaffen, die von sich aus wenig Heizenergie benötigen und im Sommer nicht überhitzen. Dadurch könne die notwendige Gebäudetechnik auf wenige robuste Systeme reduziert werden. *Low tech* ist damit gleichwohl als Gegenbewegung zum Vormarsch der eingangs kritisierten, *smarten* Gebäudetechnologien zu verstehen: „Nicht das Gebäude ist intelligent, sondern dessen Bewohner“, heißt es dazu kühn im Manifest der *frugalité*-Bewegung.

Nutzerzentrierung und partizipatives Verständnis von Architektur

Dies spiegelt auch das Akteursverständnis dieser sozio-technischen Zukunftsvision wider: Wie kein anderes der hier vorgestellten *imagineries* stellt der *Frugale Holzbau* die Nutzer*innen ins Zentrum der diskursiven Konstruktion der gebauten Zukunft. Dies gilt zum einen für den Betrieb der Gebäude und der dafür notwendigen (oder eben nicht notwendigen) Technologien. Hier lautet die Forderung der

Diskurskoalition, den Menschen stärker ins Zentrum der Betrachtung zu rücken: „Vielleicht sollten wir den Bedürfnissen und der »Sensorik des Menschen« mehr vertrauen als nicht mehr nachvollziehbaren Regelalgorithmen“, so die Forschenden der TU München (Auer & Franke 2020: 50). Zum anderen kommt den Nutzer*innen von Neu-Aus- oder Umbauten auch während der Planungsphase bereits eine wichtige Rolle zu. Nicht selten werden partizipative Planungsprozesse beschrieben, an denen neben den Planer*innen und den zumeist kommunalen Trägern auch die Bewohner*innen zu Wort kommen. Dies wird häufig als entscheidendes Erfolgskriterium für einen frugalen Holzbau dargestellt: “La mutualisation se passe très bien grâce à l’implication de tous les acteurs: enseignants, élèves, gestionnaire, exploitant et commune gèrent ensemble un planning d’occupation partagé” (EnvirobatBDM 2020: 8). Die Nutzer*innen oder Bewohner*innen der frugalen Gebäude tragen mit ihrer Akzeptanz der Sparsamkeit und Bescheidenheit, die das frugale Bauen mit Holz ausmachen, essentiell zur Verbreitung dieser Bauweisen bei.

Das städtebauliche Leitbild des *Frugalen Holzbau*

Die Vision des *Frugalen Holzbaus* beschreibt gleichzeitig ein städtebauliches Leitbild, welches ebenso auf eine strenge Regionalisierung der Wirtschaftskreisläufe, eine enge Verbindung zur natürlichen Umwelt, sowie lokale Gemeinschaft und Solidarität setzt. Die Qualität des Holzes als regional verfügbare Ressource wird insb. in Frankreich generell häufig betont, bspw. im Rahmen der JO 2024 heißt es: [...] les solutions bois sont aussi porteuses des valeurs citoyennes et solidaires (FranceBois2024). Allerdings wird im Rahmen des Leitbilds des *Frugalen Holzbaus* die Maßgabe der Regionalität noch enger gefasst:

“Les matériaux biosourcés, dont certains sont d’origine très locale : le bois est certifié Bois des Alpes, la paille pour l’isolation n’a parcouru que 5 km, la terre pour les briques de terre compressée et l’argile pour les enduits sont de Viens. Les chantiers de bénévoles et d’insertion, bien encadrés, ont créé du lien social, et nous avons eu beaucoup de bonheur à travailler ensemble pour le collectif” (EnvirobatBDM & Gauzin-Müller 2020: 10).

Hier wird erkennbar, dass es in der Vision des *Frugalen Holzbaus* neben der materiellen vor allem auch um die soziale Komponente der Regionalität geht. Nicht nur die Baustoffe, sondern auch die Bauschaffenden und ihre Kenntnisse sollen aus der Region kommen. So soll die Region sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht stärker in die Aktivitäten der Bauindustrie eingebunden werden und von ihnen profitieren.

Nicht nur das Zusammenwirken lokaler Akteure während der Planungs- und Bauphase, sondern auch die Gemeinschaft zwischen den Bewohnern der entstehenden Gebäude und Siedlungen stehen im Mittelpunkt dieses Leitbilds. Viele der Bauten, die im Rahmen der Ausstellung *Weniger ist genug* als exemplarisch für diese Bauweise ausgestellt sind, werden beschrieben als „habitat groupé écologique, intergénérationnel et solidaire, qui vise des relations humaines harmonieuses et une entraide au quotidien“ (ebd.). Zielvorstellung sind Siedlungen « où des maisons individuelles laissent place à de petits immeubles collectifs », in denen also gemeinschaftlich genutzten Häusern und Flächen viel Platz eingeräumt wird.

Einen mindestens ebenso großer Platz nimmt im städtebaulichen Leitbild des *frugalen Holzbau* jedoch die Natur ein. Die Verfechter des frugalen Bauens verfolgen explizit das Ziel, die Grenzen zwischen Stadt und Natur aufzulösen und natürliche Strukturen – im Gegensatz zu Technologie – in den Mittelpunkt zu stellen:

»Der Glaube an Technologie und Ingenieurskunst lässt uns immer spektakulärere Gebäude und Städte bauen, mit wachsender Komplexität. Die Frage ist aber vielmehr, ob nicht eine nachhaltige Transformation der gebauten Umwelt – vor allem unserer Städte – der Natur wieder mehr Raum geben muss“ ()

Der Baustoff Holz wird dabei – ähnlich wie im städtebaulichen Leitbild des *Ökobilanzierten Holzbau* – als Mittel der Stadtgestaltung eingesetzt, und dient nicht nur als tragende Struktur, sondern lässt die entstehenden Gebäude als ein natürliches Element erscheinen. So schildert eine Architektin, die explizit aus diesem Grund auf Holz setzt: “Pour ce projet, elle a utilisé le bois apparent comme un manifeste. “Ce n’est plus un bâtiment mais un élément naturel dans la ville. Il va grisailier, changer de couleur, faire œuvre de pédagogie” (Godfrain 2018: o.S.).

Neben sichtbaren Holzoberflächen sind Gebäude, die dem städtebaulichen Leitbild des frugalen Holzbau entsprechen mit Insektenhotels, Vogelnestern und Mäusebauten ausgestattet, sodass nicht nur optisch, sondern auch tatsächlich Natur und gebaute Struktur kohabitieren:

„La structure cohabite très bien avec la biodiversité. Hôtels à insectes, nichoirs à oiseaux ou chauves-souris et supports pour plantes grimpantes complètent une appropriation spontanée : des chauves-souris ont élu domicile dans une jonction béton/bois du toit, et des grenouilles dans le bassin planté de l’accueil. (EnvirobatBDM & Gauzin-Müller 2020: 3).

6.4 COMPUTERGESTÜTZTE CO-KREATION VON SINGULÄREN HOLZBAUTEN

*„DIE NEUARTIGE HOLZPLATTENBAUWEISE IST ZUGLEICH EINE INNOVATIVE ARCHITEKTUR
UND EINE AUSGESPROCHEN LEISTUNGSFÄHIGE, RESSOURCENSCHONENDE
SCHALENKONSTRUKTION, MIT EINER MATERIALDICKE VON GERADE EINMAL 50 MM.
DIES WIRD DURCH INTEGRATIVE COMPUTERBASIERTE ENTWURFS-, SIMULATIONS-,
FERTIGUNGS- UND MESSVERFAHREN ERMÖGLICHT“.*

ACHIM MENGES ET AL. 2015

Zuletzt konnte im Rahmen der Diskursanalyse ein Nischendiskurs identifiziert werden, der eine grundlegende Neuorganisation des Baugeschehens mithilfe digitaler Planungs-, Fertigungs- und Bautechnologien zum Ziel hat. Vorgestellt wird eine völlig neue Baukultur, die durch neuartige, parametrische Entwurfsmethoden, einen anderen Umgang mit Materialien, neue Strukturen der Zusammenarbeit sowie veränderte Arbeitsbedingungen auf der Baustelle und in der Vorfertigung geprägt ist. Zu dieser Vision des Holzbaus der Zukunft gehören Stichworte wie „ikonische Architektur“, „Prototypen“, „non-standard architecture“ und „komplexe Geometrien“. Wie der Begriff „Prototyp“ bereits vermuten lässt, entspringt dieses *imaginery* dem Bereich der Forschung und wird technikaffinen Akteuren aus dem wissenschaftlichen Milieu, insb. den Forschenden des Exzellenzcluster *IntCDC* vorangetrieben, die mit ihrer interdisziplinären Forschungsarbeit eine „qualitativ hochwertige, lebenswerte und nachhaltige gebaute Umwelt und eine digitale Baukultur“ anstreben (Knippers et al. 2021: 195). Hierbei handelt es sich zum aktuellen Zeitpunkt um Grundlagenforschung, weshalb die Datenlage und auch die Differenzierung dieses *imaginery* nur bedingt mit den anderen sozio-technischen Visionen vergleichbar sind. Der *Computerisierte Holzbau* ist in Gewisser Hinsicht als „Nische innerhalb der Nische“ zu verstehen (Kap. 4.5).

Ablösung der starren Strukturen der Bauindustrie durch zirkuläres Co-Design

Zentral für dieses *imaginery* ist das Experimentieren mit Materialien – allen voran mit Holz – in Kombination mit digitalen, parametrischen und robotischen Planungs- und Bautechnologien. So sollen die starren Strukturen der Bauindustrie von heute aufsprengt werden. Letztere sind der Nexus der Problemrepräsentation, von der diese sozio-technische Zukunftsvision ausgeht: Die vielen Informations- und Kommunikationsbrüche entlang linearer Bauprozesse, das mehrfache Übersetzen von Architekturzeichnungen in ingenieurstechnische Pläne und wieder zurück sowie die räumliche und kognitive Trennung zwischen den beteiligten Akteuren werden als Hauptursache für die Behäbigkeit und Innovationsträgheit der Bauindustrie gesehen. Auch die häufig notwendigen ad-hoc Anpassungen auf der Baustelle und die daraus resultierende

Ineffizienz im Hinblick auf Material, Zeit und Kosten sind den Treibern dieses Diskurses ein Dorn im Auge. All diese Probleme sollen durch die Nutzung von computerbasierten Design- und Planungstechnologien überwunden werden, die zudem eine größere Material- und Formenvielfalt sowie ressourcenschonende und partizipative Bausysteme ermöglichen könnten. Ziel dieser Vision ist auch die Entwicklung einer neuen Ästhetik und Formensprache im Bau. Dazu soll die aktuelle Beschränkung auf lineare Formen und quaderförmige Bauteile durch den parametrischen Entwurf von Einzelteilen abgelöst werden, die sehr individuelle, nicht-lineare Formen annehmen können. Das zentrale Stichwort dieses *imaginery* lautet „Co-Design“: Anstatt in linearer Abfolge Entwurf, statische Planung und handwerkliche Bauausführung aneinanderzureihen, sollen Architekt*innen, Ingenieur*innen und Bauschafende mit digitalen Helfern wie parametrischen Entwurf-Softwares oder robotisch gesteuerten Fertigungsanlagen in Prozessen zirkulärer Co-Kreation zusammenarbeiten. Letztere könnten dank der maschinellen Verarbeitung großer Datenmengen auch sehr komplexe Entwürfe und Bauprozesse und somit die Erschaffung von einzigartigen, singulären Gebäuden ermöglichen. Die Einzelteile der so konzipierten Gebäude werden der Idealvorstellung dieses Leitbilds entsprechend voll- oder zumindest teilautomatisiert anhand Roboter-gestützter Fertigungsmethoden produziert und entsprechend algorithmisch berechneter Simulationen zusammengesetzt. Die Aneignung dieser neuartigen digitalen Werkzeuge funktioniert besonders gut im Rahmen des Holzbaus, da hier grundlegende Elemente dieser Vision bereits verankert sind: die mehr oder weniger automatisierte Vorfertigung von Einzelteilen mithilfe von CNC-Maschinen ist seit den 1990er Jahren Usus und auch eine vorausschauende Planung ist für Holzbauprojekte bereits jenseits der Verwendung digitaler oder robotischer Methoden unabdingbar. Allerdings unterscheidet sich die Vision des singulären, digitalen Holzbaus dennoch grundlegend von der Vision des industriell-standardisierten Holzbaus, die in Kapitel 6.2 vorgestellt wurde: es geht hier eben gerade nicht um Effizienzsteigerung durch Standardisierung, sondern darum, mithilfe integrativer Entwurfs- und Produktionsprozesse die spezifischen Potentiale des Materials zu erschließen und qualitativ hochwertige Unikate herzustellen. Dabei ist die Verwendung von digitalen Werkzeugen im Entwurfs- und Bauprozess von Anfang an zentraler Bestandteil computerisierter Co-Design-Prozesse: Planungsentwürfe werden nicht von Architekt*innen vom Papier in eine Software übertragen, sondern von vornherein aus zugrunde gelegten Berechnungslogiken und parametrischen Entwurfsprogrammen erzeugt und sukzessive zwischen simuliertem Entwurfsmodell und strukturierender Berechnungslogik optimiert (Braun & Kropp 2021).

Neuartige und digitale Entwurfs- Planungs- und Bautechnologien

Dieser entscheidende Unterschied zwischen den *imageries* des singulären und des seriellen Holzbaus, die in verschiedener Art und Weise auf die Nutzung digitaler Technologien sowie industrielle Vorfertigung setzen, lässt sich am besten anhand eines Beispiels erläutern. Der BUGA Pavillon, der von den Instituten ICD und ITKE der Universität Stuttgart im Rahmen der Bundesgartenschau in Heilbronn 2019 entwickelt und errichtet wurde, ist ein Prototyp, der das Potential der Co-Design-Methode für die digitale Planung und robotische Fertigung im Holzbau aufzeigen soll (Knippers et al. 2021: 197). Der hölzerne Pavillon spannt ein Holzdach mit einer Spannweite von 30 Metern auf, dessen Gestaltung auf den morphologischen Prinzipien des Plattenskeletts von Seeigeln beruht. Für Entwurf und Errichtung dieses Pavillons wurde als Alternative zu traditionellen Schalenbauweisen eine Co-Design-Methode entwickelt, die die Form jedes einzelnen Bauteils entsprechend des übergeordneten Entwurfs sowie ihrer individuellen statischen Beanspruchung generierte. Mithilfe einer integrierten robotischen Fertigungseinheit wurden auf Basis dieser parametrischen Berechnungen 376 unterschiedliche Plattensegmente mit 17.000 verschiedenen Keilzinkenverbindungen hergestellt. Die hochpräzise Vorfertigung einer derartigen Vielzahl unterschiedlicher Bauteile sei, so die Entwickler, nur mit der Unterstützung von computerisierten Entwurfssoftwares und Robotern sinnvoll möglich:

„Im Vergleich zu den massiven Holzelementen, wie sie beispielsweise in dem Vorgängerbau des Forstpavillons eingesetzt wurden, reduzieren die kassettierten Holzelemente des BUGA Holzpavillons Gewicht und Material deutlich, erhöhen jedoch auch die Anzahl der Bauteile um das Achtfache und führen zu einer entsprechend komplexeren Fertigung. Das Streben nach höherer Ressourceneffizienz musste daher mit der automatisierten Roboterfertigung der Schalensegmente einhergehen“ (BBSR 2020a: 98).

Der Vision des seriellen Holzbaus, die ebenfalls für sich beansprucht, digitale Technologien zur „Modernisierung“ des Bauens zu nutzen und dabei auf industriell-standardisierte Vorfertigung setzt, hält das *imaginery* des *Computerisierten Holzbaus* entgegen: das volle Potential digitaler Technologien für den Holzbau stecke eben nicht in der Standardisierung, sondern liege in der automatisierten Herstellung von individuellen, perfekt aufeinander abgestimmten Bauteilen und Gebäuden. Auch geht es dem Computerisierten Holzbau nicht primär um Zeiteffizienz – dem Neubau der Firmenzentrale von *Swatch* im schweizerischen Biel, der ebenfalls als Musterbeispiel dieser Bauweise angesehen werden kann, ging bspw. eine dreijährige Planungsphase voraus (Kohlhammer 2020: 30).

Neben der Verbindung von parametrischem Design mit automatisierter robotischer Vorfertigung zur Ermöglichung neuer Formen ist das Streben nach einer höheren Materialeffizienz ein wichtiges Ziel dieser Vision. Auch hier liegt der Rückgriff auf Holz als Baustoff nahe: die hohe Tragfähigkeit des Fasermaterials sowie die Möglichkeiten der robotischen Bearbeitung von Holz würden zur Entwicklung von neuen Bearbeitungsmethoden einladen, „die außerhalb des Bereichs aktueller CNC-Technologien liegen, und sich durch ein hohes Maß an Adaptivität, Materialeffizienz und geometrischer Bauteildifferenzierung auszeichnen“ (Krieg et al. 2015: 21). So würden nicht nur neue Holzkonstruktionen möglich, sondern auch die Verwendung von neuen Holzwerkstoffen und zusätzlichen Holzarten, wie der Buche.

Hier zeigt sich die Ambition dieser sozio-technischen Zukunftsvision für den Klimaschutz sowie der Anspruch, dem Waldumbau hin zu klimaresilienteren Laubbäumen mit innovativen bautechnischen Ideen zu begegnen. Buche und andere Laubhölzer würden sich zwar durch eine höhere Leistungsfähigkeit auszeichnen, allerdings sei die Bauindustrie nach wie vor auf die Verwendung von Nadelholz ausgelegt (Krieg et al. 2015: 21). Der computergestützte Holzbau biete Möglichkeiten, die Stärken dieser „weichen“ Holzarten auszunutzen. Dazu setzt man – ähnlich wie im frugalen Holzbau – auf die Natur als Vorbild:

„Im Vergleich zu technischen Konstruktionen besitzen natürliche Strukturen in der Tier- und Pflanzenwelt in der Regel wesentlich komplexere Formen auf zahlreichen hierarchischen Ebenen. Dieses „Mehr“ an Form ist häufig der Grund für deren besondere Leistungsfähigkeit und Materialeffizienz und geht mit einem „Weniger“ an Materialeinsatz und Ressourcenverbrauch einher“ (ebd.: 22).

Aus der Natur ließen sich oft wirksame Prinzipien ableiten, die in die Gestaltung technischer Systeme übertragen werden können und ihre Leistungsfähigkeit durch geometrische Differenzierung erreichen. Während diese augenscheinlichen Parallelen zwischen den Visionen des *Frugalen Holzbaus* und des *Computergestützten Holzbaus* hinsichtlich bionischer Entwurfs- und Bautechniken durchaus existieren, zeigt sich auch hier ein weiteres Mal, dass sich hinter ein und demselben Schlagwort sehr unterschiedliche Verständnisse, Konzepte und Visionen verbergen können.

Eine grundlegende Neuorganisation der Prozesse und Akteurskonstellationen

Um die Potentiale des computergestützten Holzbaus für mehr Formen- und Materialvielfalt voll auszuschöpfen, bedarf es, der *storyline* dieser Vision folgend, einer grundlegenden Veränderung der Routine des Bauens: ihr Ziel ist die Entwicklung von Bausystemen und Gebäuden, die im Rahmen linearer Planungsprozesse und konventioneller Fertigungstechnologien (CNC und CAM eingeschlossen) kaum umsetzbar sind. Stattdessen müssten „Entwurf und Produktion Hand in Hand gehen. Es hilft nicht, einzelne Produktionsschritte zu optimieren, wenn nicht die ganze Kette von Entwurf bis Fertigstellung einbezogen wird“ (Holl 2020: 67). Gemeint ist damit das Einbinden von Planungs- und Fertigungs- und Bauprozessen in digitale Feedback-loops. In diesem Rahmen sollen parametrische Entwurfssoftwares mit Architekt*innen und Ingenieur*innen sowie mit robotischen Fertigungsplattformen und Bauschaffenden aus der Holzbauindustrie kommunizieren. Dabei geht es explizit nicht um eine vollständige Automatisierung des Bauens, sondern um die Zusammenarbeit zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren: „Im Gegensatz zur Vollautomatisierung, die im Holzbau aufgrund der Projektspezifität und Betriebsstrukturen nicht sinnvoll ist, steht hier die mögliche Synergie von Robotik und Handwerk im Vordergrund“ (BBSR 2020b: 8). Die Vision des *Computergestützten Holzbaus* strebt damit die Verschmelzung zweier Welten an: Vorbild sind einerseits traditionelle Verbindungstechniken der japanischen und europäischen Holzbaukultur; die andererseits mit den neuesten Errungenschaften der KI-oder Roboter-gesteuerten Technik zusammengefügt werden sollen. Experimentierräume zur Erprobung von neuen Modellen der Zusammenarbeit sowie die Entwicklung geeigneter Software-Schnittstellen um die Kommunikation zwischen den unterschiedlichen beteiligten Disziplinen sowie zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren zu ermöglichen gehören deshalb zu den zentralen Forderungen dieses *imaginery*. Jedoch reiche die Weiterentwicklung von computerisierter Soft- und Hardware bei Weitem nicht aus, um diesem Leitbild nahe zu kommen: gefordert wird ein grundlegendes Umdenken, ein Hinterfragen von Selbstverständlichkeiten sowie eine Orientierung an neuen Maßstäben. Die Co-Kreation von Gebäuden in computerisierten Akteursnetzwerken habe

„ein anderes Entwerfen zur Folge, bei dem nicht ein Bild am Anfang steht, das so gut wie möglich umgesetzt werden soll, sondern eine Beschreibung der Qualitäten, die in der Produktion entwickelt werden, und die Analyse der Art, wie produziert werden kann. Orientieren wir uns an Bildern, bleiben wir dem verhaftet, was wir bereits kennen, und blockieren neue Herstellungsarten“ (Holl 2020: 67).

Unsicherheiten und Risiken des Computergestützten Bauens und Entwerfens

Das *imaginery* der *Computerisierten Co-Kreation singulärer Holzbauten* ist ein Nischendiskurs innerhalb der Diskussion über die Rolle des Holzbaus für eine nachhaltige Transformation der Bauindustrie, der lediglich in einer Handvoll der analysierten Dokumente zum Ausdruck kommt und von einer kleinen Zahl pionierhafter Akteure getragen wird. Während die ersten drei identifizierten Zukunftsvorstellungen sich bereits in einer Vielzahl konkreter Projekte und Bauvorhaben materialisieren, geht es hier vorrangig um Forschungsaktivitäten sowie die Entwicklung von Prototypen. Die konkrete Umsetzung dieser sozio-technischen Zukunftsvision ist gleichwohl mit großen Unsicherheiten verbunden, insb. was die Integration von menschlichen und maschinellen Fähigkeiten in Mensch-Maschine Kooperationen betrifft. Diese Frage ist aktuell u.a. Gegenstand der Forschungsarbeiten von Ann-Kathrin Wortmeier zur Resilienz dieser cyber-physischen Systeme (Kropp & Wortmeier 2020).

Die soeben vorgestellten sozio-technischen Zukunftsvisionen für den Holzbau sind weder als starre Prototypen noch als umsetzungsfertige Strategien zu betrachten. Es handelt sich vielmehr um normativ aufgeladene, kommunikative Konstrukte, die sich in der hier vorgenommenen analytischen Momentaufnahme eines Diskursfeldes herausgebildet haben. Sie überlappen und widersprechen sich und sind als Teile des dynamischen Prozesses diskursiver Konstruktion von Wirklichkeit flüchtig und veränderlich. Dennoch sind diese Visionen real, sie materialisieren und institutionalisieren sich bereits heute in industriellen Strategien, politischen Versprechungen oder konkreten Bauwerken und beeinflussen somit, wie wir die Zukunft des Bauens denken, wie wir sie uns vorstellen, wie wir sie *bauen*.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

„CETTE RENAISSANCE DE L'ARCHITECTURE DE BOIS A ETE L'OCCASION
D'INVENTER DE NOUVEAUX IMAGINAIRES QUI TEMOIGNAIENT D'UN DESIR DE
RECONCILIATION AVEC NOTRE ENVIRONNEMENT NATUREL”

STEPHANE BERTHIER, 2017

Anliegen dieser Arbeit ist es, die konkurrierenden Visionen für das Bauen mit Holz in Deutschland und Frankreich sichtbar zu machen und auf die Notwendigkeit einer gesellschaftlichen Auseinandersetzung über die Zukunft des Bauens hinzuweisen. Ausgangspunkt hierfür war die Prämisse, dass die Gestaltung von (gebauten) Zukünften essentiell von strategischen Auseinandersetzungen in diskursiven Arenen beeinflusst wird. Die Ergebnisse der Diskursanalyse zeigen, dass in der deutschen und französischen Debatte über die Rolle des Holzbaus für eine mögliche Transformation des Bausektors verschiedene *socio-technical imaginaries* existieren, die von unterschiedlichen Akteurskonstellationen vorangetrieben werden sowie explizite Forderungen stellen, Maßnahmen benennen und sehr konkrete Bilder von möglichen Zukünften entwerfen.

Ist diese engagierte Diskussion also als ein Anzeichen des von Meyer im Jahr 1926 beschriebenen „überall ausbrechenden Erneuerungswillens“ (ebd.) zu deuten, der eine Neuausrichtung des Bauens für das 21. Jahrhundert einläutet? Das vorangestellte Zitat von Stéphane Berthier mag Hoffnung machen, dass sich mit der Renaissance des Holzbaus ein Wandel der stahlharten Strukturen der Bauindustrie andeutet. Mit der Schilderung von Aussichten auf eine Versöhnung des Bauens mit unserer natürlichen Umwelt beschreibt Berthier allerdings keineswegs die aktuelle Debatte – sondern die längst vergessenen Versuche der französischen Regierung, den Holzbau in den 1970er Jahren attraktiv zu machen. Dass wir heute, ein halbes Jahrhundert später, eine ähnliche Debatte führen, zeigt, dass eine tatsächliche Transformation des Bausektors und eine Profilierung des Holzbaus als Katalysator für weitreichende technologische, prozessuale und strukturelle Veränderungen der Branche keineswegs selbstverständlich ist. Und selbst wenn man angesichts der Dynamik des aktuellen Diskurses über die Potentiale des Holzbaus, welcher sich aktuell bereits in einer Vielzahl politischer und industrieller Strategien sowie konkreter Bauvorhaben materialisiert, von Anzeichen eines beginnenden Wandels sprechen kann: die möglichen Transformationspfade sind vielfältig und der Ausgang dieser Prozesse vom aktuellen Standpunkt der Betrachtung aus kaum abzuschätzen.

Holzbau erscheint in der aktuellen Diskussion in Deutschland und Frankreich ebenso als richtige Antwort auf die Klimakrise und den Mangel an Wohnraum, als auch als Entwicklungsmöglichkeit für nationale Wettbewerbsfähigkeit oder fehlende Perspektiven in ländlichen Regionen. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass die jeweiligen *imagineries* mit ihren Versprechungen in gegensätzliche Richtungen weisen, inhärente Zielkonflikte mit sich bringen und nur bedingt nebeneinander existieren können. Gerade die unterschiedlichen Herangehensweisen an die Umsetzung des *Ökobilanzierten Holzbaus* in Deutschland und Frankreich führt vor Augen, dass die Durchsetzung einer sozio-technischen Vision letztlich stark von gesellschaftlichen Prioritätensetzungen sowie rechtlichen, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen abhängt. Der Diskurs des seriellen Bauens wiederum macht klar, dass die Zukunft des Bauens eingebettet ist in internationale Wettbewerbsbedingungen und sich beschleunigende Standardisierungs- Digitalisierungs- und Konzentrationsprozesse, die den Handlungsspielraum aller beteiligten Akteure beschränken.

Welche Qualitätsanforderungen und Kriterien zukünftig an Gebäude, die Baumaterialien aus denen sie bestehen und die privaten und öffentlichen Räume, die sie über Jahrzehnte prägen werden, gestellt werden sollen, ist dennoch keineswegs naturgegeben, sondern verhandel- und gestaltbar. Welche Rolle Ökobilanzen neben Produktivitäts- und Gewinnoptimierungszwängen, Ansprüchen an Suffizienz und Ästhetik, globalisierten Lieferketten und regionalen Materialkreisläufen spielen sollen ist aktuell Gegenstand von industriellen Strategien und politischen Gestaltungsversuchen, die sich – das zeigt die Analyse eindeutig – stark unterscheiden. Und auch wie sich die Akteurskonstellationen des Bauwesens zwischen traditionellem Handwerk, parametrischem Design und KI-gesteuerten Fertigungsplattformen neu konfigurieren könnten, wird bereits heute im Tauziehen der um Deutungshoheit ringenden Diskurskoalitionen mitentschieden.

Aus dieser Gemengelage ergeben sich eine Vielzahl weiterer Ansätze für soziologische und transformative Forschung. Einerseits könnte der Blick auf die Entwicklung alternativer Bausysteme in anderen Länder oder Regionen ausgeweitet werden. Dabei geht es neben neuen Bautechnologien, -materialien, -prozessen und Organisationsstrukturen immer auch um deren rechtliche und soziale Einbettung. Andererseits ist aus Sicht der *transition studies* die Kehrseite der von Joseph Schumpeter beschriebenen *destruction créatrice* also die „Zerstörung“ bestehender sozio-technischer Systeme für den Ablauf und die Analyse systemischer Transformationsprozesse mindestens ebenso relevant: „It is equally important to understand and enact the destabilization and decline of fossil fuel-based regimes [...]“ (Geels 2014).

Angesichts der umfassenden und langfristigen Auswirkungen des Gebäudesektors auf Klima und Umwelt ist über die Sozialwissenschaften hinaus eine inter- und transdisziplinäre Beschäftigung mit dem Bauen der Zukunft unabdingbar. So müssen bspw. nicht nur die Gebäude, sondern – im Fall des Holzbaus essentiell – auch die Wälder den klimatischen und gesellschaftlichen Bedingungen der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts, möglicherweise sogar jeden des 22. Jahrhunderts entsprechen. Zwar wird die Renaissance des Holzbaus vielfach als Übergang in die postfossile Zukunft gefeiert und die Vorherrschaft fossiler Baustoffe im Vergleich zur jahrhundertelangen Tradition des Holzbaus bereits als ein „Wimpernschlag in der Menschheitsgeschichte“ (Wegner 2013: o.S.) bezeichnet. Jedoch erscheint der bedingungslose Rückgriff auf Holz als Allheilmittel angesichts der demographischen wie ökologischen Lebenswirklichkeit des 21. Jahrhunderts kurzfristig: zu groß ist der Bedarf an bezahlbarem Wohnraum gegenüber den schwindenden Holzmengen und den rasant steigenden Preisen für Holzbauprodukte; zu wichtig die Gesundheit der Wälder als natürliche CO₂ Senke, Temperaturregulierer und Schutzraum für Biodiversität.

Die Frage nach der Zukunft des Bauens ist letzten Endes eine Frage nach der Gestaltung unserer zukünftigen gebauten Umwelt, unserer Lebens- und Begegnungsräume und damit der Strukturen unseres Zusammenlebens. Hierbei geht es über die Baubranche hinaus um gesellschaftliche Fragen von weitreichender Relevanz, die nach demokratischer Gestaltung verlangen, denn „(...) aucun mobilier urbain, aucune porte d'entrée, aucun revêtement de sol n'est neutre. Le voisinage le plus banal a toujours son mot à dire“ (France Bois Industries 2018 : 8).

Es lohnt sich, diesen Entwicklungen Aufmerksamkeit zu schenken und sich in die gesellschaftlichen Auseinandersetzungen über die Bauweisen, -werke und -welten der Zukunft einzumischen. In diesem Sinne möchte ich die vorliegende Arbeit mit der Anknüpfung an einen Gedanken des Kunst- und Architekturkritikers Hanno Rauterberg beschließen. Er beschreibt, dass man sich am Bauhaus und generell zu Beginn des 20. Jahrhunderts sicher gewesen sei „die Zukunft gewinnen zu können“ (Rauterberg 2020: 16). Heute jedoch fürchte man sich „vor allem davor, die Zukunft zu verlieren“ (ebd.) oder eben auf eine zuzusteuern, die man gar nicht erleben möchte, eine Klimakatastrophe, ein Inferno. Die Reaktion auf diese Aussicht sei häufig: Stillstand. Stillstand des Energieverbrauchs, der Emissionen, der Flächenversiegelung oder der Schritt zurück in (scheinbar) wünschenswertere Zustände der Vergangenheit. Ich hoffe dieser düsteren Prognose mit der Analyse der aktuell diskutierten sozio-technischen Visionen für die gebaute Zukunft mit Holz zumindest dieses entgegenzusetzen: Es gibt eine Zukunft zu gewinnen!

8 LITERATUR

- ADEME (2019). Bâtiment en route vers la RE2020. In: ADEME (Hrsg.): *Le MAG - La Transition Énergétique en Actions* n°130, Nov. 2019.
- ADEME, CODIFAB, CSF, FBF & FCBA (2019). Étude prospective: Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments.
- Akrich, M., Callon, M. & Latour, B. (2002). The key to success in innovation Part II: The art of choosing good spokespersons. In: *International Journal of Innovation Management* 6(2), 207–225.
- Angelini, G. M. & Buffi, A. (2019). Adaptive Timber Towers. An Evolutionary Prototype for the 21st Century Skyscraper. In: Bianconi, F. & Filippucci, M. (Hrsg.). *Digital Wood Design. Innovative Techniques of Representation in Architectural Design*. Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 24. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 971-989.
- Auer, T. & Franke, L. (2020). User Centered Design - Der Mensch als Maßstab. In: BBSR (Hrsg.): *Bauen im Wandel. Zukunft Bau Kongress 2019*. Bonn: BBSR.
- Bacchi, C. (2021). Introducing the 'What's the problem represented to be' approach. In: Bletsas, A. & Beasley, C. (Hrsg.). *Engaging with Carol Bacchi. Strategic Interventions and Exchanges*. Adelaide: University of Adelaide Press.
- BAK (2020). Stellungnahme zur Mitteilung der Europäischen Kommission über einen neuen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft für ein sauberes und wettbewerbsfähiges Europa, COM (2020) 98 final, 11.3.2020. Berlin/Brüssel: BAK.
- BAK & DGNB (o.J.). Phase Nachhaltigkeit. URL: <https://www.phase-nachhaltigkeit.jetzt>
- BBSR (2021). Zukunft Bau Forschungsförderung. Forschungseinblicke, Experteninterviews und Informationen zur Forschungsförderung. Bonn: BBSR.
- BBSR (2020a). Bauen im Wandel. Zukunft Bau Kongress 2019. In: *Forschung für die Praxis*, Band 25, Bonn: BBR.
- BBSR (2020b). Zukunft Bau Forschungsförderung. Bauen von Morgen. Forschungseinblicke, Experteninterviews und Berichte von Fachveranstaltungen. Bonn: BBSR.
- BDA (2019). Das Haus der Erde. Positionen für eine klimagerechte Architektur in Stadt und Land. Berlin: BDA.
- Berger, P. & Luckmann, T. (1969). Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie. Frankfurt a. M.: S. Fischer.
- Berthier, S. (2017). Le renouveau de l'architecture de bois en France 1956-1985: une expérimentation industrielle. In: *Livraisons de l'histoire de l'architecture* 34.
- Bijker, W. E., Hughes, T. P. & Pinch, T. (Hrsg.) (1987). The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology. Cambridge: MIT Press.
- BMEL (2021). Ergebnisse der Waldzustandserhebung: Schäden haben weiter zugenommen.
- BMEL (2019). Über 300 Jahre forstliche Nachhaltigkeit. URL: <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/carlowitz-jahr.html>

- BMI (2019). Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden (3. Ausgabe). Berlin: Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat.
- BMVI (2015). Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Berlin: Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Boeckl, M. (2020). Die General Panel Corporation. In: *architektur.aktuell, Modern Classics 14*. URL: <https://www.architektur-aktuell.at/news/die-general-panel-corporation>
- Braun, K. (2014). Im Kampf um Bedeutung: Diskurstheorie und Diskursanalyse in der interpretativen Policy Analyse. In: *Zeitschrift für Diskursforschung* 1/2014, 77-101.
- Braun, K. & Kropp, C. (2021). Schöne neue Bauwelt? Versprechen, Visionen und Wege des digitalen Planens und Bauens. In: dies. (Hrsg.): *In digitaler Gesellschaft. Neukonfigurationen zwischen Robotern, Algorithmen und Usern*. Bielefeld: transcript. Im Erscheinen.
- Brendeland, G. & Kristoffersen, O. (2009). Bauen mit Massivholz. In: *arch+* 193, 30-34.
- Brown, T. (2015). Sustainability as Empty Signifier: It's Rise, Fall, and Radical Potential. In: *Antipode* Vol. 48(1).
- Buffi, A. & Angelini, G.M. (2019). Adaptive Timber Towers. An Evolutionary Prototype for the 21st Century Skyscraper. In: Bianconi, F. & Filippucci, M. (Hrsg.). *Digital Wood Design. Innovative Techniques of Representation in Architectural Design*. Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 24. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- Bundespreis Ecodesign (2019). Woodscrapper. URL: <https://www.bundespreis-ecodesign.de/de/gewinner/woodscrapper>
- Bündnis 90/Die Grünen im Bayerischen Landtag (2019). Klimaschutz jetzt! Holzbau-offensive für Bayern. München: Antrag der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen.
- Butzin, A. & Rehfeld, D. (2008). Innovationsbiographien in der Bauwirtschaft. In: *Forschung Aktuell* 10/2008.
- Callon, M. (1986). Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. In: Law, J. (Hrsg.). *Power, action and belief: A new sociology of knowledge*. London: Routledge & Kegan, 196–223.
- von Carlowitz, H. C. (1732). *Sylvicultura oeconomica*. Leipzig: Braun.
- Carpó, M. (2017). *The second digital turn: design beyond intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chazal, P. (2021). La construction bois, c'est de la construction hors-site ! In: *Hors Site - Le Magazine de la construction moderne*, 25.02.2021.
- Cheret, P. & Seidel, A. (2013). Der neue Holzbau. In dies. (Hrsg.). *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- Churkina, G., Organschi, A., Reyser, C.P.O. et al. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability* 3, 269–276.

- Clausen, J. & Fichter, K. (2013). Erfolg und Scheitern „grüner Innovationen“. Warum einige Nachhaltigkeitsinnovationen am Markt erfolgreicher sind und andere nicht. Marburg: Metropolis.
- Correa, D., Krieg, O. D. & Meyboom, A. (2019). Beyond Form Definition: Material Informed Digital Fabrication in Timber Construction. In: Bianconi, F. & M. Filippucci, (Hrsg.). *Digital Wood Design. Innovative Techniques of Representation in Architectural Design*. Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 24. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 61-93.
- Dederich, L. (2013). Mehrgeschossiger Holzbau – heute und morgen. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.). *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- Delitz, H. (2009). Architektur + Soziologie = Architektursoziologie. In: Bundeszentrale für politische Bildung (Hrsg.). *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ)*, Themenschwerpunkt: Architektur und Gesellschaft, 25/2009, 11-16.
- Delitz, H. & Fischer, J. (Hrsg.). Die Architektur der Gesellschaft. Theorien für die Architektursoziologie. Bielefeld: Transcript.
- Deutscher Bundestag (1998). Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung. Drucksache 13/11200.
- DGNB (2020). Neun Punkte für eine zielführende Klimaschutz-Gesetzgebung im Gebäudesektor. Diskussionspapier, 20.03.2020.
- DHWR (2020a). Für Konjunktur und Klimaschutz: 50 % Holzbau bis 2050. Positionspapier.
- DHWR (2016). Roadmap Holzwirtschaft 2025. Berlin: DHWR.
- Dolata, U. (2008). Soziotechnischer Wandel, Nachhaltigkeit und politische Gestaltungsfähigkeit. In: Lange, H. (Hrsg.): *Nachhaltigkeit als radikaler Wandel. Die Quadratur des Kreises?* Wiesbaden: VS, 261–286.
- Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change. In: *Research Policy* 6, 147-162.
- Eckstein, D., Künzel V., Schäfer, L. (2021). Global Climate Risk Index 2021. Who suffers most from extreme weather events? Weather related loss events in 2019 and 2000-2019. Bonn: Germanwatch e.V.
- Elzen, B., Geels, F. W., Green, K. (Hrsg.) (2004). System Innovation and the Transition to Sustainability. Theory, Evidence and Policy. Mass: Edward Elgar, ebrary, Inc. Cheltenham, U.K, Northampton.
- Eßbach, W. (2001). Antitechnische und antiästhetische Haltungen in der soziologischen Theorie. In: Lösch, A. u.a. (Hrsg.) *Technologien als Diskurse. Konstruktionen von Wissen, Medien und Körpern*. Heidelberg: Synchron, 125–138.
- FAO (2019). Global Production of wood products posts highest growth in 70 years. URL: <http://www.fao.org/news/story/en/item/1256261/icode/>
- FBF & CODIFAB (2019). Enquête Nationale de la Construction Bois, Activité 2018.
- FBIE (2018). Cadre de Vie: Demain le bois. Paris: FBIE.
- FCBA (2020). City Zen Wood. Etude Bois, confort et santé.

- Fischer, F. (1998). Beyond Empiricism: Policy Inquiry in Postpositivist Perspective, In: *Policy Studies Journal* 26(1), 129–146.
- Fischer, J. (2009). Zur Doppelpotenz der Architektursoziologie. In: Delitz, H. & Fischer, J. (Hrsg.). *Die Architektur der Gesellschaft. Theorien für die Architektursoziologie*. Bielefeld: Transcript, 385–414.
- Forzieri, G. / Girardello, M. / Ceccherini, G. / et al. (2021): Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. In: *Nature Communications* 12, 1081.
- FranceBois2024 (2019): La filière bois construction et aménagement dans les starting-blocks des Jeux olympiques et paralympiques. Dossier de Presse.
- Frugalité heureuse et créative (2018). Manifeste pour une frugalité heureuse & créative. Architecture et aménagement des territoires urbains et ruraux.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *Research Policy* 31, 1257–1274.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. In: *Research Policy* 33, 897–920.
- Geels, F. W. (2006). Major system change through stepwise reconfiguration: A multi-level analysis of the transformation of American factory production (1850–1930). In *Technology in Society*, 28(4), 445–476.
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. In *Research Policy*, 36(3), 399–417.
- Geels, F.W., (2014). Regime Resistance against Low-Carbon Transitions: Introducing Politics and Power into the Multi-Level Perspective. In : *Theory, Culture & Society* 31, 21–40.
- Godfrain, M. (2018). Les architectes retournent au bois. In: *Le Monde*, 13.05.2018.
- Göpel, M. (2017). *The Great Mindshift - Why We Need a New Economic Paradigm for Sustainability Transformations*. London: Springer.
- Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency & United Nations Environment Programme (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector.
- Grin, J., Rotmans, J., Schot, J. (2010). *Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. New York: Routledge.
- Grin, J. (2016). Transition Studies: Basic Ideas and Analytical Approaches. In H.G. Brauch et al. (Hrsg.): *Handbook on Sustainability Transition and Sustainable Peace*. Hexagon Series on Humand and Environmental Security and Peace, Vol. 10. Springer International Publishing AG Switzerland.
- Gruber, B. (2020). Dem Hochleistungsbaustoff sei Dank – Warum Schüler in einem Holzbau besser lernen. In: *holzbauaustria*, 04.08.2020.
- Grunwald, A. & Kopfmüller, J. (2012). *Nachhaltigkeit. Eine Einführung*. Frankfurt a. M./New York: Campus.
- Gunßer, Christoph (2020). Freuen Sie sich über den Boom im Holzbau, Herr Merz? In: *Baumeister*, 11/2020, 76–81.

- Hajer, Maarten (1995). The politics of environmental discourse. Ecological modernization and the policy process. Oxford: Oxford University Press.
- Hajer, M. (1997). Ökologische Modernisierung als Sprachspiel: eine institutionell-konstruktivistische Perspektive zum Umweltdiskurs und zum institutionellen Wandel. *Soziale Welt*, 48(2), 107-132.
- Hajer, M. (2002). Discourse coalitions and the institutionalization of practice: the case of acid rain in Britain. In F. Fischer & Forester, J. (Hrsg.). *The Argumentative Turn in Policy Analysis and Planning*, 43-76. London: Taylor and Francis.
- Hajer, M. (2004). Argumentative Diskursanalyse. Auf der Suche nach Koalitionen, Praktiken und Bedeutung, In: Keller, R., Hierseland, A., , W., Viehöver, W. (Hrsg.). *Handbuch Sozialwissenschaftliche Diskursanalyse*. Wiesbaden: VS Verlag, 271–298.
- Hajer, M. (2008). Diskursanalyse in der Praxis: Koalitionen, Praktiken und Bedeutung. In: Janning, Frank/Toens, Katrin (Hrsg.). *Die Zukunft der Policy-Forschung*. Wiesbaden: VS Verlag, 211–222.
- Hickmann, M. (2020). Henning Larsen shares master plan für a new urban district in Wolfsburg, Germany. In: *The Architect's Newspaper*, 03.11.2020.
- Holl, C. (2020). Holzprototyp der IBA Thüringen. In *Baumeister* 10/2020, 64-72.
- Holzbau Deutschland (2020). Lagebericht 2020. Berlin: Holzbau Deutschland - Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes.
- Holzbau-Offensive Baden-Württemberg (2018). Holzbau-Offensive Baden-Württemberg: Nachhaltiges Bauen für die Zukunft.
- Hughes, T. P. (1979). The electrification of america: The system builders. In *Technology and Culture* 20: 124–161.
- Hughes, T. P. (1986). The seamless web. Technology, science, etcetera, etcetera. In *Social Studies of Science* 16: 281–292.
- Hughes, T. P. (1989). The evolution of large technological systems. In Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes und Trevor Pinch (Hrsg.): *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*, 51–82. Cambridge: MIT Press.
- Informationsdienst HOLZ (2020a). Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park in München. Baudokumentation. URL: https://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/9_Dokumentationen/Baudokumentation_Prinz-Eugen-Park_2020.pdf
- Informationsdienst HOLZ (2020b). Nachhaltig bauen im größeren Maßstab. 31.07.2020.
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Stocker, T.F. et al. (Hrsg.). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge: Cambridge University Press.
- Jacobs, K., Kemeny, J., Manzi, T. (2004). Introduction. In: dies. (Hrsg.). *Social constructionism in housing research*. Aldershot: Ashgate, 1–13.
- Jaeger, F. (2020). Wohnturm in Heilbronn. In: *Baumeister* 10/2020, 42-51.
- Jasanoff, S. (2015). Future imperfect: science, technology and the imaginations of modernity. In *Dreamscapes of Modernity*, Hrsg. S. Jasanoff & S.-H. Kim, 1-33. Chicago, Chicago University Press.

- Jasanoff, S. & Kim, S.-H. (2015). *Dreamscapes of modernity: Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*. Chicago: University of Chicago Press.
- Jasanoff, S. & Kim, S.-H. (2009). Containing the atom: Sociotechnical imaginaries and nuclear power in the United States and South Korea. In: *Minerva* 47, 119-146.
- Kaltenbrunner, R. (2009). Unscharfe Relationen – Was heißt Nachhaltigkeit in der und für die Architektur? In: Informationsdienst HOLZ (Hrsg.): *Baustoff Holz – nachhaltig*³. Tagungsband zur Fachtagung am 14. Januar 2009 im Internationalen Congress Center München.
- Keller, R. (2009). Müll - Die gesellschaftliche Konstruktion des Wertvollen: die öffentliche Diskussion über Abfall in Deutschland und Frankreich. Wiesbaden: Springer VS.
- Keller, R. (2008). Diskurse und Dispositive analysieren. Die wissenssoziologische Diskursanalyse als Beitrag zu einer wissensanalytischen Profilierung der Diskursforschung. In: GESIS-Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (Hrsg.): *Historical Social Research*, 33(1), 73-107.
- Keller, R. (2005). Wissenssoziologische Diskursanalyse. Grundlegung eines Forschungsprogramms. Wiesbaden: VS Verlag.
- Kemp, R., Schot, J., Hoogma, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation. The approach of strategic niche management. In: *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2), 175 – 198.
- Klar, Ulrike (2020). Wie entsteht ein nachhaltiges Stadtquartier? In: *Baumeister: Wohnungsbau mit Holz*, 10/2020, 73.81.
- Knapp, H. D. (2020). Der Holzweg. In: Knapp, H.D., Klaus, S., Fähser, L. *Der Holzweg. Wald im Widerstreit der Interessen*. Oekom.
- Knippers, J., Kropp, C., Menges, A., Sawodny, O., Weiskopf, D. (2021). Integratives computerbasiertes Planen und Bauen: Architektur digital neu denken. In: *Bautechnik* 98 (3). Berlin: Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften.
- Kobayashi, H. & O'Keefe, D. (2020). Konrad, K. und K. Böhle (2019): Socio-technical futures and the governance of innovation processes - An introduction to the special issue. *Futures*, 109, 101-107.
- Konrad, K. & Böhle, K. (2019). Socio-technical futures and the governance of innovation processes - An introduction to the special issue. In: *Futures* 109, 101-107.
- Köhler, J. et al. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the Art and future directions. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 31(2019), 1-32.
- Kraft, S. & Schindler, C. (2009). Holz – eine lange Geschichte. In: *arch+* 193, 12-13.
- Krieg, O., Menges, A. & Schwinn, T. (2015). Neue Holztechnologien : Robotisch gefertigter Leichtbau. Forstpavillon auf der Landesgartenschau Schwäbisch Gmünd 2014. In : *Holztechnologie* 56 (2015), 20-26.
- Kropp, C. (2019). Nachhaltige Innovationen. In: B Blättel-Mink, I. Schulz-Schaeffer & A. Windeler (Hrsg.): *Handbuch Innovationsforschung*, 1–18. Wiesbaden: Springer Nature.
- Kropp, C. (2013). Nachhaltige Innovationen – eine Frage der Diffusion? In: Rückert-John, J. (Hrsg.). *Soziale Innovationen und Nachhaltigkeit. Perspektiven sozialen Wandels*. Berlin: Springer, 87–102.

- Kropp, C. & Sonnberger, M. (2021). Umweltsoziologie. Nomos, im Erscheinen.
- Kropp, C. und A.-K. Wortmeier (2020). Intelligente Systeme für das Bauwesen: überschätzt oder unterschätzt? In E. A. Hartmann (Hrsg.): Digitalisierung souverän gestalten. Innovative Impulse im Maschinenbau. Heidelberg/Berlin: Springer Vieweg.
- Krötsch, S. (o.J.). Geschichte des Holzbaus. Bauweisen von den Anfängen bis heute. URL: <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/einfuehrung/geschichte-des-holzbaus-6640622>
- Kuhn, G. (2008). Gemeinschaftliches Wohnen im Holzhaus. In: Cheret, P., Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- Laclau, E. & Mouffe, C. (1985). Hegemony and Socialist Strategy. London: Verso.
- Latour, B. (2006). Ethnografie einer Hochtechnologie: Das Pariser Projekt ‚Aramis‘ eines automatischen U-Bahn-Systems. In: Rammert, Werner & Schubert, Cornelius Schubert (Hrsg.): Technografie. Zur Mikrosoziologie der Technik, 25–60. Frankfurt a. M.: Campus.
- Laux, H. (2019). Innovation als Prozess der Netzerkennung. Thomas P. Hughes und die Akteur-Netzwerk-Theorie. In: B. Blättel-Mink et al. (Hrsg.). *Handbuch Innovationsforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Law, John. (1987). Technology and heterogeneous engineering: The case of the Portuguese expansion. In: *The social construction of technological systems: New directions in the sociology*.
- Leitner, S. (2020). Lowtech: nicht smart, aber intelligent. Die Antithese zum Smart Home. In: *holzbauaustria*, 31.08.2020.
- Levenda, A. M., Richter, J., Miller, T., & Fisher, E. (2018). Regional sociotechnical imaginaries and the governance of energy innovations. *Futures*.
- von der Leyen, U. (2020). Wir brauchen ein Europäisches Bauhaus. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 17.10.2020.
- Löser, J. K. (2017). Die Praxis des Nachhaltigen Bauens. Das Adaptionsniveau der Nachhaltigkeit im Immobiliensektor. Dissertation am Institut für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart. Stuttgart: Springer VS.
- Lucon, O., D. Ürge-Vorsatz, A. Zain Ahmed, H. Akbari, P. Bertoldi, L. F. Cabeza et al. (2014). Buildings. In: O. Edenhofer et al. (Hrsg.). *Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge/New York: Cambridge University Press.
- Luo, W., Sandanayake, M., Zhang, G. (2019). Direct and indirect carbon emissions in foundation construction. Two case studies of driven pre-cast and cast-in-situ. In: *Journal of Cleaner Production* Vol. 211, 1517-1526.
- McKinsey & Company (2019). Modular construction: From projects to products. McKinsey & Company.
- Menges, A., Knippers, J., Wagner, H. J., Zechmeister, C. (2020). Pilotprojekte für Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen. In: Bischof, M. Scheven, M. & Oesterle, B. (Hrsg.). *Baustatik – Baupraxis*, 14. Stuttgart: Institut für Baustatik und Baudynamik, Universität Stuttgart.
- Meyer, H. (1926). Die neue Welt. In: ders.: *Das Werk* 13(7), 205-224.

- Ministère de la Transition Écologique (2021). Réglementation environnementale RE2020: Éco-construire pour le confort de tous. Dossier de Presse.
- Münch, S. (2016). Interpretative Policy-Analysis. Eine Einführung. Wiesbaden: Springer VS.
- Nelson, R. & Winter, S. G. (1977). In Search of Useful Theory of Innovation. In: *Research Policy* (6), 36-76.
- Nelson, R. & Winter, S. G. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge: Bellknap Press.
- Nullmeier, F. (2001). Politikwissenschaft auf dem Weg zur Diskursanalyse?, In: Keller, R., Hirsland, A., Schneider, W., Viehöver, W., (Hrsg.). *Handbuch Sozialwissenschaftliche Diskursanalyse*. Wiesbaden: VS Verlag, 285–311.
- Picon, A. (2010). The first steps of construction in iron: problems posed by the introduction of a new construction material. In: *Before steel*. Niggli, Zürich.
- Rammert, W. (2000). Technik aus soziologischer Perspektive 2: Kultur – Innovation – Virtualität. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Rauterberg, H. (2020): Ankommen! Architektur als sozialwissenschaftlicher Forschungsbereich. In: BBSR (Hrsg.): *Bauen im Wandel. Zukunft Bau Kongress 2019*. Bonn: BBSR.
- Reckwitz, A. (2018). Die Gesellschaft der Singularitäten. Zum Strukturwandel der Moderne. 5. Auflage. Berlin: Suhrkamp.
- Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Friscknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T., Passer, A. (2020). Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. In: *Applied Energy* 258, 114107.
- Rockström, J., Gupta, J., Lenton T. et al. (2021). Identifying a Safe and Just Corridor for People and the Planet. In: *Earth's Future*.
- Rohracher, H. (2001). Managing the Technological Transition to Sustainable Construction of Buildings: A Socio-Technical Perspective. In: *Technology Analysis & Strategic Management*, 13(1), 137-150.
- Rohracher, H. & Späth, P. (2008). Energy regions: The transformative power of regional discourses on socio-technical futures. In: *Research Policy* 39, 449-458.
- Schäfers, B. (2006). Zur Begründung einer Architektursoziologie. In K.-S. Rehberg (Hrsg.): *Soziale Ungleichheit, kulturelle Unterschiede: Verhandlungen des 32. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in München*. Frankfurt am Main: Campus Verlag, 3405-3416.
- Schmidt, J., Dunger, C. & Schulz, C. (2015). Was ist ‚Grounded Theory‘? In: Schnell, M. W. (Hrsg.). *Palliative Care und Hospiz*, 35–59. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Schneider, V. & Janning, F. (2006). Politikfeldanalyse. Akteure, Diskurse und Netzwerke in der öffentlichen Politik. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag.
- Schwartz-Shea, P., Yanow, D. (2012). Interpretive research design: concepts and processes. New York: Routledge.
- Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S.E. Cornell, I. Fetzer, E.M. Bennett, R. Biggs, S.R. Carpenter, W. De Vries, C.A. De Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G.M. Mace, L.M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers & S. Sörlin (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science*, Vol. 347.

- Strübing, J. (2008). Grounded Theory - Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung. Wiesbaden: Springer VS.
- Taylor, J. E. (2005). Three perspectives on innovation in interorganizational networks: systemic innovation, boundary object change, and the alignment of innovations and networks. Diss. Stanford.
- UBA (2020). Potentiale von Bauen mit Holz. Erweiterung der Datengrundlage zur Verfügbarkeit von Holz als Baustoff zum Einsatz im Holzbau sowie vergleichende Ökobilanzierung von Häusern in Massiv- und Holzbauweise. Texte 192/2020. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- UN (2019). World Population Prospects 2019: Highlights. ST/ESA/SER.A/423.
- UN (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. URL: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Vogel, H.-J. (2019). Mehr Gerechtigkeit! Wir brauchen eine neue Bodenordnung - nur dann wird auch Wohnen wieder bezahlbar. Freiburg im Breisgau, Herder.
- Wachsmann, Konrad (1930). Holzhausbau – technik und gestaltung. Berlin: Wasmuth Verlag AG.

9 ANHANG

9.1 VERZEICHNIS DER ANALYSIERTEN DOKUMENTE

- ADEME (2019). Bâtiment en Route vers la RE2020. In ADEME (Hrsg.): *Le MAG - La Transition Énergétique en Actions* n°130, Nov. 2019.
- ADEME, CODIFAB, CSF, FBF & FCBA (2019). Étude prospective: Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments.
- Ador, S. (2020) : RE2020 : de nouveaux indicateurs en faveur de la filière bois ? In: *Séquences Bois Magazine*, 23.06.2020.
- Arbeitsgruppe 3 Material- und Energieeffizienz der Charta für Holz 2.0 des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (2020). Empfehlungen der Arbeitsgruppe Material- und Energieeffizienz zur Etablierung einer ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft bei der Nutzung von Holz.
- Architekten- und Stadtplanerkammer Hessen (2015). Flüchtlinge brauchen Wohnungen, keine Behälter! Gestalterisch befriedigende, preiswerte Lösungen sind möglich. Positionspapier, 28.07.2015.
- BAK (2020). Stellungnahme der Bundesarchitektenkammer zur Mitteilung der Europäischen Kommission über einen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft für ein sauberes und wettbewerbsfähiges Europa COM (2020) 98 final, 11.03.2020.
- Baumeister Das Architekturmagazin (2020a). Wachstumsphase – Kommunalen Holzbau. Dezember 2020.
- Baumeister Das Architekturmagazin (2020b). Holzgewerbe. November 2020.
- Baumeister Das Architekturmagazin (2020c). Wohnungsbau mit Holz. Oktober 2020.
- Bayerische Gemeinde Zeitung (2020). Sonderdruck „Holzbau for Future“.
- Bayerische Gemeinde Zeitung (2015). Sonderdruck „Comeback des Holzbaus“.
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2020). Kaniber startet Runden Tisch für ihre Holzbau-Initiative. Pressemitteilung, 20.02.2020.
- Baukultur Bundesstiftung (2019). Ettersburger Gespräch 2019. Baustoffe, Systeme, Nachhaltigkeit. Ressourcen für die Zukunft des Bauens. Strategiepapier, 04.09.2019.
- Kohlhammer, K. (Hrsg.) (2020). Dossier Holzbau. bba bau beratung architektur. Leinfelden-Echterdingen: Konradin Medien GmbH.
- BBSR (2021). Zukunft Bau Forschungsförderung. Forschungseinblicke, Experteninterviews und Informationen zur Forschungsförderung. Bonn: BBSR.
- BBSR (2020a). Bauen im Wandel. Zukunft Bau Kongress 2019. In: *Forschung für die Praxis*, Band 25, Bonn: BBR.
- BBSR (2020b). Zukunft Bau Forschungsförderung. Bauen von Morgen. Forschungseinblicke, Experteninterviews und Berichte von Fachveranstaltungen. Bonn: BBSR.
- BBSR (2020c). Globale urbane Transformation. Einbindung von New Urban Agenda, SDGs und Pariser Klimaschutzabkommen in die kommunale und nationale Stadtentwicklung in Deutschland. BBSR Online-Publikation Nr. 04/2020.

- BBSR (2020d). Nachhaltige Büro- und Verwaltungsgebäude. Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundes. In: *Forschung für die Praxis*, Band 17. Bonn: BBSR.
- BBSR (2019a). Bauen mit Weitblick – Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnungsbau. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- BBSR (2019b). Lowtech im Gebäudebereich. Fachsymposium TU Berlin, 17.05.2019. In: *Forschung für die Praxis*, Band 21. Bonn: BBSR.
- BBSR (2019c). Beitrag der Digitalisierung zur Produktivität in der Baubranche. BBSR Online-Publikation Nr. 19/2019.
- BBSR (2019d). Nachdenken über die Stadt von übermorgen. BBSR Online-Publikation Nr. 11/2019.
- BBSR (2018). Digitales Bauen. In: *Zukunft Bauen - Das Magazin der Forschungsinitiative Zukunft Bau*. Bonn: BBSR.
- BBSR (2017). Materialströme im Hochbau. Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. In: *Forschung für die Praxis*, Band 06. Bonn: BBSR.
- BDA (2019). Das Haus der Erde. Positionen für eine Klimagerechte Architektur in Stadt und Land. Diskussionspapier zum 15. BDA-Tag. Berlin: BDA.
- BDA (2010). Vernunft für die Welt. Manifest der Architekten, Ingenieure und Stadtplaner für eine zukunftsfähige Architektur und Ingenieurbaukunst.
- Berlin.de (2019). Für den Klimaschutz : Berlin baut mit Holz. Pressemitteilung, 24.09.2019. URL : <https://www.berlin.de/rbmskzl/aktuelles/pressemitteilungen/2019/pressemitteilung.849085.php>
- Beyers, B. (2019). Ein Hochhaus aus Holz entsteht in der Hafencity. NDR.
- BMEL (2018). HolzbauPlus Bundeswettbewerb Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen 2018. Berlin: BMEL.
- BMEL & FNR (2020). Recyclinggerechte Verwendung von Holz. Förderaufruf im Rahmen des „Förderprogramms Nachwachsende Rohstoffe“.
- BMI (2019). Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. Berlin: BMI.
- BMI (2020). Zukunft Bau Forschungsförderung. Förderaufruf der Antragsrunde 2020 zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Rahmen des Innovationsprogramms Zukunft Bau. Bekanntmachung, 18.02.2020.
- bois.com (2020a). 10 excellentes raisons de construire bois. URL : <https://www.bois.com/construction-renovation/maison/10-raisons>
- bois.com (2020b). La maison en bois de demain. URL : <https://www.bois.com/construction-renovation/maison/avenir-construction-bois>
- bois.com (2019). Autoconstruction – faut-il se lancer? URL : <https://www.bois.com/construction-renovation/maison/autoconstruction>
- Buerstedde, P. (2019). Holzbau in Frankreich weitete sich aus. In: GTAI Germany Trade & Investment, Branchenbericht Frankreich Holzbau.
- Bundespreis Ecodesign (2019). Woodscaper. URL: <https://www.bundespreis-ecodesign.de/de/gewinner/woodscaper>
- Bündnis 90/Die Grünen im Bayerischen Landtag (2019). Klimaschutz jetzt! Holzbau-offensive für Bayern. München: Antrag der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen.

- Chahrour, M. (2020). Frankreich - Ab 2022 müssen alle neuen öffentlichen Gebäude zu mindestens 50 Prozent aus Holz bestehen. In: *Polis Urban Development*, 14.02.2020.
- Chazal, P. (2021). La construction bois, c'est de la construction hors-site ! In: *Hors Site - Le Magazine de la construction moderne*, 25.02.2021.
- Cheret, P. & Seidel, A. (2013). Der neue Holzbau. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- Cheret, P. & Schwaner, K. (2013). Holzbausysteme – Eine Übersicht. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- CODIFAB, Nobatek/INEF4 & CEEBIOS (2020a). Limiter l'usage des équipements: Quelles solutions pour la construction bois? Low-tech, frugalité et bio-inspiration. Guide pratique.
- CODIFAB, Nobatek/INEF4 & CEEBIOS (2020b). Limiter l'usage des équipements: Quelles solutions pour la construction bois? Résumé.
- CODIFAB (2021). La Filière Bois presente son "Plan Ambition Bois-Construction 2030. Communiqué de Presse, 28.01.2021.
- CODIFAB & FBF (2019). Enquête Nationale de la Construction Bois, Activité 2018.
- CODIFAB & FBF (2017). Enquête Nationale de la Construction Bois, Activité 2016.
- Collegium Academicum GmbH (2016). Collegium Academicum. Gemeinsam Leben und Lernen. Projekt der IBA Heidelberg.
- CNDB (2020). Logement collectifs bois. Édition 2020.
- Dederich, L. (2013). Mehrgeschossiger Holzbau – heute und morgen. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- Deines, T. & Schreiber, S. (2013). Nachhaltige Waldwirtschaft. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- DGNB (2020). Neun Punkte für eine zielführende Klimaschutz-Gesetzgebung im Gebäudesektor. Diskussionspapier, 20.03.2020.
- DGNB (2019). Liveable & fit for the future. People as the centre of sustainable construction. Report. Stuttgart: DGNB.
- DGNB (2018). Building for tomorrow today. Stuttgart: DGNB.
- DHWR (2020a). Für Konjunktur und Klimaschutz: 50 % Holzbau bis 2050. Positionspapier.
- DHWR (2020b). Holzwirtschaft begrüßt baurechtliche Fortschritte – fordert aber zügige Gleichstellung der Bauweisen. Pressemitteilung, 24.09.2020.
- DHWR (2016). Roadmap Holzwirtschaft 2025. Berlin: DHWR.
- EnvirobatBDM & Gauzin-Müller, D. (2020). Construire frugal en Provence-Alpes-Côte d'Azur : 15 exemples inspirants. Marseille : CCI.

- EnvirobatBDM (2019). Livret des Lauréats. Trophées Bâtiments Durables Méditerranéens.
- FBF (2018). Contrat Stratégique de Filière Bois 2018-2022.
- FBF, FBIE, FIBOIS France & CSF (2021). Plan Ambition Bois Construction 2030. Paris : ADOCOM-RP.
- FBIE (2018). Cadre de Vie: Demain le bois. Paris: FBIE.
- FCBA (2020). City Zen Wood. Etude Bois, confort et santé.
- FCBA & CODIFAB (2020). Guide - Comprendre et Maîtriser la Durabilité du Bois.
- FNR (2020a). Holzverwendung nützt dem Klima. Nachhaltige Waldbewirtschaftung und Holznutzung reduzieren nachweislich die Treibhausgas-Emission.
- FNR (2020b). Kommunen streben mehr Klimaschutz durch Holzbau an. 70 Teilnehmer beim Auftaktseminar „Holzbau im öffentlichen Raum“.
- FNR (2015). Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Gülzow-Prützen: FNR.
- Forstpraxis.de (2020). Erstes FSC-zertifiziertes Haus Deutschlands entsteht in Freiburg. URL: <https://www.forstpraxis.de/erstes-fsc-zertifiziertes-haus-deutschlands-entsteht-in-freiburg/>
- Forum Bois Construction France (2021). Grand Palais Ephémère 2021.
- Forum Bois Construction France (2020). La construction biosourcée pour bâtir un avenir. 10^e Forum International Bois Construction. Communiqué, 25.11.2020.
- Forum Bois Construction France (2019). Construire le monde de demain avec le bois. 10^e Forum International Bois Construction. Information presse, 19.12.2019.
- Fördergesellschaft des Zimmerer- und Holzbaugewerbes mbH (2018). Klimagerechtes Bauen.
- FranceBois2024 (2019). La filière bois construction et aménagement dans les start-up-blocks des Jeux olympiques et paralympiques. Dossier de Presse.
- Friedrich, J. (2020). Holzbau an sich ist kein Argument mehr für Qualität. In: *Bauwelt* 10/2020.
- Egger Holzwerkstoffe GmbH & Co. OG (Hrsg.). (2014). Umwelt & Nachhaltigkeit. Mit Egger Holzwerkstoffen nachhaltig bauen und gesund wohnen.
- Frugalité heureuse et créative (2020). Secondes rencontres de la Frugalité heureuse & Créative, Guipel, Langouet & Hédé-Bazouges. *Cahier de la Frugalité* n°3.
- Frugalité heureuse et créative (2019). Premières rencontres de la Frugalité, Lens & Loos-en-Gohelle. *Cahier de la Frugalité* n°2.
- Frugalité heureuse et créative (2018). Manifeste pour une frugalité heureuse & créative. Architecture et aménagements des territoires urbains et ruraux.
- Godfrain, M. (2018). Les architectes retournent au bois. In: *Le Monde*, 13.05.2018.
- Gruber, B. (2020a). Dem Hochleistungsbaustoff sei Dank. Warum Schüler in einem Holzbau besser lernen. In: *holzbauaustria*, 04.08.2020.
- Gruber, B. (2020b). Holzbau schlägt Wurzeln. In Hamburgs Hafencity entsteht ein 65m hohes Holzhaus. In: *holzbauaustria*, 11.12.2020.
- Gruber, B. (2020c). Eiserne Lady mit Holzkern. Beeindruckender Umbau eines alten Bahnhofgebäudes. In: *holzbauaustria*, 09.12.2020.

- Gruber, B. (2020d). Experimenteller Holzbau im Wald. TU Kaiserslautern erhielt Baugenehmigung für Werk- und Forschungshalle. In: *holzbauaustria*, 28.10.2020.
- Gruber, B. (2020e). Berlin Tegel wird zur Stadt aus Holz. Das Schumacher-Quartier soll ab 2022 zeigen, wie Bauen mit Holz geht. In: *holzbauaustria*, 25.02.2020.
- Gruber, B. (2019). Ein Lagerfeuer für ein ganzes Dorf. Wie ein Bürgermeister seine Gemeinde in einem Holzbau näher zusammenbringt. In: *holzbauaustria*, 01.10.2019.
- Günter und Finkbeiner Gesellschaft von Architekten mbH (o.J.). Woodscaper – Ressourcen-positive Gebäude sind möglich! URL: <https://www.woodscaper.de>
- Hickmann, M. (2020). Henning Larsen shares master plan für a new urban district in Wolfsburg, Germany. In: *The Architect's Newspaper*, 03.11.2020.
- Holzbau Deutschland - Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (2021). Forschung und Wissenstransfer im Blick. Presseinformation, 19.02.2021.
- Holzbau Deutschland - Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (2020). Lagebericht 2020. Berlin: Holzbau Deutschland - Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes.
- Holzbau Deutschland - Bund Deutscher Zimmermeister im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (2019). Deutscher Holzbau Preis 2019.
- Holzbau Deutschland Institut (2019). Kann Natur denn schädlich sein? Berlin: Holzbau Deutschland Institut.A
- Holzbau-Offensive Baden-Württemberg (2018): Holzbau-Offensive Baden-Württemberg: Nachhaltiges Bauen für die Zukunft.
- Horsch, B. (2018). Tendenzen und Perspektiven wie der Holzbau an Bedeutung gewinnt. 14. Internationales Holzbau Forum.
- Informationsdienst HOLZ (2020a). Ökologische Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park München. Düsseldorf: Informationsdienst Holz e.V.
- Informationsdienst HOLZ (2020b). Nachhaltig bauen im größeren Maßstab. 31.07.2020.
- Informationsdienst HOLZ (2020c). Gemeinsam gegen den Fachkräftemangel im Holzbau. 25.11.2020.
- Informationsdienst HOLZ (2020d). Versuchslabor für innovativen und experimentellen Holzbau entsteht im Pfälzerwald. 30.11.2020.
- Informationsdienst HOLZ (2009). Baustoff Holz: nachhaltig³. Bonn: Holzabsatzfonds.
- Informationsdienst HOLZ (2008a). Holz – Potentiale des nachhaltigen Baustoffes. Bonn: Holzabsatzfonds.
- Informationsdienst HOLZ (2008b). Energieeffizienz und Nachhaltigkeit durch Bauen mit Holz. Tagungsband zur 5. Freiburger Holzbautagung.
- Kaufmann, H., Huß, W., Schuster, S., Stieglmeier, M., (2017). leanWOOD – Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise. München: Professur für Entwerfen und Holzbau, Prof. Hermann Kaufmann.
- Krieg, O., Menges, A. & Schwinn, T. (2015). Neue Holztechnologien: Robotisch gefertigter Leichtbau. Forstpavillon auf der Landesgartenschau Schwäbisch Gmünd 2014. In : *Holztechnologie* 56 (2015), 20-26.

- Kuhn, G. (2013). Gemeinschaftliches Wohnen im Holzhaus. In: Cheret, P., Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- Landesbeirat Forst- und Holzwirtschaft des Landes Schleswig-Holstein und der Freien Hansestadt Hamburg (2020). Holzbaupreis 2020. Bauen mit Holz in Schleswig-Holstein und Hamburg.
- Landesbeirat Holz Niedersachsen e.V. (2018). Holzbaupreis Niedersachsen 2018.
- Landesbeirat Holz Rheinland-Pfalz e.V. (2018). Holzbaupreis Rheinland-Pfalz 2018.
- Leitner, S. (2020). Lowtech: nicht smart, aber intelligent. Die Antithese zum Smart Home. In: *holzbauaustria*, 31.08.2020.
- Lützkendorf, T. (2013). Nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- Menges, A., Knippers, J., Wagner, H. J., Zechmeister, C. (2020). Pilotprojekte für Integratives Computerbasiertes Planen und Bauen. In: Bischof, M. Scheven, M. & Oesterle, B. (Hrsg.). *Baustatik – Baupraxis*, 14. Stuttgart: Institut für Baustatik und Baudynamik, Universität Stuttgart.
- Michel, B. & Rivaton, R. (2021). L'industrialisation de la Construction. Rapport missionné par le Ministère chargé du Logement, Janvier 2021.
- Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (2020). Bpifrance, l'état, l'Ameublement Français et le CODIFAB lancent le Fonds Bois et Ecomatériaux, d'un montant de 70M€, pour accompagner le développement des entreprises de la Filière Bois et des Matériaux biosourcés. Communiqué de Presse, 16.12.2020.
- Ministère chargé du Logement (2020). Pacte National pour la Relance de la Construction Durable.
- Ministère de la Coesion et des Relations avec les Collectivités territoriales (2020). Habiter la Ville de Demain. Préparer la ville et des territoires sobres, résilients et inclusifs. Dossier de Presse.
- Ministère de la Transition Écologique (2020a). Matériaux de construction biosourcés et géosourcés.
- Ministère de la Transition Écologique (2020b). Aide à la relance de la construction durable.
- Ministère de la Transition Écologique (2021). Réglementation environnementale RE2020: Éco-construire pour le confort de tous. Dossier de Presse.
- Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2020). Holzbau als Bestandteil des kommunalen Klimaschutzes.
- Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (2018). Holzbaupreis Baden-Württemberg 2018.
- Natural Building Lab (2020). Re:Source Timber. Design Studio Summer 20. Technische Universität Berlin.
- Obadia, S. (2017). Un tour du monde en bois et en grande hauteur. In: *Le Moniteur*, 28.04.2017.
- OID (2021). Matériau Bois : L'Option carbone à privilégier ?

- proholzBW (2020). Das nachhaltigste Gebäude der Welt. Veranstaltung der Seminarreihe „Holzbau Heute“ am 06. November 2020.
- proholzBW (2020). Förderbescheid in Höhe von rund 470.000 Euro für eine Holzbau-Professur im Bauingenieurwesen an der Dualen Hochschule Mosbach.
- Rüter, S. (2013). Der Umweltbeitrag der Holznutzung. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- SOLIDEO (2021). Dès 2021, grands travaux riment avec SOLIDEO. Communiqué de presse, 04.02.2021.
- Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2017). Sternstunden des Ingenieurholzbaus 1957-2017. Festschrift zum 60. Jubiläum der Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.
- Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. (2011). Ökologische Bewertung von Brettschichtholz abgeschlossen. Pressemeldung, 10.03.2011.
- Süddeutsche Zeitung (2020). Jarasch will schnelleres Bauen in Berlin und setzt auf Holz. 30.12.2020.
- Terrain Construction (2017). Les principaux constructeurs de maison en bois de France.
- Thun, M. (2021). Das Material des 21. Jahrhunderts. Stararchitekt sieht Holzbau als soziale Verpflichtung. In: *holzbauaustria*, 25.02.2021.
- TUM & Bauindustrie Bayern (2016). Projektplattform Energie. Leitfaden 01 : Ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile.
- UBA (2020). Potentiale von Bauen mit Holz. Erweiterung der Datengrundlage zur Verfügbarkeit von Holz als Baustoff zum Einsatz im Holzbau sowie vergleichende Ökobilanzierung von Häusern in Massiv- und Holzbauweise. Texte 192/2020. Dessau-Roßlau: UBA.
- UBA & BBR (2015). Gold für UBA-Neubau. Haus 2019 in Berlin erhält Auszeichnung für nachhaltiges Bauen.
- Wegner, G. (2013). Kultureller, ökologischer und energetischer Nutzen des Bauens mit Holz. In: Cheret, P. Schwaner, K. & Seidel, A. (Hrsg.): *Urbaner Holzbau – Chancen und Potenziale für die Stadt*. Informationsdienst HOLZ. URL: <https://informationsdienst-holz.de/urbaner-holzbau/>
- WEKA Media GmbH & Co. KG (Hrsg.) (2020). Kommunalen Holzbau – Gemeinden gehen voran. In: *mikado Unternehmermagazin für Holzbau und Ausbau*. Juni 2020 Edition.
- Zeman, R. (2020a). Der soziale Holzbau. Interview mit Univ.-Prof. und Architekt Tom Kaden. In: *holzbauaustria*, 15.12.2020.
- Zeman, R. (2020b). Deutsches Umweltministerium baut in Holz. Städtebauliches Vorzeigeprojekt geplant. In: *holzbauaustria*, 25.09.2020.
- Zeman, R. (2020c). Konzept für biophilen Städtebau. Energiepositive Holzbauten parametrisch berechnet. In: *holzbauaustria*, 01.12.2020.
- Zeman, R. (2020d). Größte Holzbausiedlung Deutschlands. Die ökologische Mustersiedlung in Münchens Prinz-Eugen-Park. In: *holzbauaustria*, 03.11.2020.

- Zeman, R. (2020e). Ein Holzbau-GIS für die Kommunen: Software berechnet Treibhausgas-Einsparungspotential. In: *holzbauaustria*, 07.10.2020.
- Zeman, R. (2020f). Holzbauquote in Deutschland bis 2050 auf 50%. Holzwirtschaftsrat steuert mittels Positionspapier Vorschläge bei. In: *holzbauaustria*, 04.08.2020.
- Zeman, R. (2019). Berliner Ambitionen für das Klima. Senat stellt die Weichen für mehr Holzbau. In: *holzbauaustria*, 11.10.2019.

9.2 VERZEICHNIS DER BESUCHTEN ONLINE-KONFERENZEN & SYMPOSIEN

- | | |
|------------|--|
| 23.10.2020 | Frugalité créative – Weniger ist genug.
Auftakt des gleichnamigen Veranstaltungszyklus.
Institut français Stuttgart. |
| 03.11.2020 | Vers un nouveau vernaculaire: bois, terre, paille, pierre
Dominique Gauzin-Müller, <i>Frugalité heureuse et créative</i> |
| 05.11.2020 | Holzbau DIGITAL Symposium
bauinformation.com |
| 24.11.2020 | Vers un urbanisme des lieux et des liens fertiles
Bernard Blanc, <i>Frugalité heureuse et créative</i> |
| 25.11.2020 | Die Zukunft des Wohnbaus ist seriell, modular und in Holz!
bauinformation.com |
| 01.12.2020 | Bio-inspirée & bioclimatique, la métamorphose
Alain Bornarel & Philippe Madec, <i>Frugalité heureuse et créative</i> |
| 15.12.2020 | Face à la contrainte des ressources, croissance verte ou
low-tech?
Philippe Bihouix, <i>Frugalité heureuse et créative</i> |
| 03.03.2021 | Holzbau DIGITAL Symposium.
bauinformation.com |

9.3 CODEBUCH

Codebezeichnungen und die Häufigkeit ihrer Verwendung; extrahiert aus MaxQDA.

1 Infos für mich	42
2 Holzbau =	6
2.1 Hybridbau	31
2.2 Sanierung / Nachverdichtung / Aufstockung	15
2.3 Holz pur	11
2.4 Holzhochbau	8
2.5 Modulbau	1
3 Nachhaltig bauen =	10
3.1 explizit Holzbau	6
3.2 Kreislaufwirtschaft	52
3.3 Lebenszyklus	32
3.4 Energie-Effizienz	22
3.5 low tech	20
3.6 Nachverdichtung	15
3.7 ganzheitlich (auch sozial, kulturell)	11
3.8 Bioökonomie	11
3.9 Suffizienz	9
3.10 high tech	1
4 Vorteile von Holz	24
4.1 Nachhaltigkeit	11
4.1.1 Klimaschutz (CO2)	80
4.1.2 nachwachsender Rohstoff	17
4.1.3 Kreislaufwirtschaft	13
4.1.4 Materialeinsparung	10
4.2 Vorfertigung	43
4.2.1 Zeiteffizienz	60
4.2.2 Präzision	6

4.2.3 weniger Baustellenlärm	8
4.2.4 bequemer als Baustelle	3
4.2.5 Automatisierung / Roboter	1
4.3 Raumklima & Gesundheit	40
4.4 Materialeigenschaften	17
4.4.1 Wärmedämmung	14
4.5 Ästhetik	28
4.6 serielles Bauen	28
4.7 Biophilie	27
4.8 Regionalität	26
4.9 digital	18
4.10 Kosteneffizienz	21
4.11 Rückbau	13
4.12 CSR / Image	11
4.13 Aufstockung / Nachverdichtung	7
4.14 Wohnungsnot	4
4.15 gestalterische Möglichkeiten	4
4.16 Schaffung von Arbeitsplätzen	1
4.17 Handwerk	1
4.18 gute Akustik	2
5 Hemmnisse für mehr Holzbau	1
5.1 gesetzliche Vorschriften	36
5.2 Brandschutz	4
5.3 fehlende Kompetenzen	19
5.4 "Vorurteile"	10
5.5 Schallschutz	8
5.6 höhere Kosten	6
5.7 nicht industriell	3
6 Forderungen	0

6.1 andere Planungskultur	49
6.2 anderes städtebauliches Leitbild	39
6.3 nachhaltige Forstwirtschaft	39
6.4 Ökobilanzierung	32
6.5 Politische Anreize	26
6.6 "Digitalisierung"	22
6.7 Zertifizierung	19
6.8 anderes Qualitätsverständnis	5
6.9 Nutzerorientierung	7
6.10 Inter- /Transdisziplinarität	3
7 zentrale Akteure	2
7.1 öffentliche Hand	32
7.2 Baugemeinschaften	9
7.3 Architekten	9
7.4 große Holzbauunternehmen	1
8 Risiken von mehr Holzbau	0
8.1 zu wenig (Nadel-)holz	17
8.2 lange Transportwege	9
8.3 nicht ökologischer	7
8.4 Machtkonzentration	10
8.5 teuer	8
8.6 Globalisierung	7
8.7 standardisierte Massenproduktion	4

COMMENT BATIR L'AVENIR ?

UNE ANALYSE DES IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES SUR LA CONSTRUCTION EN BOIS EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE



HANNA SOPHIE MAST
SOUMIS LE 11. MAI 2021

Première examinatrice

Prof. Dr. Cordula Kropp
Universität Stuttgart
Institut für Sozialwissenschaften
Abteilung für Technik- und
Umweltsoziologie (SOWI V)

Deuxième examinateur

Daniel Compagnon
Professeur des universités
Sciences Po Bordeaux
Institut d'Études Politiques

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION	107
II. HISTORIQUE.....	109
III. ARGUMENTATION THÉORIQUE	112
L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION : UN SYSTÈME SOCIOTECHNIQUE RÉSISTANT	112
INDICATEURS D'UNE TRANSFORMATION DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE ET LE RÔLE TRANSFORMATEUR DU BOIS.....	114
LA "MULTI-LEVEL PERSPECTIVE" COMME MODÈLE CONCEPTUEL	115
L'IMPORTANCE DES VISIONS COLLECTIVES ET DES IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES	117
IV. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE	119
V. RÉSULTATS DE L'ANALYSE.....	122
TABLEAU 1: VUE D'ENSEMBLE DES 4 IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES.....	123
A. LA CONSTRUCTION EN BOIS ÉCO-ÉQUILIBRÉES.....	125
B. LA CONSTRUCTION EN BOIS EN SÉRIE	128
C. LA CONSTRUCTION EN BOIS FRUGALE ET RÉGIONALISÉE	131
D. LA CONSTRUCTION EN BOIS PARAMÉTRIQUE ET CO-CRÉATIVE	134
VI. CONCLUSION	137
VII. BIBLIOGRAPHIE	139

ABBREVIATIONS

ADEME	Agence de d'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
BAK	Bundesarchitektenkammer
BBSR	Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BDA	Bund Deutscher Architekten
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CODIFAB	Comité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois
CNC	Computerized Numerical Control
CSF Bois	Comité Stratégique de la Filière Bois
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DHWR	Deutscher Holzwirtschaftsrat
FBF	France Bois Forêt
FBIE	France Bois Industrie Entreprises
FCBA	Forêt Cellulose Bois Construction Ameublement
UBA	Umweltbundesamt

1 INTRODUCTION

"La volonté de renouvellement qui éclate partout" - c'est par ces mots que Hannes Meyer, directeur du Bauhaus de 1928 à 1930, a caractérisé l'esprit et les intentions de ce qui fut une des écoles d'art et d'architecture les plus influentes du XXe siècle (Meyer 1926). Environ un siècle après la fondation du Bauhaus historique, cette volonté de renouveau est appelée à renaître face aux défis actuels de l'humanité : "Le *Nouveau Bauhaus Européen* cherche des réponses à la question de savoir à quoi peut ressembler la vie moderne des Européens en harmonie avec la nature. Et elle contribuera à rendre le XXIe siècle plus beau et plus humain", déclare la présidente de la Commission européenne Ursula von der Leyen (2020 : o.S.).

Ce n'est pas un hasard si le bâtiment - hier comme aujourd'hui - est considéré comme ayant une si grande capacité à façonner et faire évoluer la société. L'architecture ne répond pas seulement aux besoins humains élémentaires de sûreté et de sécurité, elle est aussi l'expression la plus visible de la culture et des conditions sociales et, par son omniprésence, elle façonne nos pratiques quotidiennes de multiples façons (Schäfers 2006 : 3405). Les bâtiments influencent la qualité de vie et la santé des individus, peuvent isoler ou rassembler les gens et ainsi permettre ou empêcher la rencontre et la communauté. Les professionnels du bâtiment ne sont donc pas seulement des experts en conception et en statique, mais aussi des façonneurs de la coexistence sociale, et ce souvent bien au-delà de leur propre vie (Löser 2017 : 22).

Compte tenu de la forte croissance démographique, les Nations Unies partent de l'hypothèse d'un doublement nécessaire du parc immobilier mondial d'ici 2050 (Nations Unies 2019). Toutefois, le secteur du bâtiment et de la construction est déjà responsable de 36 % de la consommation finale d'énergie mondiale et de 39 % des émissions de CO₂ liées aux consommations énergétiques (Global Alliance for Buildings and Construction et al. 2019 : 9). Le secteur est donc confronté à l'immense tâche de créer des espaces de vie dignes pour une population mondiale croissante, tout en réduisant radicalement ses émissions, sa consommation de ressources et sa production de déchets (Braun & Kropp 2021). Compte tenu des effets considérables du bâtiment sur le climat mondial, ainsi que sur notre environnement bâti immédiat, le bien-être individuel et collectif, la transformation durable du bâtiment a un rôle crucial à jouer pour l'avenir (Correa et al. 2019 : 62).

En Allemagne et en France, divers acteurs mettent actuellement la question de la durabilité dans la construction de plus en plus à l'ordre du jour politique. L'impact des matériaux de construction et des émissions générées lors de leur production, est de

plus en plus au centre des débats. En tant que matériau renouvelable absorbant le CO₂, le bois, matériau de construction archaïque, est souvent considéré comme une alternative bienvenue au béton et à l'acier et comme une solution à la crise de productivité, de qualification et de rentabilité ainsi qu'à la crise des ressources et de la confiance du secteur de la construction, diagnostiquées par Braun & Kropp (2021).

Le bilan climatique des bâtiments en bois par rapport aux bâtiments massifs ne sera pas évalué dans le cadre de ce travail. Du point de vue de la recherche sur la transition – qui constitue avec les concepts des Science and Technology Studies (STS) le fondement théorique de ce travail – on s'intéresse plutôt aux visions et *imaginaires sociotechniques* qui se font concurrence dans le discours actuel sur le bâtiment du futur. Selon Antoine Picon, "dans le cas de l'architecture et de la construction, comme dans de nombreux autres domaines de la culture matérielle, l'innovation se produit à l'intersection de questions techniques et sociales qui doivent être décodées" (Picon 2010 : 51). Dans ce sens, le discours politique et industriel actuellement mené en Allemagne et en France sur la construction en bois sera analysé. 150 fragments de discours, qui consistent en des documents de stratégie politique, projets de loi, déclarations de l'industrie et des architectes ou encore publications scientifiques et de la société civile, seront examinés selon les méthodes d'analyse critique du discours de Maarten Hajer. L'objectif est de répondre aux questions suivantes :

- Quelles visions différentes peut-on identifier dans le discours actuel sur l'avenir de la construction en bois en Allemagne et en France ?
- Dans quelle mesure la construction en bois est-elle présentée comme durable dans ces visions ?
- Quelles coalitions d'acteurs conduisent les visions respectives, avec quelles valeurs, quels intérêts et quels objectifs ?

Dans le cadre de cette analyse, quatre *imaginaires sociotechniques* différents ont pu être identifiés. Le but de l'analyse de ces imaginaires n'est pas de prédire l'avenir, mais plutôt de livrer une analyse instantanée du discours industriel et politique actuel et d'identifier des possibilités pour le façonner. À cette fin, le chapitre suivant retrace d'abord l'importance du bois comme matériau de construction au fil du temps (chapitre 2). Ce chapitre est suivi d'une argumentation théorique concernant la conceptualisation de l'industrie de la construction et sa possible transformation vers la durabilité d'un point de vue de la sociologie des transformations (chapitre 3). Le chapitre suivant explique l'approche méthodologique choisie (chapitre 4). Enfin, les résultats de l'enquête sur le corpus de données sont présentés et discutés (chapitre 5).

2 HISTORIQUE

Les paragraphes suivants retracent l'évolution du bois, qui est passé du statut de matériau de construction universel incontesté à son remplacement par l'acier et le béton au cours du XXe siècle, pour arriver à sa renaissance récente, au cours des dix dernières années, en tant que matériau de construction particulièrement écoresponsable, renouvelable, à faible consommation d'énergie et de CO₂.

Le bois est l'un des plus anciens matériaux de construction de l'histoire de l'humanité. Alors que le plus ancien bâtiment en bois entièrement conservé, le temple Hōryū-ji, construit vers 600 après J.-C., se trouve au Japon (Angelini & Buffi 2019 : 975), les vestiges des habitations sur pilotis de la région du lac de Constance témoignent d'une culture européenne de la construction en bois remontant au Néolithique (Krötsch o.J.). À partir du XIIe siècle, la construction à colombages est devenue la méthode de construction dominante dans toute l'Europe centrale. Jusqu'à la fin du XIXe siècle, la vie était largement dominée par le bois : le bois était un matériau universel pour le bâtiment et la construction et tout aussi indispensable aux processus mécaniques, des métiers à tisser aux moulins à vent, qu'aux moyens de transport. En tant que seule source d'énergie, il était également à la base de tout type de transformation matérielle nécessitant de l'énergie (Kraft & Schindler 2009 : 12).

D'un point de vue écologique, l'utilisation massive du bois n'a pas été sans poser de problèmes : à partir du Moyen Âge, la demande de bois était si importante que des forêts entières ont été défrichées et ravagée, et à la fin du XVIIe siècle, il y avait une pénurie de bois de construction et même de bois de chauffage (Boeckl 2020). La relation délicate entre le bois et la sylviculture est ici mise en lumière. La pénurie dramatique de bois a conduit à l'invention du concept originel du développement durable par Carl von Carlowitz en 1732. Sa prescription selon laquelle il ne faut abattre que la quantité de bois qui peut repousser grâce à un reboisement planifié constitue encore aujourd'hui la base de la durabilité forestière (BMEL 2019).

Dès le XIXe siècle, les bâtiments traditionnels en bois sont de plus en plus remplacés par des bâtiments en maçonnerie. Pendant une courte période, le bois est resté le matériau disponible en plus grande quantité, utilisé pour les constructions de plafonds, de toits et d'escaliers, mais ceci a rapidement changé lorsque l'acier et le béton sont devenus des produits de masse. Au plus tard avec la Charte d'Athènes de 1933, qui a défini les grandes lignes de l'habitat moderne à l'occasion du Congrès international d'architecture moderne (CIAM) sous la direction de Le Corbusier, le bois était

considéré comme un matériau inopportun, toléré qu'à des fins décoratives. En outre, après les expériences de la Seconde Guerre mondiale, de nombreux bâtiments urbains en bois ont été remplacés par des bâtiments en matériaux non inflammables (Brendeland & Kristoffersen 2009 : 30). Ainsi, la suprématie de la construction en bois, incontestée pendant des siècles, s'est effondrée en quelques années.

Bien que des tentatives aient été faites au cours du XXe siècle pour adapter la construction en bois aux nouvelles exigences technologiques et sociales, elles ont pour la plupart échoué. En France, à partir du milieu des années 1970, la construction en bois a fait l'objet d'une campagne politique visant à réorganiser le secteur français de la construction : en raison du mécontentement croissant à l'égard des HLM en construction massive et de la position monopolistique des grands fabricants de ciment, le gouvernement a tenté de promouvoir la construction en bois industrialisée dans le cadre du programme Industrialisation Ouverte (Berthier 2017 : 53). Le programme a échoué et a été abandonné en 1983. Stéphane Berthier explique l'échec de la construction industrialisée en bois au XXe siècle par les "réticences culturelles que le modèle suscitait à l'époque, d'abord parce que la maison préfabriquée avait mauvaise presse, ensuite parce que son architecture très moderne fut mal accueillie par un marché de la maison individuelle qui plébiscitait alors les expressions architecturales vernaculaires" (ibid. : 51).

Depuis le début du XXIe siècle, une multitude de facteurs contribuent à la renaissance de la construction en bois : l'intensification du débat public sur le développement durable ainsi que les progrès réalisés dans la production de colles et de composites, le développement de la planification numérique des bâtiments et la préfabrication automatisée d'éléments de construction en bois, les modifications des règlements de construction et les programmes de soutien politique tels que l'offensive bois dans le Bade-Wurtemberg ou le Contrat stratégique filière bois en France. Le bois est actuellement considéré comme un matériau de construction qui répond de ce fait particulièrement aux enjeux du XXIe siècle :

„If we were to put forward the criteria of the material of the future from the viewpoint that we hold today, we would require it to be sustainable, lightweight, structural, multifunctional, compelling, and receptive to parametrically driven forms that are enabled by digital design. The material answering to many of these criteria, is wood“ (Correa et al. 2019 : 62).

L'évolution historique de la construction en bois démontre que les propriétés du bois décrites ci-dessus ne sont pas des découvertes nouvelles. Pourtant, les programmes politiques ne parviennent pas à favoriser l'appropriation de nouveaux matériaux ou méthodes dans des systèmes sociotechniques tels que l'industrie de la construction. Une transformation systémique repose sur des processus de changement complexes, qui sont influencés de manière décisive par les discours publics et les visions collectives de l'avenir. Ceci est le point de départ de ce mémoire, qui tente de contribuer à une meilleure compréhension de ces discours sur l'avenir du bâtiment. À cette fin, le chapitre suivant présente des arguments théoriques sur la transformation des systèmes sociotechniques qui seront appliqués au secteur du bâtiment.

3 ARGUMENTATION THÉORIQUE

Le présent travail se situe dans le domaine de la recherche sur les transformations durables (*transition studies*). La motivation de cette approche repose sur le constat que les modes de vie et les fonctionnements économiques des sociétés industrielles modernes sont si consommateurs en ressources et si polluants qu'ils menacent la vie humaine sur la planète (IPCC 2013, Steffen et al. 2015, Rockström et al. 2019). D'après cette approche, les modes de production et de consommation non durables ne peuvent pas être traités par des améliorations incrémentales et des corrections technologiques, mais exigent des changements radicaux des structures existantes - des changements que l'on appelle des transformations durables (Elzen et al. 2004 ; Grin et al. 2010 ; Köhler et al. 2019).

3.1 L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION : UN SYSTÈME SOCIOTECHNIQUE RÉSISTANT

Les systèmes sociotechniques constituent la catégorie centrale pour l'étude des processus de transformation (Geels 2007). Un système sociotechnique est composé d'éléments techniques, économiques et sociaux qui sont étroitement liés (Hughes 1989 : 51). Il s'agit d'artefacts techniques concrets, d'infrastructures et de flux financiers, de composantes non matérielles telles que les connaissances institutionnalisées et les pratiques sociales, ainsi que d'éléments normatifs et discursifs. Au sein d'un système sociotechnique, ces sous-structures non seulement se côtoient sur un pied d'égalité, mais s'entrecroisent pour former des conglomerats complexes qui s'influencent mutuellement dans leur développement (*coévolution*). L'industrie de la construction peut être interprétée comme un tel système : les méthodes de construction, les technologies et les structures organisationnelles du bâtiment reposent, d'une part, sur des connaissances techniques et des investissements financiers, qui conditionnent le développement de schémas de dépendances au sentier, de structures de marché et de pratiques routinières des utilisateurs. D'autre part, le développement de l'industrie du bâtiment s'inscrit dans des cadres politiques et législatifs qui ont évolué au fil de l'histoire, tels que les normes ou les codes de construction, qui sont à leur tour façonnés par les valeurs culturelles et les attentes sociales.

Comme le montre la rétrospective historique, le système sociotechnique "industrie de la construction" a subi des changements structurels à plusieurs reprises au cours de l'histoire, mais à d'autres moments, il a également montré une grande résistance à

certaines innovations dans la technologie de la construction ou à des stratégies politiques de changement. Les raisons de la résistance particulière du système de construction sont multiples. D'un point de vue économique, selon Butzin & Rehfeld, le cadre serré des projets de construction en termes de délais et de coûts, ainsi que la forte proportion de petites et microentreprises ayant peu de capacité de recherche et de développement, figurent parmi les principaux obstacles à l'innovation dans le secteur de la construction. En outre, les innovations radicales nécessitent également un changement de la demande - si cela ne se produit pas, cela inhibe également leur développement du côté de l'offre. Par ailleurs, le développement de l'innovation est associé à des coûts d'opportunité élevés pour les deux parties. La construction ou l'achat d'une maison étant pour beaucoup de gens le plus gros investissement financier de leur vie, il n'est pas surprenant que la plupart d'entre eux ne soient pas très enclins à expérimenter, mais poursuivent plutôt des stratégies d'aversion au risque. Un facteur cognitif de l'inertie de l'innovation, qui ne se limite pas à l'industrie de la construction, est le fait que les stratégies de résolution de problèmes des organisations sont contraintes par ce qu'on appelle une rationalité limitée. Celle-ci les conduit à restreindre leurs activités de recherche principalement à l'amélioration de produits déjà existants plutôt qu'au développement de produits ou de processus radicalement nouveaux qui ne seraient plus compatibles avec leurs structures organisationnelles et leurs processus de production existants (Kemp 1998; Geels 2004).

D'un point de vue sociologique organisationnel, la fragmentation spatiale et sectorielle de l'industrie de la construction entrave particulièrement la diffusion des connaissances transformatives et des innovations systémiques (Butzin & Rehfeld 2008 : 2). En outre, les principales activités d'innovation dans le secteur de la construction n'ont pas lieu dans le commerce principal, mais chez les fournisseurs de matériaux, d'équipements et de machines de construction, ainsi que chez les ingénieurs et les architectes. C'est ce que la recherche sur l'innovation appelle le "fossé de l'innovation" (Taylor 2005 : 9), qui empêche le regroupement systématique des innovations. Selon J. E. Taylor, les innovations systémiques ne se répandent également que lentement dans les industries basées sur des projets comme la construction, car cela nécessite des processus de coordination et d'alignement entre différentes organisations et groupes d'acteurs. Dans l'ensemble, l'industrie de la construction peut être décrite comme un système sociotechnique hautement stabilisé, complexe et résistant, dans lequel de nombreux facteurs interagissent pour maintenir des structures, des modèles de production et des pratiques fermement établis, ce qui entraîne une inertie et des processus d'innovation incrémentale.

3.2 INDICATEURS D'UNE TRANSFORMATION DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION EN FRANCE ET EN ALLEMAGNE ET LE RÔLE TRANSFORMATEUR DU BOIS

À l'heure actuelle, le secteur de la construction est toutefois confronté au défi de s'adapter aux conditions changeantes dues à l'évolution démographique et à la raréfaction des ressources, aux attentes sociales croissantes en matière de compatibilité environnementale et climatique, à l'économie circulaire ou à la mise en réseau numérique (maison intelligente), ainsi qu'aux idées d'utilisation flexible des bâtiments et aux concepts d'habitation radicaux tels que les tiny houses, qui gagnent en popularité. Ces évolutions - déjà évaluées par Harald Rohrer en 2001 et par Butzin & Rehfeld en 2008 - sont susceptibles de bouleverser l'ensemble du système socio-technique : "[...] la mise en œuvre de technologies de construction durable devra s'accompagner d'un processus de changement des contextes sociaux et institutionnels. Elle peut avoir des conséquences importantes non seulement sur la pratique technologique de l'industrie, mais aussi sur sa structure, ses canaux de communication et l'orientation organisationnelle et stratégique des acteurs qui la composent. Boden va jusqu'à appeler cela un "changement de paradigme" de l'industrie de la construction" (Rohrer 2001 : 141).

Le présent travail se concentre sur le pouvoir de transformation attribué à une utilisation accrue du bois comme matériau de construction dans le débat actuel en France et en Allemagne. L'analyse s'appuie sur l'argument de Correa et al., selon lequel l'introduction de nouveaux matériaux - ou dans le cas du bois : l'utilisation renouvelée et différente d'un matériau familier - pourrait servir de catalyseur à des changements profonds dans l'ensemble du secteur de la construction : „Innovation in material is concurrent and catalytic to other changes in the design and construction industries“ (Correa et al. 2019 : 65). Selon ces auteurs, la pression d'adaptation que provoque un changement dans le choix des matériaux a le potentiel de bouleverser l'ensemble du système sociotechnique, et de déclencher un processus de transformation.

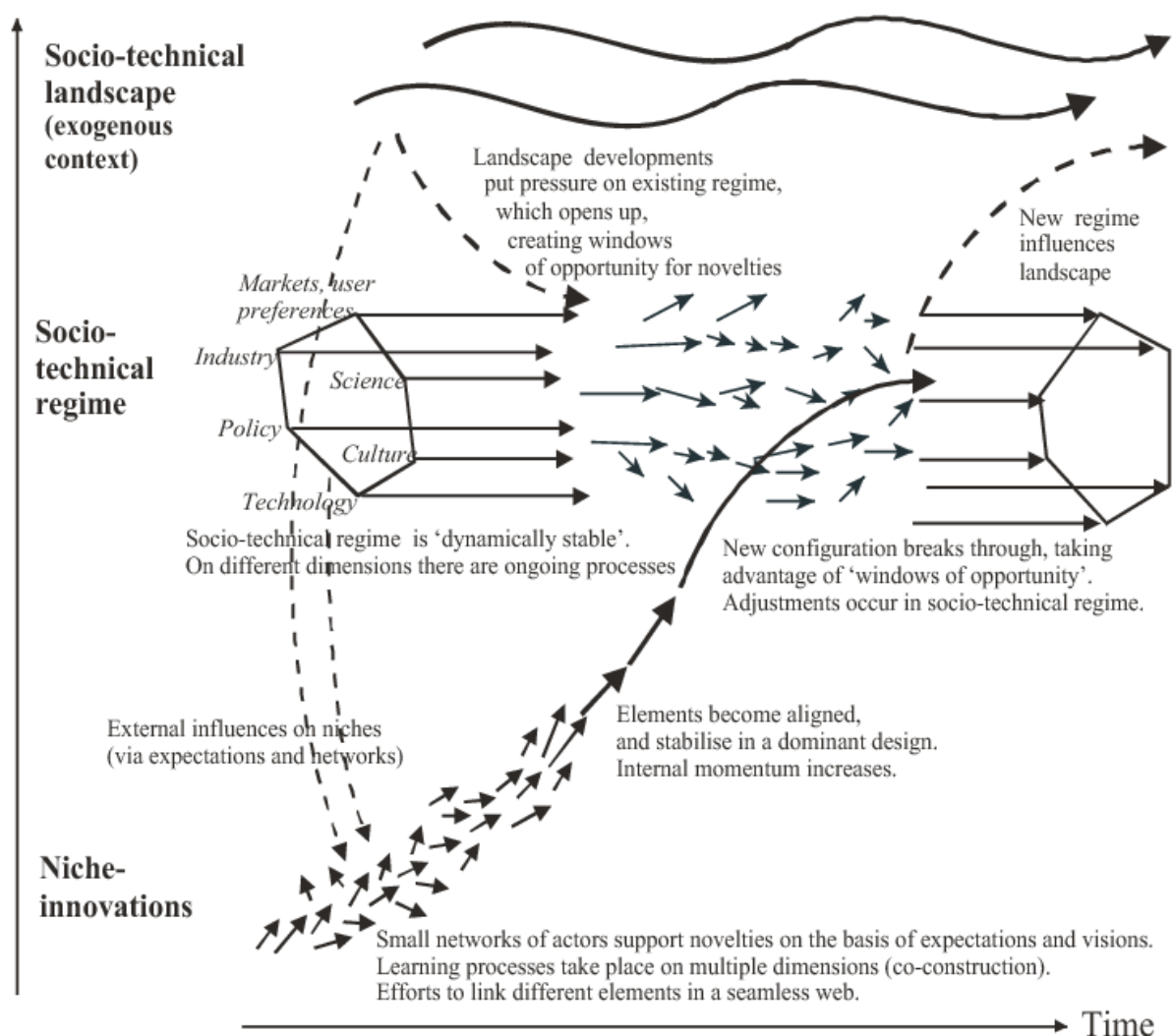
3.3 LA “MULTI-LEVEL PERSPECTIVE” COMME MODÈLE CONCEPTUEL

Au sein des *transition studies*, il existe différentes approches permettant de conceptualiser les processus de transformation. Le présent travail est orienté vers l'approche sociotechnique, dont le concept central est la perspective multi-niveaux (MLP). Ce modèle a été développé par John Grin, Jan Rotmans, Johan Schot, Arie Rip, René Kemp et Frank Geels (Rip & Kemp 1998 ; Schot 1998 ; Geels 2002 ; 2005), entre autres, et tente de représenter les interactions entre les facteurs sociaux et technologiques, individuels et structurels dans un seul modèle. Selon la MLP, un système sociotechnique peut être divisé en trois niveaux : *Niches*, *régimes* et *paysages* (voir Fig. 1). Les innovations radicales se développent d'abord dans des *niches*, qui se situent largement en dehors de la sphère de perception générale et sont soutenues par un petit nombre d'acteurs individuels, collectifs ou corporatifs sur la base de leurs attentes et de leurs visions de l'avenir. Ces niches font partie d'un *régime* sociotechnique, qui est façonné par des constellations d'acteurs, règles et conventions spécifiques ainsi que par des structures économiques et techniques. Les régimes peuvent être modifiés par des innovations de niche, mais ils influencent également leur développement. Les régimes et les valeurs sur lesquels ils reposent sont à leur tour ancrés dans des conditions cadres globales, que Geels (2002), à la suite de Fernand Braudel, décrit par la métaphore du *paysage*. Cette métaphore décrit des tendances physiques ou sociales fondamentales qui ne peuvent pas être directement influencées par les acteurs du régime, telles que la mondialisation, l'individualisation, le changement démographique ou le réchauffement climatique (Geels & Schot 2007 : 406). Des évolutions au niveau du paysage, couplées à des évolutions de niche, peuvent dans certains cas bouleverser des régimes qui sont restés stables pendant des décennies. De cette façon, des fenêtres d'opportunité (*windows of opportunity*) s'ouvrent et permettent une reconfiguration du régime sociotechnique.

En ce qui concerne le sujet de cette étude, on pourrait argumenter sur la base de la MLP que les développements au niveau du *paysage*, tels que la perception et la problématisation croissantes du changement climatique et de la raréfaction des ressources, mais aussi la forte croissance de la population et la numérisation, impulsée notamment par les acteurs étatiques, exercent une pression sur le secteur de la construction en tant que système socio-technique. Les méthodes de construction dominantes y sont trop gourmandes en ressources et en CO₂, les processus trop inefficaces, et les bâtiments qui en résultent trop rigides pour répondre aux exigences de protection du climat, d'efficacité numérique et de flexibilité des logements. Le régime

de niche - la construction en bois - avec ses produits, ses processus et ses solutions technologiques semble détenir de meilleures réponses aux questions pressantes du présent à plusieurs de ces égards : Le bois n'émet pas de CO₂, la planification numérique et la préfabrication sont des standards depuis des décennies, et de nombreux concepts d'habitation flexibles peuvent être mis en œuvre de manière particulièrement efficace dans la construction en bois.

FIGURE 1 MULTI-LEVEL PERSPECTIVE SELON FRANK GEELS (2002: 1263)



3.4 L'IMPORTANCE DES VISIONS COLLECTIVES ET DES IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES

Harald Rohrer et Philipp Späth postulent dans leur article de 2010 : "Guiding visions play an important role in the transition management approach as a central means of mobilizing social actors and the co-ordination of dispersed agency" (Rohrer & Späth 2010 : 449). Les Leitbilder ou visions collectives de l'avenir remplissent donc diverses fonctions importantes dans le contexte des transitions systémiques : ils permettent de mobiliser les acteurs de la science, de l'industrie et de la politique et contribuent ainsi à la formation de coalitions d'acteurs intersectorielles qui sont si importantes pour la transformation. Le rassemblement des constellations d'acteurs derrière certaines visions de l'avenir n'est en aucun cas neutre ou évident, mais il est d'une part motivé par des intérêts et des stratégies et d'autre part déterminant pour le déroulement des processus de transformation. La question de savoir quels acteurs, avec le déploiement de leurs ressources matérielles, financières ou de réseau, soutiennent quelle vision, est décisive pour l'ouverture ou la fermeture de certaines voies de transformation : "Collective expectations and imaginaries, their explicit claims and implied framings, prestructure which developments are considered relevant and urgent, possible or inevitable" (Konrad & Böhle 2019 : 102).

L'hypothèse centrale de ce travail consiste donc également à dire que les visions collectives de l'avenir du bâtiment jouent un rôle décisif dans les processus de transition de ce système sociotechnique. L'objectif de ce mémoire est donc d'utiliser le concept des *imaginaires sociotechniques* pour déterminer quelles sont les visions et idées du futur du bâtiment présentes dans l'actuel discours public, politique et industriel, car celles-ci favorisent des trajectoires de transition différentes et reposent sur des présuppositions (Picon 2019), valeurs, et croyances contradictoires. Le concept des *imaginaires sociotechniques* a été développé par Sheila Jasanoff et Sang-Hyun Kim pour décrire comment les idées sur le progrès scientifique et technique incluent implicitement des idées sur des objectifs sociaux, les futurs collectifs et le bien commun (Jasanoff & Kim 2009). Elles définissent les *imaginaires sociotechniques* comme :

"collectively held, institutionally stabilized, and publicly performed visions of desirable futures, animated by shared understandings of forms of social life and social order attainable through, and supportive of, advances in science and technology" (Jasanoff 2015 : 4).

Les imaginaires sociotechniques sont donc des conceptions du futur normatives, collectivement partagées, qui - et ceci est important - non seulement envisagent des futurs possibles, mais influencent également leur réalisation. Les imaginaires ont un effet performatif sur les processus de recherche et de développement technologique, d'innovation, de définition de l'agenda politique, de réglementation et de mise en œuvre des projets scientifiques et technologiques (Braun & Kropp 2021).

Compte tenu de l'urgence de façonner rapidement et efficacement une transformation durable de l'industrie de la construction, et de la nécessité de prendre en compte les préoccupations et les intérêts d'un large éventail d'acteurs sociaux dans ce processus, il semble utile d'examiner les visions conflictuelles de l'avenir qui émergent actuellement, se chevauchent et se contredisent dans le discours public sur ce changement, et derrière lesquelles se rassemblent diverses coalitions d'acteurs (Rohracher 2001 : 145). C'est le point de départ de l'analyse suivante : en examinant stratégiquement les lignes d'argumentation et les coalitions discursives (Hajer, voir chapitre 5) qui structurent le débat actuel sur le rôle de la construction en bois dans la transformation durable de l'industrie de la construction, il s'agit d'affiner le regard sur les espaces de discussion et de conception sociale ainsi que les points de départ des stratégies politiques. Les méthodes utilisées pour rechercher les imaginaires sociotechniques dans le matériel de discours sur l'avenir de la construction en bois sont expliquées dans le chapitre suivant.

4 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'objectif de ce travail de recherche est d'identifier et d'interpréter les imaginaires sociotechniques qui sont au cœur du discours public, industriel et politique actuel sur la construction en bois en Allemagne et en France. Le terme "discours" se réfère avant tout à une construction sociologique. Cela suppose hypothétiquement qu'il existe un lien, une structure commune ou une règle sous-jacente entre des données empiriques, qui existent initialement comme des événements communicatifs singuliers dispersés dans le temps et l'espace (Keller 2009 : 79). Cette structure commune est ce que l'on appelle, à la suite de Michel Foucault, un discours. Les discours sont considérés comme une manifestation des ordres de connaissances sociales - et en même temps comme la base pour la déconstruction et le changement de ces derniers. Les imaginaires sociotechniques ne sont pas seulement des constructions discursives de futurs possibles : ils jouent un rôle décisif dans la bataille discursive dans laquelle différentes constellations d'acteurs font avancer stratégiquement leurs visions - dans le but de changer le système sociotechnique existant dans leur sens. Il est donc intéressant, d'un point de vue scientifique comme politique, d'étudier ces discours.

La base empirique à l'étude des schémas de signification, d'argumentation et de légitimation utilisés par les différents acteurs dans le discours actuel sur la construction en bois en France et en Allemagne sont les traces laissées par ces processus de communication stratégique : des rapports, directives et propositions législatives des ministères et des autorités, des déclarations d'associations professionnelles et d'intérêts de l'industrie de la construction en bois, de l'architecture et de l'ingénierie, des publications d'organisations de la société civile ainsi que des analyses et études scientifiques. Ces documents ont été soumis à une analyse comparative basée sur la méthode de recherche développée par Maarten Hajer (1997 ; 2002). Au cours de ce processus, les représentations du problème, les attentes, les promesses, les objectifs et les revendications, mais aussi les contraintes et les risques perçus qui structurent les différents imaginaires sociotechniques ont été analysés.

À ce point, il faut préciser que les textes individuels et les événements de déclaration ne représentent jamais un seul discours et ne le représentent pas dans son intégralité. L'analyse du discours en sciences sociales tente donc de faire des déclarations sur l'ensemble du discours en agréant des analyses d'événements discursifs individuels. Ici, il devient clair que l'analyse du discours doit être comprise comme un

acte de recherche interprétatif. Cependant, en tant qu'"analyse interprétative" (Keller 2008 : 82), la recherche sur le discours en sciences sociales peut certainement identifier des éléments structurels typiques qui sous-tendent le discours dans son ensemble. Dans ce contexte, le terme "herméneutique" décrit une procédure analytique qui permet de rendre compréhensibles les étapes de l'interprétation. Pour ce faire, la sélection et l'analyse des données dans cette thèse sont guidées par les principes de la Grounded Theory, qui a été développée dans les années 1960 par les sociologues Barney Glaser et Anselm Strauss. C'est l'une des méthodes les plus utilisées dans la recherche sociale qualitative-interprétative (Strübing 2008). L'élément central de la Grounded Theory est constitué par les processus d'échantillonnage et de codage, dont l'application concrète à l'objet de recherche de cette thèse sera retracée dans ce qui suit.

Une caractéristique importante de la Grounded Theory est le parallélisme temporel de la collecte des données, de l'analyse et de la construction de la théorie. Glaser et Strauss étaient des adeptes du paradigme interprétatif, qui suppose que les interactions entre les personnes doivent être interprétées et que ce n'est que de cette manière que l'on peut leur attribuer un sens et une signification. La recherche basée sur la théorie ancrée doit donc toujours être à la fois empirique et théorique. Pour le processus de sélection des données selon les règles de la théorie ancrée, cela signifie que les données à collecter ne sont pas déterminées à l'avance par le chercheur, mais sont spécifiquement sélectionnées dans un processus d'échantillonnage théorique au cours de l'analyse. Cela a également été le cas pour la présente analyse : la base de données a été sélectionnée à partir d'entretiens avec des experts et de recherches approfondies sur Internet, et a été successivement élargie au cours de l'analyse, pour arriver à un nombre total de 150 documents.

Le processus d'évaluation et d'interprétation selon la théorie ancrée est appelé "codage". Afin de décrypter les différentes structures argumentatives et les schémas d'interprétation au sein d'un discours, le chercheur et le sujet de recherche passent par trois phases de codage : le codage ouvert, le codage axial et le codage sélectif. Dans la phase de codage ouvert, les différentes dimensions du phénomène abordées dans le discours sont nommées et encodées. Plus précisément, cela signifie qu'il faut sélectionner les données, déterminer leur signification dans le contexte donné et les étiqueter avec un terme (*code*). Dans cette première étape de l'analyse, il ne s'agit pas seulement de décrire analytiquement le contenu des textes, mais d'identifier et de catégoriser le contenu empirique du phénomène discuté (Schmidt et al. 2015 : 41). La phase de codage axial vise à relier les catégories créées entre elles. Sur cette

base, dans la dernière phase - celle du codage sélectif - une catégorie centrale doit être élaborée, autour de laquelle toutes les autres catégories sont organisées : "En partant de la catégorie centrale, il doit être possible de raconter une histoire cohérente qui prend en compte toutes les catégories et leurs relations les unes avec les autres" (Schmidt et al. 2015 : 44).

Dans le présent travail, quatre "histoires" de ce type, quatre *imaginaires sociotechniques* de l'avenir de la construction en bois, ont pu être identifiés et seront présentés de manière détaillée ci-après.

5 RÉSULTATS DE L'ANALYSE

Tous les indicateurs pointent vers une transformation – ceci est la première conclusion que l'on peut tirer de l'analyse des discours sur l'avenir de la construction en bois en France et en Allemagne. L'exigence d'un changement fondamental dans la construction est la teneur de tous les documents analysés, et l'utilisation accrue du bois comme matériau de construction semble offrir de nombreuses solutions aux problèmes actuels du secteur. Cependant, la définition exacte de ces problèmes et, par conséquent, le potentiel concret de la construction en bois - c'est la deuxième conclusion centrale - diffère fortement entre les quatre *imaginaires sociotechniques* identifiés. Le premier imaginaire, la construction en bois éco-équilibrée, met en avant les potentiels de la construction en bois pour la protection du climat et l'économie circulaire. Ceux-ci sont plutôt en arrière-plan dans la deuxième image, la construction en bois de série. Au lieu de cela, ce discours est dominé par l'aptitude du bois à la pré-fabrication industrielle de composants individuels et par la rentabilité associée en termes de temps et de coûts. La vision de niche de la construction en bois frugale vise les cycles régionaux et la suffisance, et la quatrième vision une réorganisation fondamentale du processus de construction à l'aide des technologies numériques, algorithmiques et robotiques de planification, de production et de construction. La forme exacte des quatre imaginaires, y compris les coalitions discursives qui conduisent stratégiquement ces visions du futur, est résumée dans le tableau 1 et sera différenciée dans ce qui suit.

5.1 TABLEAU 1: VUE D'ENSEMBLE DES 4 IMAGINAIRES SOCIOTECHNIQUES

	LA CONSTRUCTION EN BOIS ECO- EQUILIBREES	LA CONSTRUCTION EN BOIS EN SERIE	LA CONSTRUCTION EN BOIS FRUGALE ET REGIONALISEE	LA CONSTRUCTION EN BOIS PARAMETRIQUE ET CO-CREATIVE
Coalition d'acteurs	UBA, ADEME, DGNB, BDA, BAK	DHWR, CSF, CNDB	<i>Frugalité heureuse et créative</i> , BDA	IntCDC, RWTH Aa- chen
Objectiv	Réduction du CO ₂ sur l'ensemble du cycle de vie, écono- mie circulaire	Logements acces- sibles et sains tout en respectant les objec- tifs en matière de CO ₂	impact environne- mental le plus faible possible ; cycles ré- gionaux des ma- tières premières, fru- galité	<i>Co-Design</i> de bâti- ments iconiques en bois
Représen- tation du problème	les émissions de CO ₂ et les impacts environnementaux de la construction qui ne sont pas prises en compte ("l'énergie grise")	Crise de logements, contraintes de temps et de coûts des pro- jets de construction, faible productivité et efficacité du secteur	Paradigme du pro- grès industriel, des- truction de la nature et du climat	les processus li- néaires et les structures rigides du secteur de la construction
Atouts du bois	fixateur le CO ₂ , re- nouvelable, adapté à l'utilisation en cas- cade et l'économie circulaire	Efficacité en termes de temps et de coûts grâce à la préfabrica- tion, délais de cons- truction réduits, as- pects de santé.	Matériaux régio- naux, faible impact environnemental, apté aux technolo- gies de construction traditionnelles	Permet de nou- velles formes, des méthodes de con- ception paramé- trique et des mo- dèles de collabora- tion avec l'IA et les robots.
Mesures nécess- aires	Obligation légale d'évaluation sur l'en- semble du cycle de vie des bâtiments	Modularisation, stan- dardisation, numérisa- tion	Régionalisation des cycles des matières premières, frugalité	Réorganisation fondamentale des processus de con- ception et de cons- truction

**LA CONSTRUCTION
EN BOIS ECO-
EQUILIBREES**

**LA CONSTRUCTION
EN BOIS EN SERIE**

**LA CONSTRUCTION
EN BOIS FRUGALE
ET REGIONALISEE**

**LA CONSTRUCTION
EN BOIS
PARAMETRIQUE ET
CO-CREATIVE**

Technologies	Analyse du cycle de vie	Production industrielle en série de composants et de modules standardisés	low tech, <i>biomimétisme</i>	Combinaison de technologies de conception et de simulation numérisés et de méthodes de fabrication robotiques
Acteurs importants	Autorités politiques et gouvernementales	entreprises de construction bois intégrées dans les chaînes de valeur internationales et pouvant agir en tant qu'entrepreneurs généraux	Constructeurs et artisans locaux, participation des communautés et des utilisateurs dès le processus de planification	Architectes, logiciels de conception paramétrique, IA, robots
Risques	ncertitude quant à la disponibilité du bois	Concurrence internationale, dumping de prix et de qualité	n.d.	Interactions homme-machine complexes
Modèle urbain	Retour au "vieux" modèle de centres-villes denses, de poli-centralité et de multifonctionnalité	Flexibilisation	Petites villes auto-suffisantes, intégrées dans les cycles régionaux des matières premières, Dissolution de la division entre ville et campagne	n.d.

5.2 LA CONSTRUCTION EN BOIS ÉCO-ÉQUILIBRÉES

L'imaginaire de la construction en bois éco-équilibrée vise une réduction radicale des émissions de CO₂ des bâtiments sur l'ensemble de leur cycle de vie, ainsi que l'intégration cohérente des matériaux et produits de construction dans une économie circulaire. La base en est l'évaluation écologique et le bilan CO₂ des projets de construction. Ce modèle est promu par des acteurs gouvernementaux et politiques et des institutions de recherche comme l'UBA ou l'ADEME, ainsi qu'en Allemagne essentiellement par la DGNB et les grandes associations d'architectes BDA et BAK. Au centre de la représentation du problème de cet imaginaire se trouvent les impacts environnementaux qui découlent de la construction et de l'exploitation des bâtiments, ainsi que leur manque d'attention politique. Cette critique se réfère principalement à l'accent mis sur l'efficacité énergétique des bâtiments pendant la phase d'utilisation, qui se traduit par des concepts tels que les maisons passives ou à énergie positive, qui ont été fortement promus des deux côtés du Rhin au cours des dernières décennies. L'objectif des mesures politiques doit plutôt être d'adopter une vision globale, non seulement des économies d'énergie pendant l'utilisation du bâtiment, mais aussi des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble de son cycle de vie, ainsi que des possibilités de recyclage et d'élimination des matériaux, et de les limiter dans l'intérêt de la protection du climat et de la préservation des ressources. À cet égard, le bois est privilégié comme matériau de construction car, en tant que matière première renouvelable et fixatrice de CO₂, il pourrait permettre un mode de construction plus respectueux de l'environnement et du climat que le béton et l'acier, tant du point de vue de l'énergie grise que de ses propriétés d'isolation thermique et de sa recyclabilité.

Les technologies centrales de cet imaginaire sociotechnique sont les méthodes d'évaluation et de certification écologique. Ici, la représentation du problème central - le non-respect des émissions et des impacts environnementaux - se poursuit, car les chiffres clés correspondants pour calculer l'empreinte environnementale des éléments de construction n'existent souvent pas ou doivent être estimés. Ainsi, l'ADEME déclare : "La publication des données environnementales des matériaux est essentielle pour voir plus clair sur la performance des bâtiments. À l'heure actuelle, les analyses de cycle de vie se basent sur une large part de données 'par défaut' qui faussent les résultats " (ADEME 2019 : 9). C'est pourquoi les acteurs à l'origine de cette vision de l'avenir exigent avec véhémence des réglementations légales pour une évaluation écologique uniforme des projets de construction, ainsi que la création

d'une base de données standardisée pour les informations correspondantes sur les produits. Ce point révèle une différence majeure entre la France et l'Allemagne : bien que l'imaginaire est soutenu par une large coalition d'acteurs en Allemagne, les mesures n'ont jusqu'à présent été définies ni sur le plan stratégique ni sur le plan législatif au niveau fédéral. Les stratégies de construction en bois du Bade-Wurtemberg et de Berlin constituent des exceptions, mais elles ne sont pas juridiquement contraignantes. Le gouvernement français, quant à lui prévoit des dispositions légales strictes pour l'évaluation environnementale des projets de construction sous la forme de RE2020. Ainsi, si un imaginaire sociotechnique ne s'arrête pas aux frontières nationales et étatiques, sa mise en œuvre dépend encore fortement des structures et des cultures politiques. Selon la conceptualisation de Jasanoff & Kim, les imaginaires sociotechniques sont voire explicitement utilisés pour la démarcation des États-nations (Jasanoff & Kim 2015). Ceci est particulièrement évident pour le discours de la construction en bois éco-équilibrée. La France, par exemple, profite de la conception du village olympique, qui est en grande partie prévu en construction bois, pour se positionner au niveau international comme un pionnier de la protection du climat dans le secteur du bâtiment :

„Les jeux sont aussi l'occasion de démontrer au monde que la France rejoint le peloton de tête des pays constructeurs en bois et que l'événement s'inscrit dans la sobriété énergétique appelée de ses vœux par le Gouvernement (...) C'est une occasion unique de faire rayonner dans le monde le savoir-faire français dans le domaine de la ville durable et de la transition post-carbone” (AdivBois 2019: 3).

Dans le Bade-Wurtemberg également, l'objectif déclaré de l'offensive de la construction en bois est de s'imposer comme un modèle de la construction respectueuse du climat, et le fait que le parc de Prinz-Eugen se qualifie lui-même de « village modèle écologique » est assez parlant à cet égard. Malgré cette confiance et la fierté nationale et régionale qui semblent être un moteur important de cette vision de l'avenir, les doutes, les risques et les problèmes attendus pour cet avenir imaginé de la construction en bois se manifestent aussi parfois. Le principal point sensible de cette imagination réside dans la question de la disponibilité suffisante du bois comme matière première. Les prévisions de l'ADEME sont pessimistes à cet égard : « Il apparaît clairement que, pour le bois d'œuvre résineux (BOR), même un scénario sylvicole dynamique ne permettra pas de répondre à l'horizon 2035 à la totalité de la consommation attendue ». (CSF et. al. 2019 : 18). Compte tenu de l'état préoccupant des forêts en Europe (Forzieri et al. 2021) et de la menace de la concurrence pour le bois en tant

que matière première, qui est également très demandé pour la production d'énergie dans le cadre de la bio-économie, la question de la disponibilité de bois de haute qualité, récolté de manière durable, plane comme une épée de Damoclès sur toutes les visions de l'avenir de la construction en bois.

Bien que la perspective holistique puisse être comprise comme le leitmotiv de cette vision sociotechnique de l'avenir, certaines questions ne sont pas non plus posées dans ce discours - comme c'est le cas dans les discours stratégiques - et les points de conflit spécifiques sont estompés. La question de l'accessibilité financière de l'espace de vie créé et le changement nécessaire de la culture de planification et de travail linéaire et fragmentée de l'industrie du bâtiment ne sont pas pris en compte. Ces points sont au centre de la vision d'une production en série de bâtiments modulaires en bois, qui sera expliquée dans les pages suivantes.

5.3 LA CONSTRUCTION EN BOIS EN SÉRIE

Le deuxième *imaginaire sociotechnique* a pour but de dépasser la fragmentation de l'industrie de la construction, critiquée comme préindustrielle, et son orientation artisanale axée sur les projets individuels par une production en série de composants standardisés en bois. L'objectif est d'aligner le secteur de la construction sur l'efficacité et la productivité d'autres secteurs industriels, comme notamment l'automobile. Cette vision est soutenue par des associations industrielles, telles que le Conseil allemand de l'industrie du bois (DHWR), le Comité Stratégique de la Filière Bois (CSF) ou la revue spécialisée *holzbauaustria*, ainsi que par des acteurs du milieu scientifique. Ce discours dresse le portrait d'un secteur de la construction dont la productivité stagne depuis des décennies et qui ne parvient pas à exploiter les acquis industriels et numériques pour résoudre sa crise d'efficacité et de rentabilité. Le non-respect des délais et des budgets prévus est la règle plutôt que l'exception, et les erreurs de construction sont quotidiennes. Pour surmonter ces problèmes, cette vision sociotechnique vise à transférer les processus et les principes de la production industrielle en série au secteur de la construction en préfabriquant des composants standardisés en usine pour ensuite ne faire que les assembler sur le chantier. Selon l'argumentation, la fabrication hors-site permettrait de réduire considérablement les délais de construction, ainsi que garantir le respect des calendriers et des plans de coûts, puisque les travaux peuvent être effectués loin des aléas du chantier. En outre, la production en série de modules permettrait de réaliser des économies d'échelle pour réduire les coûts. Dans cet imaginaire, le bois est présenté comme un "matériau de construction à haute performance" (Gruber 2020) dont l'aptitude à la préfabrication industrielle conduirait à une hausse importante de l'efficacité et de la productivité et donc à la création de bâtiments sains et de qualité, mais aussi peu coûteux. La coalition d'acteurs qui est à l'origine de la construction en bois sérielle considère cette méthode de construction comme l'incarnation de la construction en bois « moderne » : « Ne pas comprendre que la construction bois c'est de la construction hors site, c'est courir le risque de ne pas la voir se développer » (bois.com 2021). La "modernité" de la construction modulaire avec des composantes en bois préfabriqués en série s'exprime principalement dans deux attributs clés : l'efficacité-prix et la rapidité. Voici une argumentation typique d'un architecte :

« L'administration de la ville a finalement opté pour une construction en bois, un matériau de construction écologique et sain. Un calendrier et des budgets serrés ont été les facteurs décisifs et ont joué en faveur de la construction en

bois. Aucun autre matériau de construction n'aurait été moins cher ou plus rapide dans ce cas » (Gruber 2020).

Dans cette argumentation, la conception de l'écoresponsabilité qui sous-tend cette vision sociotechnique devient également claire : la performance écologique est considérée comme une évidence dans la construction en bois, comme une propriété naturelle du bois, dont on sait qu'il est capable de capturer le CO₂ dans ses structures cellulaires à l'aide de la photosynthèse et de le stocker à long terme. Cette conception assez limitée de la dimension écologique distingue fondamentalement le discours sur la construction en bois sérielle de la vision d'une construction en bois éco-équilibrée, décrite précédemment.

Au-delà de l'efficacité en termes de coûts et de temps et de la responsabilité écologique, présentée comme une évidence, les effets positifs du matériau sur la santé sont particulièrement mis en avant dans cet *imaginaire sociotechnique*. Les associations industrielles allemandes et françaises présentent des études scientifiques qui prouvent les avantages physiologiques et psychologiques du matériau par rapport à l'acier, au béton ou à l'aluminium (voir France Bois Industries *Cadre de Vie - Demain le bois* & FCBA *Bois Santé City Zen Wood*). En particulier, les groupes dits "sensibles", qui, selon ces acteurs, comprennent les enfants, les personnes âgées, les malades et les réfugiés, pourraient se voir offrir des espaces de vie et d'apprentissage plus sains et plus dignes grâce à la construction modulaire en bois.

Les technologies au cœur de cet imaginaire sont les programmes de dessin et de contrôle des machines assistés par ordinateur (CAD et CAM) et les machines CNC utilisées pour découper les composants en bois. Cependant, ces technologies et machines sont déjà utilisées dans la construction en bois depuis les années 1980 - l'idée véritablement nouvelle de la vision sociotechnique de la construction en bois en série est la mise en œuvre d'une modularisation et standardisation de la construction en bois. Afin d'atteindre l'objectif déclaré d'augmenter l'efficacité en termes de coûts et de temps grâce à une production industrielle de masse, il n'est pas prévu - comme c'est actuellement la pratique courante - de partir de zéro pour chaque projet de construction et de concevoir et calculer des plans de sol individuels, des modules de murs et de plafonds, des supports et des pièces de raccordement. À l'avenir, les planificateurs pourront s'appuyer sur des modèles types et un catalogue de composants standard. L'élaboration d'un tel catalogue est réclamée avec véhémence par des acteurs tels que le DHWR.

En fin de comptes, la préfabrication signifie également que l'installation des lignes électriques, de chauffage, sanitaires et de ventilation, des fenêtres et des portes, ainsi que des couvertures de toit, doit être effectuée en usine. Les entreprises de construction en bois seraient donc amenées à prendre en charge des tâches jusqu'alors réalisées par d'autres corps de métier. Afin de mettre en œuvre cet imaginaire de la construction en bois, des investissements considérables sont nécessaires. Non seulement l'équipement des grands halls d'usine avec les machines et les logiciels de commande nécessaires, mais aussi le recrutement et la formation d'une main d'œuvre adéquate, sont associés à des obstacles plus faciles et plus rapides à surmonter par les grandes entreprises actives au niveau international que par les petites et moyennes entreprises qui caractérisent le secteur de la construction jusqu'à présent (BMVI 2015, 2). Une évolution de l'industrie de la construction en bois vers une production de masse en série serait donc associée à des processus de concentration, dont les entreprises à forte intensité de capital et actives au niveau mondial sortiraient vraisemblablement gagnantes (Braun & Kropp 2021). Si, d'un côté certaines entreprises de construction en bois s'efforcent de reprendre de plus en plus de prestations de différents corps de métier jusqu'au statut d'entrepreneur général ou de maître d'œuvre, d'un autre côté des craintes sont également soulevées de faire partie des perdants de cette évolution, notamment en raison de la concurrence internationale.

La principale préoccupation des porteurs de ce discours tourne autour de leur propre compétitivité dans une industrie de la construction en bois qui s'intègre de plus en plus dans des chaînes d'approvisionnement mondialisées. Dans ce contexte, les entreprises allemandes et françaises devraient concurrencer les fournisseurs de bois étrangers qui achètent et produisent à des prix inférieurs. L'assouplissement des normes de qualité, le dumping des prix, la faible traçabilité de l'origine du bois et le danger de l'exploitation illégale, notamment dans les régions où la surexploitation des forêts est déjà pratiquée face à des intérêts économiques contradictoires, sont des problèmes qui reviennent sans cesse.

Tandis que l'imaginaire de la construction en bois sérielle vise activement une plus forte intégration de l'industrie de la construction en bois dans les chaînes d'approvisionnement mondiales, ce développement même est le contre-pied du troisième *imaginaire sociotechnique* identifié. La vision de la construction en bois frugale repose sur une régionalisation stricte des cycles de matériaux ainsi que sur une utilisation minimale de la technologie. Les argumentations de cet imaginaire sont présentées ci-dessous.

5.4 LA CONSTRUCTION EN BOIS FRUGALE ET RÉGIONALISÉE

La vision de la construction en bois frugale comprend une régionalisation des cycles des matières premières dans le secteur du bâtiment, ainsi qu'un retour aux méthodes de construction artisanales et aux matériaux de construction traditionnels, qui comprennent la pierre, l'argile et la paille en plus du bois. Elle est synonyme de simplicité et de modestie en ce qui concerne les matériaux, les besoins énergétiques et les processus, et donc d'un impact environnemental particulièrement faible. Grâce à l'étroite collaboration des constructeurs, des artisans locaux, des autorités locales et des utilisateurs, il s'agit de créer les bâtiments les mieux adaptés à leur environnement climatique, géographique et social. Cette vision d'avenir de la construction en bois est particulièrement populaire en France, où elle est promue par le mouvement frugalité heureuse et créative, lancé en 2018 par l'architecte Dominique Gauzin-Müller, l'ingénieur Alain Bornarel et l'urbaniste Philippe Madec Architekt. Toutefois, l'on trouve également des traces de ce discours dans les pays germanophones.

Selon la représentation problématique de ce discours, les sociétés modernes ont perdu le contact avec leur environnement écologique et social dans leur croyance effrénée au progrès. Les effets écologiques et sociaux négatifs des modes de vie et des économies actuellement dominants sont soit aveuglément acceptés, soit on croit à tort qu'ils peuvent être atténués par les innovations technologiques. Dans le secteur du bâtiment, cela conduit à des concepts tels que les maisons intelligentes, qui sont critiquées par la coalition discursive de la construction en bois frugale comme étant absurdes et dysfonctionnelles. Elles sont le résultat d'une méconnaissance des solutions déjà existantes pour une architecture plus respectueuse du climat - on entend par là, entre autres, la construction vernaculaire en bois - et d'une croyance illimitée dans la technologie, qui ferait obstacle à une vision globale des choses. Les bâtiments qui ont été équipés d'appareils en réseau et de processus automatisés, par exemple pour la régulation de la température, ne tiennent souvent pas les promesses d'une augmentation de la qualité de l'habitat et de la vie ainsi que d'une utilisation plus efficace de l'énergie. Cette appréciation est propagée en France par le mouvement frugal et soutenue par des acteurs de la recherche allemande, voire de l'industrie.

Une exigence centrale de la construction en bois frugale est donc le retour à des technologies de construction qui ont elles-mêmes une consommation d'énergie nettement inférieure et qui sont également moins complexes dans leur fonctionnement. Ce retour, cependant, ne signifie pas seulement le retour d'un smart vers un système

de chauffage ou de ventilation conventionnel. Dans cet imaginaire socio-technique, le désir d'une plus grande simplicité et d'une plus grande modestie s'inscrit dans la demande véhémente d'un détournement des pratiques de construction actuelles, non durables. Ainsi s'exprime le manifeste du mouvement d'architectes français "Frugalité heureuse et créative" :

"Pourquoi refuser de voir l'avenir? Sommes-nous toujours pris au piège d'un mode de développement aveugle? Comment peut-on favoriser une production accrue de biens sans voir l'épuisement des ressources et les dérèglements planétaires? [...] Ce mode de développement d'un autre âge paralyse la transition écologique et sociétale" (Frugalité heureuse et créative 2019: 2).

Face à la crise du climat et des ressources, la vision de la construction frugale en bois se positionne clairement contre les formes de construction industrialisées, l'utilisation de matériaux à forte intensité de CO₂ tels que l'acier et le béton, et les technologies de planification et de construction à forte intensité énergétique. Selon la logique de ce discours, la seule alternative valable pour le secteur du bâtiment du XXI^e siècle est le retour aux matériaux et aux techniques de construction traditionnels, comme notamment la construction en bois :

"La construction en bois est la seule constante constructivo-conceptuelle qui était déjà à l'état de l'art avant la révolution industrielle et qui n'a pas perdu sa justification même au vu des défis post-industriels et de l'existence post-matérielle." (Dederich 2013 : o.S.)

Outre l'utilisation de matériaux naturels tels que le bois, la pierre, l'argile et la paille et l'appréciation de l'artisanat traditionnel, les normes de la construction frugale incluent des approches dites "*low tech*". L'objectif de cette méthode de construction est de réguler la température d'un bâtiment en utilisant des mécanismes naturels comme le vent et le soleil ou des processus physiques comme le refroidissement thermique ou par évaporation (Leitner 2020). Le biomimétisme, c'est-à-dire l'imitation de processus et de structures naturels, permet d'atteindre une efficacité énergétique particulièrement élevée du bâtiment en utilisant le moins possible de technologies de construction. Le *low tech* doit donc être compris comme un contre-mouvement à l'avancée des technologies du *smart building* critiquées au départ : "Ce n'est pas le bâtiment qui est intelligent, mais ses occupants", comme le dit audacieusement le manifeste du mouvement de la frugalité. Cela reflète également la compréhension des acteurs de cette vision sociotechnique de l'avenir : comme aucun autre des imaginaires

présentés ici, la construction en bois frugal place les utilisateurs au centre de la construction discursive de l'avenir construit.

Dans cette vision, la construction en bois représente donc une réconciliation de la construction avec son contexte, à la fois écologique et social : grâce à l'appréciation renouvelée de la ressource disponible localement, les cycles régionaux de matières premières doivent être (ré)établis, les emplois doivent être préservés ou créés grâce à la renaissance des techniques artisanales traditionnelles, et les gens doivent être impliqués dans la conception de leur environnement bâti. Ainsi, une culture de la construction alternative doit émerger, loin des systèmes de construction industrialisés, mécanisés et globalisés, pour lesquels la protection et la promotion du tissu écologique et social local représentent une exigence centrale.

5.5 LA CONSTRUCTION EN BOIS PARAMÉTRIQUE ET CO-CRÉATIVE

Enfin, l'analyse du discours a permis d'identifier un discours de niche qui vise à une réorganisation fondamentale du processus de construction à l'aide des technologies numériques de planification, de fabrication et de construction. Une toute nouvelle culture de la construction est présentée, qui se caractérise par de nouvelles méthodes de conception paramétrique, une manière différente de traiter les matériaux, de nouvelles structures de coopération et des conditions de travail modifiées sur le chantier et dans la préfabrication. Au cœur de cette vision se trouvent des mots-clés tels que "architecture iconique", "prototypes", "architecture non standard" et "géométries complexes". Au cœur de cette vision de l'avenir se trouve l'expérimentation avec les matériaux - surtout avec le bois - en combinaison avec les technologies numériques, paramétriques et robotiques de planification et de construction. Ainsi, les structures rigides de l'industrie de la construction d'aujourd'hui sont appelés à être déstructurées.

Au cœur de cet imaginaire est l'idée du "co-design" : au lieu d'aligner la conception, la planification statique et la construction manuelle dans une séquence linéaire, les architectes, les ingénieurs et les constructeurs devraient travailler ensemble avec des aides numériques tels que des logiciels de conception paramétrique ou des usines de production contrôlées par des robots dans des processus de co-crédation circulaire. Grâce au traitement automatique de grandes quantités de données, ces dernières pourraient également permettre des conceptions et des processus de construction très complexes et donc la création de bâtiments uniques et singuliers. Les différentes parties des bâtiments ainsi conçus seront produites de manière entièrement ou au moins partiellement automatisée, à l'aide de méthodes de fabrication assistées par robot et assemblées selon des simulations calculées par algorithme.

Cet imaginaire s'oppose à la vision de la construction en bois en série, qui prétend également utiliser les technologies numériques pour "moderniser" la construction et s'appuie sur une préfabrication industriellement standardisée. Selon le discours co-crédatif, le plein potentiel des technologies numériques pour la construction en bois ne réside pas dans la standardisation, mais dans la production automatisée de composants et de bâtiments individuels et uniques. Outre la combinaison de la conception paramétrique et de la préfabrication robotique automatisée, qui permet de créer de nouvelles formes, la recherche d'une plus grande efficacité en termes de matériaux est un objectif important de cette vision. Pour ce faire, l'entreprise s'appuie sur la nature comme modèle, à l'instar de la construction en bois frugale : "Par rapport aux

constructions techniques, les structures naturelles présentent généralement des formes beaucoup plus complexes sur de nombreux niveaux hiérarchiques. Ce "plus" dans la forme est souvent la raison de leur performance particulière et de leur efficacité matérielle, et va de pair avec un "moins" dans l'apport de matériaux et la consommation de ressources", explique Achim Menges, l'un des pionniers de la construction en bois co-créative (Krieg et al. 2015)

Cependant, selon l'argumentation des pionniers de cette vision, un changement fondamental dans la routine de la construction est nécessaire pour exploiter pleinement le potentiel de la construction en bois assistée par les technologie numérique pour une plus grande diversité de formes et de matériaux : leur objectif est le développement de systèmes de construction et de bâtiments qui sont difficilement réalisables dans le cadre de processus de planification linéaires et de technologies de production conventionnelles (y compris CNC et CAM). Au contraire, "la conception et la production doivent aller de pair". Concrètement, cela signifie l'intégration des processus de planification, de production et de construction dans des circuits numériques intégrés. Dans ce contexte, les logiciels de conception paramétrique doivent communiquer avec les architectes et les ingénieurs, ainsi qu'avec les plateformes de production robotisées et les industriels de la construction en bois. Toutefois, le développement de logiciels et de matériels informatiques ne suffit pas à s'approcher du modèle de construction en bois paramétrique et co-créative : il faut une tabula rasa, une remise en question fondamentale des évidences et une orientation vers de nouvelles normes.

L'imaginaire de la co-création computerisée de bâtiments singuliers en bois est un discours de niche au sein de la discussion sur le rôle de la construction en bois pour une transformation durable du bâtiment, qui n'est exprimé que dans une poignée de documents analysés et est soutenu par un petit nombre d'acteurs pionniers. Alors que les trois premières visions du futur identifiées se sont déjà matérialisées dans un grand nombre de projets concrets et de projets de construction, l'accent est mis ici principalement sur les activités de recherche et le développement de prototypes. La mise en œuvre concrète de cette vision sociotechnique de l'avenir est également associée à de grandes incertitudes, notamment en ce qui concerne l'intégration des capacités humaines et des machines dans les coopérations homme-machine. Cette question fait actuellement l'objet de recherches par Ann-Kathrin Wortmeier et Cordula Kropp sur la résilience de ces systèmes cyber-physiques (Kropp & Wortmeier 2020).

Les imaginaires sociotechniques de la construction en bois qui viennent d'être présentées ne doivent être considérées ni comme des prototypes rigides ni comme des

stratégies prêtes à être mises en œuvre. Il s'agit de constructions normatives et communicatives qui ont émergé dans l'instantané analytique du champ de discours présenté ici. Ils se chevauchent et se contredisent et, en tant que parties du processus dynamique de construction discursive de la réalité, ils doivent être considérés comme volatiles et susceptibles de changer. Néanmoins, ces visions sont réelles, elles se matérialisent à un moment ou à un autre dans des stratégies industrielles, des promesses politiques ou des bâtiments concrets et influencent ainsi la manière dont nous pensons aujourd'hui déjà à l'avenir, comment nous l'imaginons, comment nous le construisons.

6 CONCLUSION

*„CETTE RENAISSANCE DE L'ARCHITECTURE DE BOIS A ETE L'OCCASION
D'INVENTER DE NOUVEAUX IMAGINAIRES QUI TEMOIGNAIENT D'UN
DESIR DE RECONCILIATION AVEC NOTRE ENVIRONNEMENT NATUREL”*

STEPHANE BERTHIER, 2017

L'objectif de ce travail est de rendre visibles les imaginaires concurrents sur le potentiel de la construction en bois pour une transformation durable du secteur du bâtiment. Le point de départ est l'hypothèse selon laquelle le façonnement de l'avenir (construit) est essentiellement influencé par des confrontations stratégiques dans les arènes discursives. Les résultats de l'analyse du discours montrent que dans le débat allemand et français sur la construction en bois, il existe différents imaginaires sociotechniques, qui sont dirigés par différentes constellations d'acteurs, et qui formulent des demandes explicites, nomment des mesures et créent des images très concrètes de futurs possibles. Cette discussion engagée doit-elle être interprétée comme l'un des "signes de la volonté de renouveau qui éclate partout" décrits par Hannes Meyer en 1926, annonçant une réorientation de la construction pour le XX^e siècle ?

La citation de Stéphane Bertier pourrait donner l'espoir que la renaissance de la construction en bois laisse envisager un changement fondamental dans l'industrie du bâtiment. En décrivant les perspectives de réconciliation de la construction avec notre environnement naturel, M. Berthier ne décrit toutefois pas le débat actuel, mais les tentatives, oubliées depuis longtemps, du gouvernement français de rendre la construction en bois attrayante dans les années 1970. Le fait qu'aujourd'hui, un demi-siècle plus tard, nous soyons engagés dans un débat qui pourrait être décrit de la même manière montre qu'une véritable transformation du secteur de la construction et une réussite de la construction en bois ne sont en aucun cas acquis. Et même si, l'on peut parler de signes d'un changement naissant : les voies de transformation possibles sont multiples et les aboutissements de ce processus peuvent difficilement être estimés du point de vue actuel.

Dans le débat actuel en Allemagne et en France, la construction en bois semble être la réponse à la crise climatique, au déficit de logements, au manque d'emplois dans les régions rurales, tout en constituant une opportunité de développement de la compétitivité nationale. Toutefois, l'analyse montre que les imaginaires respectifs et leurs promesses, vont dans des directions opposées, entraînent des conflits d'objectifs inhérents et ne peuvent coexister que dans une mesure limitée. Les différentes approches de la mise en œuvre de la construction éco-équilibrée en bois en Allemagne

et en France montrent que la mise en œuvre d'un imaginaire sociotechnique dépend en fin de compte fortement des priorités politiques ainsi que des cadres juridiques et économiques. Le discours de la construction en série, quant à lui, montre clairement que l'avenir de la construction s'inscrit dans un contexte de concurrence internationale qui limite le champ d'action de tous les acteurs concernés.

Les critères de qualité qui seront imposés aux bâtiments, les matériaux de construction dont ils sont faits et les espaces privés et publics qu'ils façonneront pour les décennies à venir ne sont toutefois pas donnés par la nature, mais peuvent être négociés. La question de savoir si le principe directeur de la construction du futur doit être un bilan CO₂ le plus faible possible, un processus de construction particulièrement efficace en termes de temps et de coûts, l'utilisation de ressources régionales orientées vers la frugalité ou la création de bâtiments uniques conçus de manière paramétrique, est déjà tranchée aujourd'hui dans le bras de fer entre les coalitions de discours qui luttent pour la souveraineté interprétative. Il convient de prêter attention à ces évolutions aujourd'hui et de s'engager dans les débats sur la construction de l'avenir et le façonnement de l'environnement bâti de demain.

Compte tenu des effets globaux et à long terme du secteur du bâtiment sur le climat et l'environnement, une approche interdisciplinaire et transdisciplinaire du bâtiment du futur au-delà des sciences sociales est indispensable. En effet, non seulement les bâtiments, mais aussi – et ceci est essentielle dans le cas de la construction en bois - les forêts doivent répondre aux conditions climatiques et sociales de la seconde moitié du XXI^e siècle, voire de celles du XXII^e siècle. Au-delà de son impact climatique et environnemental, la question du bâtiment du futur est aussi celle de la conception de nos espaces de vie et de rencontre et donc des structures de notre coexistence. Comme le dit le FBI dans son étude *Cadre de Vie* : « Aucun mobilier urbain, aucune porte d'entrée, aucun revêtement de sol n'est neutre. Le voisinage le plus banal a toujours son mot à dire » (FBIE 2018 : 8).

Je voudrais conclure ce mémoire sur une note optimiste, à l'instar du sociologue Hannes Rauterberg. Il décrit qu'au Bauhaus, et en général au début du XX^e siècle, les gens étaient sûrs « de gagner l'avenir » (Rauterberg 2020 : 16). Or, aujourd'hui, on a « surtout peur de perdre l'avenir » (ibid.) ou de se diriger vers un avenir que l'on ne veut pas vivre, une catastrophe climatique, un enfer. La réaction à ces perspectives est souvent : la stagnation ou alors le retour à des états du passé (apparemment) plus souhaitables. J'espère contrer ce sombre pronostic par cette analyse des visions de l'avenir bâti actuellement discutées, avec au moins ceci : il y a un avenir à gagner!

7 BIBLIOGRAPHIE

- ADEME (2019). Bâtiment en route vers la RE2020. In: ADEME (Hrsg.): *Le MAG - La Transition Énergétique en Actions* n°130, Nov. 2019.
- ADEME, CODIFAB, CSF, FBF & FCBA (2019). Étude prospective: Évolution de la demande finale du bois dans la construction, la rénovation et l'aménagement des bâtiments.
- Angelini, G. M. & Buffi, A. (2019). Adaptive Timber Towers. An Evolutionary Prototype for the 21st Century Skyscraper. In: Bianconi, F. & Filippucci, M. (Hrsg.). *Digital Wood Design. Innovative Techniques of Representation in Architectural Design*. Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 24. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 971-989.
- Berthier, S. (2017). Le renouveau de l'architecture de bois en France 1956-1985: une expérimentation industrielle. In: *Livraisons de l'histoire de l'architecture* 34.
- BMEL (2019). Über 300 Jahre forstliche Nachhaltigkeit.
URL: <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/carlowitz-jahr.html>
- Boeckl, M. (2020). Die General Panel Corporation. In: *architektur.aktuell, Modern Classics* 14. URL: <https://www.architektur-aktuell.at/news/die-general-panel-corporation>
- Butzin, A. & Rehfeld, D. (2008). Innovationsbiographien in der Bauwirtschaft. In: *Forschung Aktuell* 10/2008.
- Braun, K. & C. Kropp (2021): Schöne neue Bauwelt? Versprechen, Visionen und Wege des digitalen Planens und Bauens. In: dies. (Hrsg.): *In digitaler Gesellschaft. Neukonfigurationen zwischen Robotern, Algorithmen und Usern*. Bielefeld: transcript. Im Erscheinen.
- Brendeland, G. & Kristoffersen, O. (2009). Bauen mit Massivholz. In: *arch+* 193, 30-34.
- Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C.P.O. et al. (2020): Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability* 3: 269–276.. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>
- Correa, D., Krieg, O. D. & Meyboom, A. (2019). Beyond Form Definition: Material Informed Digital Fabrication in Timber Construction. In: Bianconi, F. & M. Filippucci, (Hrsg.). *Digital Wood Design. Innovative Techniques of Representation in Architectural Design*. Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 24. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 61-93.
- Elzen, B., Geels, F. W., Green, K. (Hrsg.) (2004). *System Innovation and the Transition to Sustainability. Theory, Evidence and Policy*. Mass: Edward Elgar, ebrary, Inc. Cheltenham, U.K, Northampton.
- FBIE (2018). *Cadre de Vie: Demain le bois*. Paris: FBIE.
- FCBA (2020). *City Zen Wood. Etude Bois, confort et santé*.
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: *Research Policy* 31, 1257–1274.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. In: *Research Policy* 33, 897–920.

- Geels, F. W., Schot, J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36(3): 399–417. Elsevier.
- Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency & United Nations Environment Programme (2019). 2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector.
- Gruber, B. (2020). Dem Hochleistungsbaustoff sei Dank – Warum Schüler in einem Holzbau besser lernen. In: *holzbauaustria*, 04.08.2020.
- Grin, J., Rotmans, J., Schot, J. (2010): Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change. New York: Routledge.
- Hughes, T. P. (1989). The evolution of large technological systems. In Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes und Trevor Pinch (Hrsg.): *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*, 51–82. Cambridge: MIT Press.
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Stocker, T.F. et al. (Hrsg.). Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge: Cambridge University Press.
- Jasanoff, S., Kim, S.-H., (2009): Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea. *Minerva* 47(2): 119-146.
- Jasanoff, S. (2015): Future imperfect: science , technology and the imaginations of modernity. *Dreamscapes of Modernity*. S. Jasanoff and S.-H. Kim. Chicago: Chicago University Press: 1-33.
- Keller, R. (2008). Diskurse und Dispositive analysieren. Die wissenssoziologische Diskursanalyse als Beitrag zu einer wissensanalytischen Profilierung der Diskursforschung. In: GESIS-Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (Hrsg.): *Historical Social Research*, 33(1), 73-107.
- Keller, R. (2009). Müll - Die gesellschaftliche Konstruktion des Wertvollen: die öffentliche Diskussion über Abfall in Deutschland und Frankreich. Wiesbaden: Springer VS.
- Kemp, R., Schot, J., Hoogma, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation. The approach of strategic niche management. In: *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2), 175 – 198.
- Konrad, K. & Böhle, K. (2019). Socio-technical futures and the governance of innovation processes - An introduction to the special issue. In: *Futures* 109, 101-107.
- Köhler, J. et al. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the Art and future directions. In: *Environmental Innovation and Societal Transitions* 31(2019), 1-32.
- Kraft, S. & Schindler, C. (2009). Holz – eine lange Geschichte. In: *arch+* 193, 12-13.
- Kropp, C. und A.-K. Wortmeier (2020). Intelligente Systeme für das Bauwesen: überschätzt oder unterschätzt? In E. A. Hartmann (Hrsg.): Digitalisierung souverän gestalten. Innovative Impulse im Maschinenbau. Heidelberg/Berlin: Springer Vieweg.

- Krötsch, S. (o.J.). Geschichte des Holzbaus. Bauweisen von den Anfängen bis heute. URL: <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/einfuehrung/geschichte-des-holzbaus-6640622>
- Leitner, S. (2020). Lowtech: nicht smart, aber intelligent. Die Antithese zum Smart Home. In: *holzbauaustria*, 31.08.2020.
- von der Leyen, U. (2020). Wir brauchen ein Europäisches Bauhaus. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 17.10.2020.
- Löser, J. K. (2017): Die Praxis des Nachhaltigen Bauens. Das Adaptionsniveau der Nachhaltigkeit im Immobiliensektor. Dissertation am Institut für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart. Stuttgart: Springer VS.
- Meyer, H. (1926): Die neue Welt. In: ders.: *Das Werk* 13 (7), 205-224.
- Nations Unies (2019). World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423).
- Picon, A. (2010). The first steps of construction in iron: problems posed by the introduction of a new construction material. In: *Before steel*. Niggli, Zürich.
- Rauterberg, H. (2020): Ankommen! Architektur als sozialwissenschaftlicher Forschungsbereich. In: BBSR (Hrsg.): *Bauen im Wandel. Zukunft Bau Kongress 2019*. Bonn: BBSR.
- Rockström, J., Gupta, J., Lenton T. et al. (2021). Identifying a Safe and Just Corridor for People and the Planet. In: *Earth's Future*.
- Rohracher, H. (2001). Managing the Technological Transition to Sustainable Construction of Buildings: A Socio-Technical Perspective. In: *Technology Analysis & Strategic Management*, 13(1), 137-150.
- Rohracher, H. & Späth, P. (2008). Energy regions: The transformative power of regional discourses on socio-technical futures. In: *Research Policy* 39, 449-458.
- Schäfers, B. (2006). Zur Begründung einer Architektursoziologie. In K.-S. Rehberg (Hrsg.): *Soziale Ungleichheit, kulturelle Unterschiede: Verhandlungen des 32. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in München*. Frankfurt am Main: Campus Verlag, 3405-3416.
- Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S.E. Cornell, I. Fetzer, E.M. Bennett, R. Biggs, S.R. Carpenter, W. De Vries, C.A. De Wit, C. Folke, D. Gerten, J. Heinke, G.M. Mace, L.M. Persson, V. Ramanathan, B. Reyers & S. Sörlin (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: *Science*, Vol. 347.
- Strübing, J. (2008). Grounded Theory - Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung. Wiesbaden: Springer VS.
- Taylor, J. E. (2005). Three perspectives on innovation in interorganizational networks: systemic innovation, boundary object change, and the alignment of innovations and networks. Diss. Stanford.