



Computerbasierte Methoden und KI für die Planung klimaneutraler Gebäude

Untersuchung sozialer und technischer Potenziale und Herausforderungen der Anwendung computerbasierter Planungsmethoden in der Bauplanungspraxis

Dr. Yana Boeva
Max Zorn
Prof. Dr. Thomas Wortmann
Prof. Dr. Cordula Kropp

Potenziale von computerbasierten Methoden in der frühen Entwurfsphase kaum genutzt

Identifikation von Herausforderungen bei der Nutzung

Empfehlungen für die Integration digitaler Methoden und Werkzeuge

Kurzfassung

Der Bausektor steht vor einer zentralen Herausforderung: Er ist für rund 40 % der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich und muss daher entscheidend dazu beitragen, dass die Klimaziele erreicht werden. Hier kann die fortschreitende Digitalisierung der Planungs- und Baupraxis mit vielfältigen computerbasierten Methoden und Softwarelösungen wie parametrischem Modellieren, Building Information Modeling (BIM), Simulation und Ansätzen der Künstlichen Intelligenz (KI) einen bedeutsamen Beitrag leisten. Dieses Potenzial computerbasierter Methoden in der klimaneutralen Gebäudeplanung steht im Mittelpunkt unserer Forschung. In der Praxis werden diese Methoden und Anwendungen bisher allerdings nicht ausreichend genutzt (Attia et al. 2013; Boeva et al. 2022; Cozza et al. 2019). Besonders in den frühen Entwurfsphasen, die maßgeblich über die Klimawirkung eines Gebäudes entscheiden, kommen digitale Methoden zur Energiesimulation und -optimierung sowie zur Minimierung des Ressourceneinsatzes kaum zum Einsatz. Vorhandene Studien beleuchten vor allem theoretische Potenziale computerbasierter Methoden (Cichocka/Browne/Rodriguez 2017; Nisztuk/Myszkowski 2018; Wortmann/Cichocka/Waibel 2022). Es fehlen aber, insbesondere für Deutschland, systematische Analysen, die untersuchen, wie computerbasierte Möglichkeiten tatsächlich genutzt werden, welche Barrieren der Anwendung im Wege stehen und wie solche Methoden dazu beitragen können, Gebäude und Sanierungen nachhaltiger zu planen. Unserer Forschung lag die Annahme zugrunde, dass fehlendes Wissen, mangelnde Anschlussfähigkeit der computerbasierten Methoden und Software an bestehende Planungsabläufe sowie technische und organisatorische Barrieren deren Einsatz erheblich einschränken (Boeva/Kropp 2024; Gardner 2019; Wetter/Sulzer 2024).

Im Forschungsprojekt wurden daher die Hintergründe der Entscheidung für die Nutzung von computerbasierten Methoden und die Bedingungen, unter denen sie erfolgreich für eine klimaneutrale Gebäudeplanung eingesetzt werden, untersucht. Durch eine empirische Bestandsaufnahme sollten soziale wie technische Bedingungen für den Einsatz digitaler Methoden erfasst und praxisnahe Ansätze für ihre Verbreitung entwickelt werden. Der Bericht bietet einen Überblick über Erkenntnisse aus der Literatur und identifiziert Potenziale computerbasierter Methoden sowie damit verbundene Her-

ausforderungen aus Sicht der Planungspraxis. Außerdem skizziert er Möglichkeiten für eine bessere Integration digitaler Methoden und Werkzeuge zugunsten einer klimaneutralen Planung.

Der Bericht basiert auf einer mehrstufigen Untersuchung, die Perspektiven der empirischen Sozialforschung mit systematisch-technischen Methoden der Architekturinformatik verbindet. So sollen die Entscheidungsprozesse und Handlungsmöglichkeiten in Architektur- und Planungsbüros besser verstanden werden. Die Methodik umfasste eine Literaturrecherche und eine Softwareanalyse von 15 Anwendungen, die Befragung von 21 Planerinnen und Planern zur Nutzung computerbasierter Methoden und deren Bedingungen sowie die teilnehmende Beobachtung und Selbststudien in zwei Planungsbüros. Die Ergebnisse wurden schrittweise miteinander verbunden, um die Barrieren für die Nutzung aus allen Perspektiven zu beleuchten und praxisnahe Empfehlungen zu entwickeln, wie diese Barrieren überwunden werden können.

Somit liegt eine systematische und wirklichkeitsnahe Bestandsaufnahme der Potenziale computerbasierter Methoden und der Bedingungen für deren Nutzung in der Praxis vor. Das Projekt leistet daher einen Beitrag dazu, die Hemmnisse im Umgang mit digitalen Methoden zu verstehen und konkrete Wege zu entwickeln, wie diese überwunden werden können. Dann können sie wirksam in den Planungsalltag integriert werden und zu einer klimaneutralen Baupraxis beitragen.

Ergebnisse

Das Forschungsvorhaben untersuchte die Anwendung computerbasierter Methoden in der klimaneutralen Gebäudeplanung in einer mehrstufigen Analyse. Diese umfasste eine systematische Analyse und Bewertung vorhandener Software, die Befragung von 21 Fachleuten aus der Planungspraxis zur Nutzung computerbasierter Methoden und Software sowie die teilnehmende Beobachtung zu Anwendungserfahrungen in zwei unterschiedlichen Planungsbüros. Die Untersuchung ermöglicht erstmals einen umfassenden Einblick in die tatsächliche Nutzung digitaler Planungswerkzeuge für Klimafragen.

1.1 Software für die klimaneutrale Gebäudeplanung

Die im Forschungsvorhaben durchgeführte Softwareanalyse liefert einen strukturierten Überblick und wichtige grundlegende Erkenntnisse zu den Bedingungen, unter

denen computerbasierte Methoden beim klimaneutralen Bauen genutzt werden. Im Zentrum standen Fragen nach den verschiedenen Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Nutzung der jeweiligen Software – aus technischer und ökonomischer wie auch aus sozialer Perspektive. Es wurden 15 Programme analysiert (Tabelle 1: Übersicht der analysierten Softwarelösungen), die in der Praxis sowie in der Bauforschung genutzt werden und ein möglichst breites Spektrum an Werkzeugen mit unterschiedlicher fachlicher Ausrichtung und Anwendungstiefe abbilden.

Für die Auswertung wurden ausschließlich frei verfügbare Quellen herangezogen, etwa die offiziellen Webseiten der Softwareanbieter, ergänzende Unterseiten sowie öffentlich zugängliche Dokumentationen. Die gesammelten Daten wurden auf Basis folgender Hauptkategorien inhaltlich ausgewertet: allgemeine Angaben, Wissensanforderungen, technische Spezifikationen, ökonomische und rechtliche Spezifikationen.

	Software (Name)	Anwendungsbereiche	Link
CAD/Modellierung	Allplan	CAD/BIM Software	https://www.allplan.com/de/
	ArchiCAD	CAD/BIM Software	https://www.graphisoft.com/de/archicad
	Revit	BIM Software mit integrierter visueller Programmierumgebung (Dynamo)	https://www.autodesk.de/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription
	Vectorworks	CAD/BIM Software	https://www.computerworks.de/produkte/vectorworks.html
	Rhinoceros 3D/Grasshopper	Software zur computergestützten 3D-Modellierung mit integrierter visueller Programmierumgebung (Grasshopper)	https://www.rhino3d.com/de/
Simulation	ClimateStudio	Simulationssoftware für Gebäudesimulation innerhalb Rhinoceros 3D/Grasshopper	https://www.solemma.com/
	Ladybug Tools	Simulationssoftware für Gebäudesimulation innerhalb Rhinoceros 3D/Grasshopper	https://www.ladybug.tools/
	Karamba 3D	Interaktives, parametrisches Finite-Elemente-Methode Tool	https://www.karamba3d.com/
	TRNSYS	Simulationssoftware für Gebäudesimulation	https://www.trnsys.com/
	Sofistik	Simulationssoftware für Finite-Elemente-Methode	https://www.sofistik.de/
	IDA ICE	Simulationssoftware für Gebäudesimulation	https://www.equa.se/de/ida-ice
Optimierung	Galapagos	Optimierungsplug-in für Rhinoceros 3D/Grasshopper	https://www.grasshopper3d.com/group/galapagos
	Octopus	Optimierungsplug-in für Rhinoceros 3D/Grasshopper	https://www.food4rhino.com/en/app/octopus
	Opossum	Optimierungsplug-in für Rhinoceros 3D/Grasshopper	https://www.food4rhino.com/en/app/opossum-optimization-solver-surrogate-models
	MATLAB	Software zur Lösung und Darstellung von mathematischen Problemen	https://www.mathworks.com/products/matlab.html

Tab. 1: Übersicht der analysierten Softwarelösungen; Quelle: eigene Darstellung

Anhand der definierten Kategorien ergibt sich eine Einteilung der Softwareanwendungen in vier charakteristische Cluster (Abb. 1), die jeweils spezifische Stärken und Grenzen aufweisen:

1. umfangreiche Entwurfssoftware wie Allplan, ArchiCAD und Revit mit vielen Funktionen, jedoch unübersichtlicher Bedienung für Erstnutzende
2. Spezialsoftware wie Sofistik und IDA ICE mit hoher Komplexität und erheblichen Anschaffungskosten
3. kleine Anwendungen und Plug-ins wie Galapagos und Octopus, die spezifisches Fachwissen erfordern
4. hoch spezialisierte Software für Klimafragen wie TRNSYS und ClimateStudio

Aus der Softwareanalyse lassen sich mehrere bedeutende Schlussfolgerungen für die Planungspraxis ableiten. Als einzige Software mit Querschnittsfunktionalität im Arbeitsablauf beim klimaneutralen Bauen stellte sich die Anwendung Rhinoceros 3D/Grasshopper heraus (Abb. 2). Diese Zentralisierung birgt sowohl Chan-

cen durch die ermöglichte Workflow-Integration als auch Risiken durch entstehende Abhängigkeiten. Die Fragmentierung der möglichen Programmnutzung in vier unterschiedliche, wenig miteinander verbundene Cluster erschwert integrierte Planungsansätze erheblich. Zudem müssen unterschiedliche Systemlogiken verstanden werden, um alle Möglichkeiten zu nutzen. Hohe Kosten für Lizenzen, verbunden mit ebenfalls hohen Komplexitätsanforderungen, schaffen erhebliche Zugangsbarrieren. Dies verstätigt die fragmentierte Nutzungspraxis und schränkt die Anwendung entsprechender Software für eine frühzeitige Klimaoptimierung ein.

Die Analyse zeigt, dass besonders Programme wie ClimateStudio oder Karamba3D, die sich an Architektinnen und Architekten richten, in ihrer Funktionalität zwar teilweise begrenzt, aufgrund ihrer übersichtlichen und verständlichen Informationsdarstellung jedoch viel zugänglicher sind. Dies weist auf den dringenden Bedarf an benutzerfreundlichen, kosteneffizienten Lösungen hin, die klimarelevante Analysen rechtzeitig und ohne tiefgreifende Spezialkenntnisse ermöglichen.

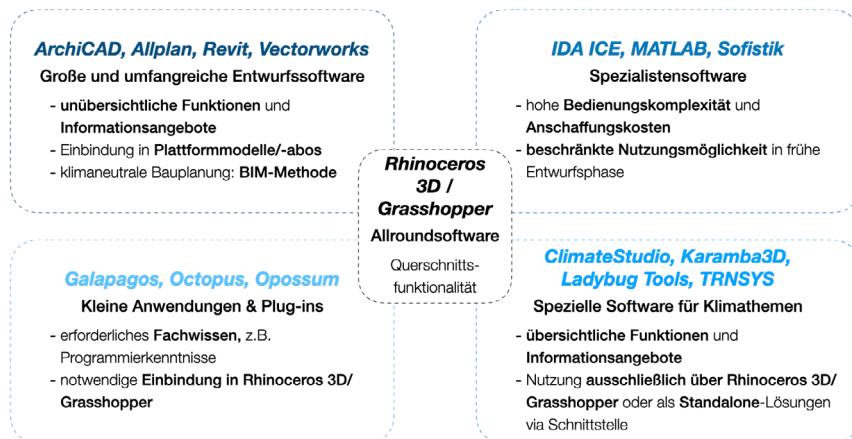


Abb. 1: Softwarecluster; Quelle: eigene Darstellung

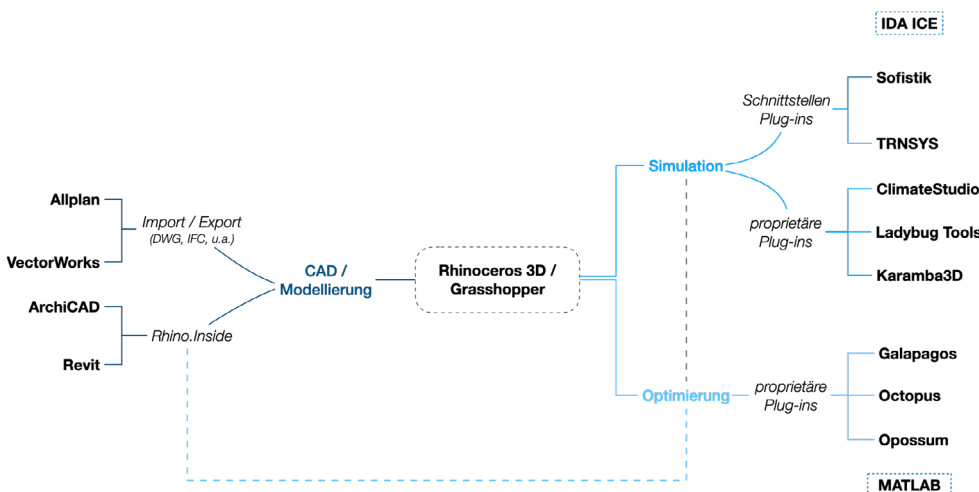


Abb. 2: Software- und Prozessschnittstellen für klimaneutrales Bauen; Quelle: eigene Darstellung

1.2 Praxiserfahrungen und Begriffsverständnisse

Ein Schwerpunkt der Untersuchung lag auf dem Ziel, die Gründe zu verstehen, aus denen die technischen Möglichkeiten von computerbasierten Methoden im praktischen Planungsalltag so selten genutzt werden. Es soll also die erhebliche Diskrepanz zwischen den technischen Angeboten und ihrer Nutzung zugunsten klimaneutraler Gebäudeplanungen aufgeklärt werden. Auf der Basis von leitfadengestützten Interviews wurden aktuelle Praxiserfahrungen und -prozesse, individuelle und organisatorische Erwartungen und Motivationen, Barrieren und alle weiteren Anforderungen in Bezug auf einen erfolgreichen Umgang mit den digitalen Möglichkeiten ermittelt.

1.2.1 Fachspezifische und rollenspezifische Unterschiede

Die Interviews mit 21 Planungsfachleuten aus Architektur, Klimaingenieurwesen, Nachhaltigkeitsberatung und Bauingenieurwesen zeigen erhebliche Unterschiede im Verständnis computerbasierter Methoden. Dieses variiert je nach individuellem Vorwissen, Ausbildung und fachlichem Hintergrund.

Während Architektinnen und Architekten computerbasierte Methoden vor allem mit der parametrischen Modellierung von Entwürfen oder dem Erzeugen von BIM-Modellen verbinden, verstehen Fachplanerinnen und Fachplaner darunter vor allem algorithmische Verfahren zur Simulation von Leistungskennwerten; hierzu gehören beispielsweise der Energieverbrauch eines Gebäudes oder die Statik. Diese Unterscheidung entspricht auch der gängigen Aufteilung von computerbasierten Methoden in Methoden für die geometrische Gebäudemodellierung und Methoden für die leistungsbezogene Gebäudebewertung (Building Performance).

Besonders ausgeprägt zeigen sich diese rollenspezifischen Unterschiede in der Nutzung verschiedener Kernanwendungen: Architektinnen und Architekten nutzen

Parametrische Modellierung

Entwurfsmethode, bei der Geometrien über veränderbare Parameter (z. B. Höhe, Breite, Materialität) definiert werden. Änderungen an Parametern aktualisieren das gesamte Modell automatisch.

vorrangig etablierte CAD/BIM-Tools wie AutoCAD, Revit oder ArchiCAD, während Fachplanerinnen und Fachplaner aufgaben- und projektbezogen eine viel größere Bandbreite an Software verwenden, unter anderem Rhinoceros 3D/Grasshopper, ClimateStudio, TRNSYS, IDA ICE und diverse Plug-ins. In Interviews sowie der teilnehmenden Beobachtung wurde deutlich, dass diese Differenzen auf die unterschiedlichen Arbeitsansätze zurückgehen: In der architektonischen Planung überwiegen vor allem lange Projektphasen für wenige Projekte gleichzeitig; in der Fachplanung sind kurze Beteiligungen an verschiedenen Leistungsphasen (LPH) und an vielen Projekten zugleich typisch.

Das Verständnis von Klimaneutralität variiert ebenfalls stark und reicht von sehr allgemeinen Überlegungen bis zu konkreten Maßnahmen zur CO₂-Vermeidung. Häufig fehlt innerhalb derselben Organisation ein einheitliches Begriffsverständnis, sodass problematische Interpretationsspielräume bestehen, die mitunter in oberflächliche „Greenwashing“-Praktiken münden.

1.2.2 Aktueller Nutzungsstand und Arbeitsteilung

Die Untersuchung stellte eine deutliche Differenz zwischen der Softwarenutzung in allen Projektphasen und dem spezifischen Einsatz computerbasierter Methoden für die Bearbeitung von Klimafragen fest. Schon in den Interviews mit Planungsfachleuten wurde wenig auf parametrisches Modellieren verwiesen. Auch in der Beobachtung kam dieses kaum zum Einsatz – wenn überhaupt, dann nur vereinzelt für Visualisierungen für Wettbewerbe. Bei der Bewertung von Entwürfen durch Architektinnen und Architekten werden computerbasierte Methoden wie Simulationen ebenfalls nur sehr selten genutzt.

Außerdem finden wir eine klare Arbeitsteilung beim Einsatz computerbasierter Methoden vor: Simulationen, Optimierungsverfahren und Lebenszyklusanalysen werden vorwiegend von spezialisierten Planungsfachleuten eingesetzt, während die Architekturbüros diese Aufgaben an die Fachplanung abgeben, allerdings meist erst in späteren Planungsphasen. Viele Architektinnen und Architekten verstehen Simulationen grundsätzlich nicht als ihre originäre Aufgabe. Diese Externalisierung führt zu problematischen Kommunikationsdefiziten sowohl zwischen den Professionen wie auch zwischen Planung und Auftragstellung. Dadurch bleiben Chancen für eine CO₂- und ressourcenoptimierte Planung ungenutzt.

Trotz der technischen Möglichkeiten auch in etablierten digitalen Planungstools für BIM zeigt die Untersuchung

einen ausgeprägten Unterschied zwischen den Softwarefunktionalitäten und den tatsächlichen Arbeitsanforderungen im Planungsalltag. Die befragten Planungsfachleute beschreiben einen Arbeitsalltag, zu dem die Softwarelösungen oft nicht passen. Beispielsweise verlangt die BIM-Methodik zu einem zu frühen Zeitpunkt hohe Detaillierungsgrade.

Die Beobachtung des Planungsalltags in zwei Planungsbüros verdeutlicht unterschiedliche Konstellationen der praktischen Anwendung: Fachplanerinnen und Fachplaner sind tendenziell mit einer Vielzahl von Projekten gleichzeitig beschäftigt, was zu geringen Kapazitäten für Dokumentation und systematischen Wissensaufbau führt. Architektinnen und Architekten arbeiten über längere Zeiträume an wenigen Projekten und sind stark von der Strukturlogik der Leistungsphasen beeinflusst.

Unerwarteterweise zeigte sich, dass Excel eine Rolle als „universelle Schnittstelle“ innehat, die alle Akteursgruppen gleichermaßen nutzen. Diese bemerkenswerte Abhängigkeit von Excel stellt heraus, wie wichtig bereits etablierte und verbreitete Werkzeuge für Überschlagerrechnungen und Datenmanagement auch für Planungsaufgaben sind: Sie können ohne besondere Kompetenzanforderungen genutzt werden, selbst in zunehmend digitalisierten Planungsprozessen.

1.2.3 Individualisierte Workflows und Lernprozesse

Die digitale Planungspraxis weist eine ausgeprägte Tendenz zu individualisierten Workflows auf. Gründe dafür sind fehlende Standards und Dokumentationen, unterschiedliche Projektkonstellationen, zeitliche Arbeitsstrukturen und personenspezifische Arbeitsweisen. Die Befragten entwickeln im Planungsalltag eigene Lösungen und Routinen, deren Zusammenführung ein Problem bleibt.

Beim Kompetenzerwerb dominieren vier Lernansätze: Learning by Doing als häufigster praktizierter Lernmodus, das Selbststudium in Online-Foren und Dokumentationen, das Übertragen bestehender Kenntnisse von anderer Software auf die zu lernende sowie seltener der Besuch von Kursen und Workshops. Diese vorrangig informellen Lernprozesse führen zu einer starken Abhängigkeit von individuellen Kompetenzen und erschweren den systematischen Wissensaufbau.

1.2.4 Zeitstrukturen und Planungsprozess

Ein zentrales Ergebnis der Befragung betrifft die zeitliche Struktur klimaneutraler Gebäudeplanung. Obwohl

alle Beteiligten grundsätzlich die frühen Leistungsphasen (LPH 0 bis LPH 3) als wesentlichen Hebel für klimagerechte Planungsansätze anerkennen, erfolgt die Beauftragung entsprechender Fachexpertise häufig erst ab Mitte der Leistungsphase 2 oder später. Diese verspätete Integration begrenzt den möglichen Einfluss computerbasierter Methoden auf grundlegende Entwurfsentscheidungen erheblich.

1.3 Herausforderungen und Barrieren

Einer breiteren Anwendung computerbasierter Methoden steht ein komplexes Gefüge aus Herausforderungen und Barrieren entgegen. Diese bewegen sich auf individueller, organisationaler und systemischer Ebene und wirken wechselseitig verstärkend aufeinander ein.

1.3.1 Wissensbarrieren, zeitliche und projektbedingte Begrenzungen

Von allen Akteursgruppen wurden mangelndes Wissen und fehlende Kenntnisse in Bezug auf computerbasierte Methoden als primäre Übernahmehemmnisse beschrieben. Als besonders herausfordernd erweist sich für die Planerinnen und Planer der Übergang von etablierten CAD-Systemen zu programmierungsbasierten Planungsansätzen wie in Rhinoceros 3D/Grasshopper. Grundlegende Unterschiede in der Aufbau-logik können zu erheblichen Hemmnissen bezüglich der Motivation zur Anwendung und des Kompetenzerwerbs führen.

Begrenzte Kompetenzen gibt es nicht nur aufseiten der Planung, sondern auch auf Auftraggeberseite. Bauherinnen und Bauherren fehlt es häufig am grundlegenden Verständnis von computerbasierten Planungsmethoden, sodass sie entsprechende Leistungen wie Simulationen auch nicht nachfragen.

Fehlendes Wissen und fehlende Zeit vor dem Hintergrund projektbedingter Arbeit stehen in einem engen Wechselverhältnis zueinander und bilden eines der beständigsten Adoptionshindernisse. Die befragten Planungsfachleute beschreiben einen negativen Kreislauf, in dem der Zeitmangel das Erlernen neuer Methoden erschwert, was wiederum zu individuellen Lösungswegen führt und langfristig nachhaltige Arbeitsweisen verhindert.

1.3.2 Organisatorische Barrieren

Die interne Organisation von Planungsbüros erweist sich als weiteres wesentliches Hindernis für die systematische Anwendung computerbasierter Methoden. Oftmals

entstehen Arbeitsstrukturen situationsabhängig und erschweren eine übergreifende Wissensakkumulation und -weitergabe. Eine besondere Herausforderung stellt die mangelnde Dokumentation entwickelter Lösungen dar. Dies sorgt dafür, dass weder bereits erstellte Workflows nachvollzogen noch Einzellösungen auf weitere Projekte oder Beschäftigte übertragen werden können. Hinzu kommt die fehlende Standardisierung, die dazu führt, dass individuelle Lösungen entwickelt werden, die wiederum schwer übertragbar sind. Als weitere Barriere erweist sich die in der aktuellen Planungspraxis verbreitete Haltung, dass etablierte Methoden für potenzielle Leistungen mit Klimabezug ausreichend seien. Diese wiederum werden von Auftraggeberseite kaum nachgefragt, was den Wissenserwerb auf Planungsseite negativ beeinflusst.

1.3.3 Regulatorische und normative Hindernisse

Ein zentrales Hindernis stellt die zum Teil unvollständige Abbildung des Normenwerks in den verfügbaren Softwaretools dar. Diese Lücke kann dafür sorgen, dass Planungswerkzeuge nur in frühen Entwurfsphasen eingesetzt und nicht für rechtsverbindliche Nachweise genutzt werden. Planungsfachleute berichten, dass entscheidende Simulationen oft nicht für formale Zertifizierungsprozesse verwendet werden können, da nicht jede Softwarelösung die Normkonformität gewährleistet.

1.3.4 Investitions- und Finanzierungsprobleme

Als zentrale ökonomische Barriere zeigt sich auf Auftraggeberseite ein mangelndes Interesse an klimabezogenen Planungsleistungen beziehungsweise eine fehlende Zahlungsbereitschaft dafür. Sie werden als zusätzliche, nicht notwendige Leistungen wahrgenommen. Besonders für kleinere Planungsbüros stellen die hohen Anschaffungskosten spezialisierter Software für solche Leistungen eine erhebliche finanzielle Hürde dar. Die Umstellung auf abobasierte Lizenzmodelle wird aufgrund der Diskrepanz zwischen Preisanstieg und tatsächlichen Softwareverbesserungen beziehungsweise einem praxiskompatiblen Funktionsumfang als problematische Entwicklung bewertet.

1.3.5 Technische Barrieren

Die geringe Verbreitung computerbasierter Methoden unter Architektinnen und Architekten bedeutet zugleich, dass technische Herausforderungen stärker von Fachplanerinnen und Fachplaner erkannt werden. Sie iden-

tifizieren eine unzureichende Daten- und Modellqualität als primäre technische Barriere. Qualitativ hochwertige Modelle seien kaum verfügbar – nur wenige Prozent der Modelle der Architektinnen und Architekten seien für sie direkt verwendbar. Als weitere bedeutende Barriere wird eine zu geringe Hardwareleistung genannt, da begrenzte Rechenkapazitäten bei komplexen Projekten zu Arbeitsunterbrechungen führen.

1.4 Fallstudien und praktische Implementierung

Die teilnehmende Beobachtung fand in zwei verschiedenen Planungsbüros statt: einem sogenannten Vorreiterbüro bezüglich der Nutzung computerbasierter Methoden und einem international tätigen Architekturbüro. Die Beobachtung zeigte deutliche Unterschiede in der Arbeitsorganisation. Im internationalen Büro betreuen Planerinnen und Planer wenige Projekte über mehrere Jahre hinweg mit meist ein bis zwei CAD/BIM-Anwendungen. Im Vorreiterbüro bearbeiten die Planungsfachleute parallel mehrere Projekte in unterschiedlichen Phasen, sind jedoch oft erst spät am jeweiligen Gesamtprozess beteiligt.

Bemerkenswert war im Vorreiterbüro eine Kultur der methodischen Selbstvalidierung, bei der Berechnungsannahmen systematisch überprüft werden. Diese Praxis trägt dazu bei, dass Vertrauen in computerbasierte Methoden aufgebaut wird, und zeigt das produktive Wechselspiel zwischen Erfahrungswissen und digitalen Berechnungsverfahren. Die durchgeführte Benchmark-Studie mit Optimierungsalgorithmen ergab, dass modellbasierte Verfahren wie RBFMOpt unter realistischen Praxisbedingungen deutlich bessere Ergebnisse liefern als etablierte Algorithmen, die auf evolutionären Strategien beruhen (Zorn et al. 2025). Das liegt unter anderem daran, dass modellbasierte Algorithmen im Optimierungsprozess durch maschinelles Lernen Ersatzmodelle konstruieren. Mit diesen sogenannten Surrogaten können

Benchmark

Ein Benchmark ist ein vordefiniertes Optimierungsproblem, auf dem unterschiedliche Optimierungsalgorithmen unter exakt gleichen Bedingungen ausgeführt werden. So lässt sich ihre Leistungsfähigkeit (z. B. Ergebnisqualität, Robustheit, Rechenzeit) objektiv und reproduzierbar vergleichen.

Optimierungsalgorithmen

Mathematische Verfahren, die innerhalb eines Suchraums die bestmögliche Lösung nach definierten Zielgrößen (z. B. Energieverbrauch, Tageslichtqualität, Emissionen) finden. Sie variieren Parameter automatisiert und vergleichen die Zielgrößen der zugehörigen Entwürfe.

Zielkriterien wie der Energieverbrauch sehr viel schneller abgeschätzt werden als mit einer Simulation. Dadurch werden schnell zusätzliche Optimierungsschritte möglich. Die Simulation wird somit nur für vielversprechende Entwürfe genutzt.

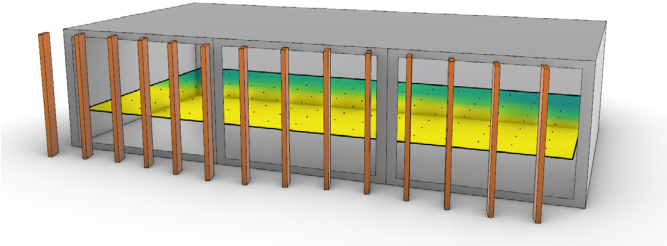


Abb. 3: Parametrisches Tageslichtmodell: Die Größe und Anzahl der Fenster sowie der Verschattungselemente ist variabel; Quelle: eigene Darstellung

Im internationalen Planungsbüro wurde ein Optimierungsworkshop durchgeführt, in dem die Anwendung digitaler Werkzeuge für Simulation und Bewertung der klimatischen Gebäudeleistung im architektonischen Entwurfsprozess im Mittelpunkt stand (Abb. 3). Der Workshop bestätigte, dass nicht nur technische Fähigkeiten aufseiten der Architektinnen und Architekten fehlen, sondern dass auch das wechselseitige Verständnis zwischen den an der Planung Beteiligten unzureichend ausgebildet ist (Abb. 4.1 und 4.2).

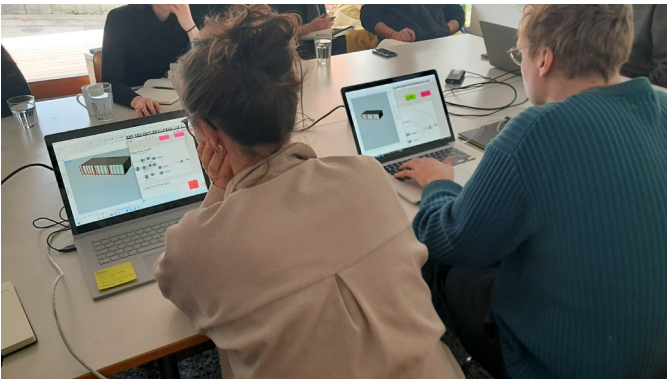


Abb. 4.1: Impressionen aus dem Workshop; Foto: privat

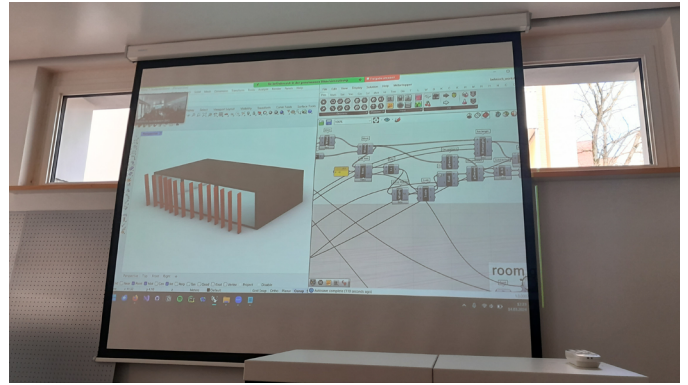


Abb. 4.2: Impressionen aus dem Workshop; Foto: privat

1.5 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Die Forschungsarbeit zeigt, dass isolierte technische Lösungen nicht ausreichen. Vielmehr ist eine systemische Transformation der Organisation von Planungsprozessen und -kompetenzen notwendig. Nur so können die durch computerbasierte Methoden ermöglichten Verbesserungen für klimagerechte Gebäudeplanungen genutzt werden. Die identifizierten Schwierigkeiten bei der Adoption solcher Methoden erfordern koordinierte Anstrengungen auf verschiedenen Ebenen: So müssten die Hochschulausbildung angepasst sowie praxistaugliche, normenkonforme Software entwickelt werden, und es müssten marktliche Anreize geschaffen werden, damit innovative Planungsmethoden schon in frühen Phasen genutzt werden.

Zukünftige Forschung sollte die langfristigen Auswirkungen organisatorischer Umstrukturierungen und die Wirksamkeit verschiedener Ausbildungsansätze evaluieren. Besonders relevant wäre es, die Rolle von KI-basierten Assistenzsystemen für kleinere Planungsbüros zu untersuchen sowie praxistaugliche Standards für die Dokumentation und Übertragbarkeit von Workflows zu entwickeln.

Nutzen für die Praxis

Aus den Ergebnissen des Forschungsprojekts ergeben sich konkrete Handlungsempfehlungen dazu, wie computerbasierte Methoden für eine klimaneutrale Gebäudeplanung und -sanierung in die Praxis eingebunden werden können und wie dieser Prozess gefördert werden kann. Wesentlich war hier die praxisnahe Betrachtung notwendiger Entwicklungen in verschiedenen Bereichen. So benennt unsere Untersuchung nicht nur die bestehenden Hürden, sondern liefert auch konkrete Vorschläge, wie unterschiedliche Akteursgruppen diese überwinden können. Vier Handlungsfelder stehen dabei im Zentrum: die Umsetzung in Planungsbüros, Bildungsstrategien, Software- und Technologieentwicklung sowie regulatorische und berufspolitische Reformen.

2.1 Praktische Umsetzung in den Planungsbüros

Die Ergebnisse zeigen, dass Planungsbüros Bedarf an einem gezielten Ausbau ihrer Klimakompetenz im Zusammenspiel mit digitalen Werkzeugen haben. Dafür sind Anpassungen der internen Organisationsstrukturen nötig.

2.1.1 Einführung spezialisierter Rollen

Besonders wirkungsvoll ist die Einführung und Integration spezialisierter Rollen analog zu BIM-Koordinierenden. Expertinnen und Experten für computerbasierte Methoden können mehrere Projekte parallel begleiten, den kontinuierlichen Einsatz digitaler Methoden unterstützen und verhindern, dass Wissen durch lange Projektphasen oder seltene Nutzung verloren geht. Es empfiehlt sich, Kompetenzen mit klaren Schwerpunkten zwischen Mitarbeitenden aufzuteilen, statt alle Mitarbeitenden in allen Methoden auszubilden. Spezialisierte Teammitglieder können somit gezielt Projekte unterstützen, während andere Teammitglieder den Überblick über den Gesamtprozess behalten.

2.1.2 Frühzeitiges Einbinden von Fachwissen

Die Ergebnisse zeigen, dass Simulationen aktuell üblicherweise erst ab der Mitte der Leistungsphase 2 zum Einsatz kommen. Das ist oft zu spät, um zentrale Weichenstellungen im Entwurf zu beeinflussen. Neben dem

Ausbau interner Beratungskapazitäten können Büros schon in den Phasen 0 und 1 gezielt Kooperationen mit der Fachplanung eingehen, um klimarelevante Aspekte von Beginn an zu berücksichtigen.

2.1.3 Reorganisation von Projekten

Für eine frühzeitige Integration von Beratungs- und Analysekompetenzen ist es nötig, Abläufe umzustellen, was gleichzeitig zu einem Gewinn an Planungsqualität und Entscheidungssicherheit führen kann. Klimafragen werden dann nicht nur nachträglich geprüft, sondern von Anfang an in den Entwurfsprozess integriert.

2.1.4 Etablieren eines Wissensmanagements

Die Untersuchung zeigt ein großes Defizit an bürointernen Wissensstrukturen bezüglich der Verwendung computerbasierter Methoden für klimagerechte Planungen. In vielen Büros entstehen individuelle Workflows, die weder dokumentiert noch für andere nutzbar gemacht werden. Dadurch geht bei Personalwechseln Wissen verloren und Mitarbeitende müssen komplexe Abläufe immer wieder neu entwickeln. Wird es ein fester Bestandteil der Arbeit, systematische Wissensmanagementstrukturen zu entwickeln und zu etablieren, sichert und verteilt dies wertvolles Fachwissen. So kann die Grundlage für den kontinuierlichen Einsatz digitaler Methoden im klimagerechten Planen gelegt werden.

Ein wirkungsvoller Ansatz sind Wikis oder vergleichbare kollaborative Plattformen. Sie ermöglichen es, Workflows nachvollziehbar zu dokumentieren, Skripte und Vorlagen zentral zu speichern und für wiederkehrende Aufgaben wie etwa Energiebedarfsberechnungen oder Materialbilanzen gemeinsam weiterzuentwickeln. Dadurch entsteht eine dynamische Wissensbasis, auf die alle Mitarbeitenden zugreifen können. Büros können so Transparenz schaffen und Wissensverluste vermeiden.

Ein aktives Management von Weiterbildung ist gleichermaßen erforderlich. Statt auf individuelles Engagement zu bauen, können Büros Lernprozesse gezielt organisieren. Besonders wirksam sind dabei Microlearning-Formate. Kurze Video-Tutorials oder interaktive Schritt-für-Schritt-Anleitungen, die direkt im Arbeitsprozess abrufbar sind, ermöglichen „Just-in-Time-Learning“. So

wird Weiterbildung auch bei engem Zeitbudget praktikabel und lässt sich sofort einsetzen.

2.1.5 Niedrigschwellige Programme

Für den Einstieg ist es empfehlenswert, leicht zugängliche Anwendungen wie Ladybug Tools oder die frei verfügbaren LCA-Tools des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) zu nutzen. Diese verursachen keine hohen Lizenzkosten und sind einfach in bestehende Arbeitsabläufe integrierbar. Darüber hinaus können Büros auf vorhandene Werkzeuge zurückgreifen. Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen, dass sich insbesondere Excel als eine weitverbreitete und niedrigschwellige Lösung anbietet. Standardisierte Templates für häufige Berechnungen lassen sich damit einfach erstellen und als verbindliche Bürostandards einführen. Größere Büros können zusätzlich geschlossene KI-Systeme nutzen, die ausschließlich interne Daten automatisch erfassen, strukturieren und projektbezogen abrufbar machen. Auf diese Weise wird vorhandenes Wissen intelligent vernetzt und kann über einzelne Projekte hinaus genutzt werden.

2.2 Bildungs- und Weiterbildungsstrategien

In der Aus- und Weiterbildung von Planerinnen und Planern liegt eine große Chance, computerbasierte Entwurfsmethoden für eine klimagerechte Planung zu etablieren und nachhaltig in Arbeitsprozesse einzubinden. So sollten die Universitäten den Studierenden aktuelle Erkenntnisse und zukunftsgerichtete Methoden vermitteln. Parallel dazu bietet das bestehende kontinuierliche Weiterbildungssystem der Kammern die Möglichkeit, bereits etablierte Methoden in der Praxis zu verankern.

2.2.1 Anpassung der akademischen Lehrinhalte

Die Ausbildung zukünftiger Architektinnen und Architekten bietet gute Ansatzpunkte, um den Einsatz computerbasierter Methoden beim klimagerechten Planen zu stärken. Hochschulen können beispielsweise Module, die Kompetenzen im Umgang mit parametrischem Entwerfen, Simulationen und digitalen Bewertungsmethoden vermitteln, verbindlich in ihre Curricula aufnehmen, statt diese (wenn überhaupt) als Wahlpflichtfächer anzubieten. So werden diese Kompetenzen ebenso selbstverständlich wie Modellbau oder Zeichnen. Damit Studierende digitale Methoden nicht länger nur als Spezialwerkzeuge verstehen, sondern als echte Entwurfsinstrumente nutzen, ist eine konzeptionelle Neuausrichtung nötig. Auf

diese Weise lässt sich die Wahrnehmung dieser Methoden als „externe Blackbox“ verändern, und Kommunikationsprobleme zwischen Fachleuten aus Architektur und Planung werden abgebaut.

Die Länder und Kammern haben hier einen besonderen Hebel: Über die Architektengesetze wie etwa das ArchG BW §4 (3) in Baden-Württemberg können sie direkten Einfluss auf die Inhalte der Architekturausbildung nehmen. Eine aktive Mitgestaltung kann dazu beitragen, die festgestellten Kompetenzdefizite strukturell zu beheben.

2.2.2 Softwarekompetenzen

Für die praktische Umsetzung eignen sich einfache Programme, die kostenfrei oder -günstig verfügbar sind. Wie die Softwareanalyse (Arbeitspaket 1, vgl. Methodik und Projektverlauf) gezeigt hat, existieren viele Lizenzmodelle für Bildungsinstitutionen. So können zum Beispiel Rhinoceros 3D/Grasshopper in Kombination mit ClimateStudio oder Ladybug Tools ohne wesentliche Investitionen vonseiten der Hochschulen oder Studierenden genutzt werden. Weitere Werkzeuge wie die vom BBSR entwickelten LCA-Tools sind komplett kostenfrei nutzbar. Dies ermöglicht es Hochschulen schon heute, Studierende praxisnah an Methoden des klimagerechten Planens heranzuführen.

2.2.3 Weiterbildungsangebote

Bestehende Weiterbildungsangebote der Kammern können überprüft und erweitert werden. Bisher liegt der Schwerpunkt auf Nachhaltigkeitskoordination, BIM und Zertifizierungen. Ein erweiterter Fokus auf digitale Methoden der Klimabewertung könnte diese für die Praxis besser zugänglich machen. Spezifische digitale Plattformen und offene Austauschformate können diesen Prozess erweitern und einen Austausch von Praxiserfahrungen fördern. Online-Foren spielen hier eine besondere Rolle, wie die viel genutzten, aber englischsprachigen Foren von Rhinoceros 3D oder Ladybug zeigen. Eine deutschsprachige Plattform könnte diese Funktion für den lokalen Kontext übernehmen und Forschung, Praxis und Ausbildung enger miteinander vernetzen. Für die Praxis empfiehlt sich ein modulares Weiterbildungsangebot, das unterschiedliche Lernniveaus von Grundkursen bis hin zu spezialisierten Formaten abdeckt.

2.3 Software- und Technologieentwicklung

Ob und wie computerbasierte Methoden genutzt werden, ist direkt abhängig von der entwickelten Software. Die

Softwareanbieter verfügen daher über einen entscheidenden Hebel, um digitale Methoden für klimagerechtes Planen in der Breite nutzbar zu machen.

2.3.1 Bedarfsorientierte Software

Die Ergebnisse zeigen, dass die Planerinnen und Planer mit der bestehenden (BIM-)Software oft überfordert sind und deren Nutzung mit erheblichem Anpassungs- und Mehraufwand einhergeht. Die technische Entwicklung von kommerzieller Planungssoftware und Forschungsprototypen sollte daher konsequent nutzungszentriert gestaltet werden, um die identifizierten Barrieren gezielt abzubauen. Die Kammern sollten den Unternehmen der Softwareentwicklung die Defizite mitteilen und auf die professionsspezifischen Anforderungen der Planung hinweisen.

2.3.2 Entwicklung automatischer Bewertung

Ein zentraler Ansatz ist die Integration klimabezogener Analysefunktionen direkt in gängige CAD- und BIM-Programme. Architektinnen und Architekten arbeiten vor allem in diesen Umgebungen; zusätzliche Spezialsoftware führt oft zu Problemen der Integration und wird kaum genutzt. Erweiterte Plug-ins oder KI-gestützte Assistenzsysteme, die sich nahtlos in bestehende Tools einfügen, schaffen demgegenüber einen niedrighwelligen Zugang, ohne neue Lizenzabhängigkeiten zu verursachen.

2.3.3 Zugängliche Bedienoberflächen

In der Untersuchung erwiesen sich Programme mit intuitiver Bedienoberfläche als am erfolgreichsten. Anwendungen wie ClimateStudio oder Karamba3D zeigen, dass eine klare Benutzerführung und kostenfreie bereitgestellte Templates, die unmittelbar genutzt werden können, entscheidend sind, um auch Planerinnen und Planern mit geringeren IT-Kompetenzen die Arbeit mit Simulationen zu ermöglichen.

2.3.4 Verbesserung des Datenaustauschs und der Interoperabilität

Die Untersuchung identifizierte weiterhin eine unzureichende Daten- und Modellqualität als zentrales Problem; dies macht sich vor allem im Austausch zwischen den Berufsgruppen bemerkbar. Hier können automatische Geometriebereinigungstools Abhilfe schaffen, die unvollständige CAD-Modelle korrigieren und damit den hohen Nachbearbeitungsaufwand aufseiten der Fachplanung erheblich reduzieren.

Darüber hinaus sind interoperable Lösungen weiterhin

eine Voraussetzung für die Zusammenarbeit in der Planung. Die starke Stellung von Rhinoceros 3D/Grasshopper als einzige Plattform mit Querschnittsfunktionalität birgt sowohl Chancen als auch Risiken. Anbieter sollten Schnittstellen schaffen, die verschiedene Anwendungen miteinander verknüpfen, und vorhandene Kompetenzen der Nutzerinnen und Nutzer berücksichtigen, statt neue Abhängigkeiten zu erzeugen.

2.3.5 KI in der Praxis

Für größere Büros bieten sich zudem maßgeschneiderte KI-Lösungen („Closed AI“) an, die interne Daten erschließen und projektspezifisch verfügbar machen. Solche Systeme ermöglichen es, vergangene Projekterfahrungen gezielt in neue Planungen einzubinden – ohne externe Datenweitergabe und damit ohne Datenschutzrisiken.

2.4 Regulatorische Maßnahmen und berufspolitische Reformen

Politik und Architektenkammern verfügen über besondere Handlungsspielräume, um die Rahmenbedingungen für klimagerechtes Planen wesentlich zu verbessern.

2.4.1 Aufnahme klimagerechter Planungsleistungen in die Leistungsbeschreibung

Ein zentraler Hebel, um computerbasierte Planungsmethoden in der Praxis zu verankern, besteht in der Überarbeitung des HOAI-Modells. Aktuell sind Fachplanungsleistungen erst ab Leistungsphase 3 vorgesehen. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass dies zu spät ist, um entscheidende Weichenstellungen im Entwurf mit zu beeinflussen. Eine Reform könnte sicherstellen, dass Fachwissen bereits in den frühen Phasen eingebunden wird und so integrative, klimagerechte Planungsprozesse unterstützt.

2.4.2 Ergänzung der Wettbewerbsausschreibungen

Auch Wettbewerbsausschreibungen bieten ein starkes Steuerungsinstrument an. Wenn Auftraggeberinnen und Auftraggeber verbindlich fordern würden, dass Lebenszyklusanalysen oder Klimakonzepte Teil der Abgabe sind, würde der Einsatz solcher Methoden erheblich steigen. Internationale Beispiele wie der „Basler Kompass“ zeigen, wie feste Vorgaben für Ökobilanzierungen wirken können. Ähnliche Standards könnten auch in Deutschland entwickelt und in der Praxis erprobt werden.

2.4.3 Die Rolle der BIM-Ausrichtung

Um den Einsatz computerbasierter Methoden stärker auf eine nachhaltige Entwurfspraxis hin auszurichten, sollte die momentane Fixierung auf BIM kritisch reflektiert werden. Speziell in kleineren Büros sind umfassende BIM-Prozesse wenig realistisch: der nötige Arbeits- und Zeitaufwand bei dem Versuch, die Vorgaben umzusetzen, behindert oftmals den stärkeren Fokus auf Nachhaltigkeitsfragen schon im Entwurf. Flexiblere Ansätze, die projekt- und gebäudetypologisch variieren, könnten die Prozesse verbessern. Auf diese Weise könnten digitale Methoden in der Breite wirksam werden, ohne kleine Büros zu überfordern.

2.4.4 Digitalisierung des Normenwerks

Schließlich liegt in der Digitalisierung des Normenwerks ungenutztes Potenzial. Derzeit ist die Abbildung der deutschen Normen in der Planungssoftware unvollständig, was den Einsatz computerbasierter Methoden in frühen Entwurfsphasen oftmals beschränkt. Digitale Normenschnittstellen könnten gewährleisten, dass rechtliche Vorgaben direkt in computerbasierte Arbeitsabläufe integriert werden. Einen besonderen Vorteil hätte dies im deutschen Kontext, in dem Baunormen stark segmentiert sind. Somit ließe sich die bestehende Trennung zwischen Entwurf und Nachweis überwinden, und computerbasierte Methoden könnten zu einem vollwertigen Instrument im gesamten Planungsprozess werden.

Methodik und Projektverlauf

3.1 Methodik

Das Forschungsdesign basierte auf einem interdisziplinären Ansatz, der empirisch-analytische Methoden aus der qualitativen Sozialforschung mit systematisch-technischen Methoden aus der Architekturinformatik kombinierte. Diese methodische Verschränkung ermöglichte eine umfassende Analyse sowohl der sozialen als auch der technischen Dimensionen bezüglich der Nutzung computerbasierter Methoden in der klimaneutralen Gebäudeplanung.

Die sozialwissenschaftliche Perspektive folgte dem Grounded Theory-Ansatz von Glaser und Strauss (1967/1998), ergänzt durch die Situationsanalyse nach Clarke (2012). Dieser Ansatz zielt darauf ab, empirische Beobachtungen in generalisierte Konzepte zu überführen, um weiterführende Erkenntnisse induktiv aus dem Material zu entwickeln. Die Situationsanalyse erweiterte die Grounded Theory um die systematische Erfassung von Komplexität. Sie ermöglicht durch verschiedene Mapping-Verfahren die kombinierte Analyse von bereichsspezifischen Diskursen, Akteursvorstellungen und ihre Verbindung mit Technologien.

Die architekturinformatische Forschung orientierte sich an Design Science Research (Runeson/Engström/Storey 2020), die darauf abzielt, praxisrelevante Probleme zu konzeptualisieren, innovative Lösungen zu entwickeln und diese in realitätsnahen Kontexten zu validieren. Dieser Ansatz kombinierte wiederkehrende Problemanalyse, Anwendung und Evaluation.

Vier zentrale methodische Bausteine strukturierten die Untersuchung: Eine systematische Softwareanalyse erfasste technische und nicht technische Spezifikationen von Softwarelösungen für die klimaneutrale Gebäudeplanung. Leitfadengestützte Interviews mit Planungsfachleuten verschiedener Disziplinen beleuchteten Praxiserfahrungen, Motivationen und Barrieren. Mittels teilnehmender Beobachtung in zwei unterschiedlich ausgerichteten Planungsbüros wurden Arbeitspraktiken und organisationale Strukturen analysiert. Schließlich wurden in Selbststudien durch Workshops, Tutorials und Benchmark-Studien praktische Potenziale zur Implementierung computerbasierter Methoden evaluiert.

3.2 Projektverlauf

Das Forschungsprojekt gliederte sich in vier aufeinander aufbauende Arbeitsschritte (Abb. 5), die eine ganzheitliche Bearbeitung der Forschungsfragen ermöglichten. Die Arbeitsschritte erfolgten teilweise parallel und wurden gemeinsam durchgeführt. Die parallele Vorgehensweise ermöglichte es, das Forschungsdesign schrittweise anzupassen. Im Sinne der Grounded Theory und des Design Science Research flossen Erkenntnisse aus der Softwareanalyse in die Entwicklung des Interviewleitfadens ein, während Beobachtungen aus der Praxis die Fokussierung der Selbststudien beeinflussten. Diese methodische Flexibilität erwies sich als entscheidend dafür, die komplexen Zusammenhänge zwischen technischen Möglichkeiten und praktischen Implementierungsbarrieren zu erschließen.

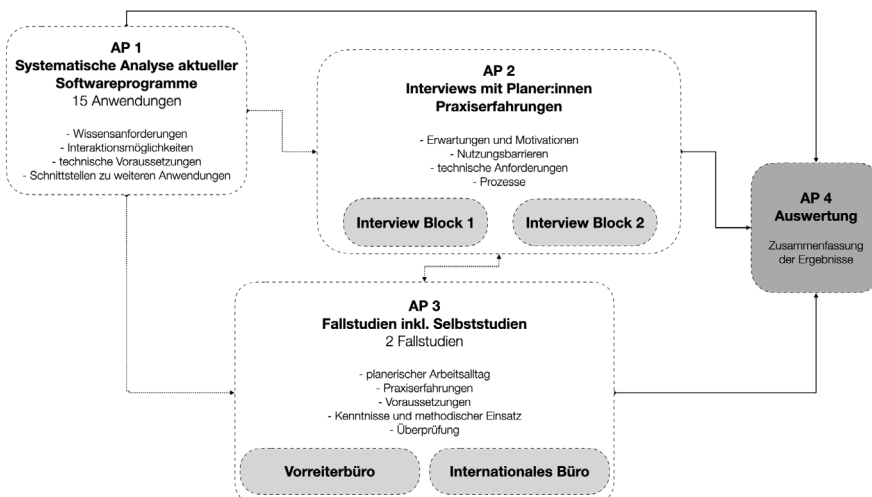


Abb. 5: Projektverlauf und Arbeitspakete; Quelle: eigene Darstellung

In der ersten Phase bildete eine Softwareanalyse (Arbeitspaket 1) den Ausgangspunkt der Untersuchung. Sie wurde zwischen Januar und Juli 2023 durchgeführt. Dabei wurden 15 aktuelle Softwarelösungen für klima-bezogene Entwurfsprobleme (Tabelle 1) systematisch ausgewertet, und zwar ausschließlich auf der Basis frei verfügbarer Quellen wie offizieller Webseiten, Dokumentationen und öffentlich zugänglicher Materialien. Die Analyse fokussierte sich auf technische und nicht technische Spezifikationen sowie Nutzungsbarrieren und wurde von beiden Forschungsstellen unabhängig voneinander durchgeführt. Anschließend wurden die Ergebnisse verglichen und zusammengeführt.

In der zweiten Phase wurden zwischen Dezember 2023 und März 2024 19 leitfadengestützte Interviews mit 21 Personen verschiedener Planungsprofessionen geführt (Arbeitspaket 2). Die Interviews wurden gemeinsam durchgeführt, für die sozialwissenschaftliche Bearbeitung vollständig transkribiert und mittels der qualitativen Datenanalyse-Software MAXQDA 2024 ausgewertet. Parallel dazu fanden im Zeitraum von Juni 2023 bis März 2024 die Fallstudien in zwei Planungsbüros statt (Arbeitspaket 3: Teilnehmende Beobachtung und Selbststudien). Die erste Fallstudie wurde in einem Fachplanungsbüro durchgeführt, das in Bezug auf das Nutzen computerbasierter Methoden für klimagerechte Planungen eine Vorreiterrolle innehat. Die zweite Fallstudie fand in einem großen Architekturbüro mit internationalen Projekten statt, das sich stark am Thema Nachhaltigkeit ori-

entiert. Im Vorreiterbüro wurde die Arbeitsweise einer Abteilung mit dem Schwerpunkt thermische Optimierung und Energieberechnungen begleitet, ergänzt durch eine KI-gestützte Benchmark-Studie, die Optimierungsalgorithmen evaluierte. In dem internationalen Büro wurde die architektonische Planungspraxis beobachtet und ein Workshop zu computerbasierten Methoden für die Planerinnen und Planer angeboten.

Die teilnehmende Beobachtung folgte ethnografischen Prinzipien und kombinierte direkte Beobachtungen mit informellen Gesprächen und einer Dokumentenanalyse. Außerdem wurden dafür verschiedene Rollen in den beobachteten Organisationen eingenommen. Alle Beobachtungen wurden protokolliert, als strukturierte Memos ausgearbeitet und ausgewertet. Die Selbststudien aus architekturinformatischer Perspektive umfassten verschiedene Formate: Vorträge zur theoretischen Einführung in Optimierungsmethoden, Workshops zur praktischen Implementierung von Optimierung in Rhinoceros 3D/Grasshopper, Tutorials zur Integration dieser Methoden in individuelle Workflows sowie eine umfassende Benchmark-Studie (Abb. 6 und Abb. 7). Letztere wurde in einem Klimaingenieurbüro durchgeführt, um verschiedene Optimierungsalgorithmen unter praxisnahen Bedingungen zu evaluieren.

Abschließend wurden die Erkenntnisse aller Arbeitspakete synthetisiert und daraus praxisorientierte Handlungsempfehlungen abgeleitet und präzisiert.

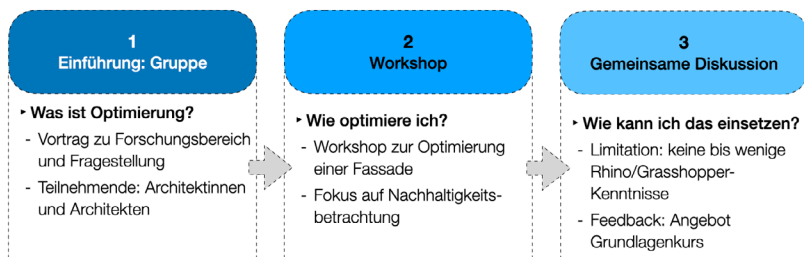
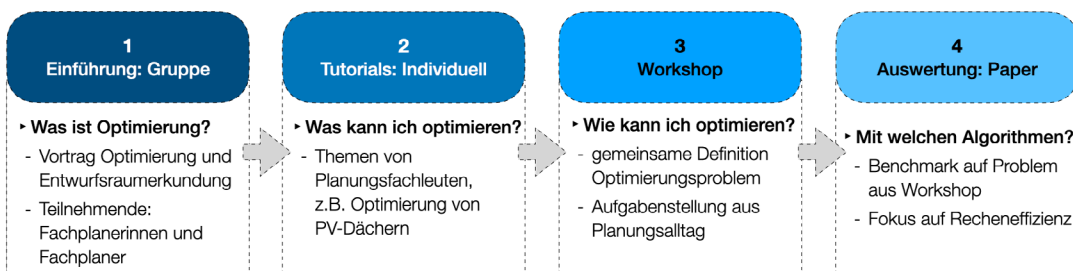


Abb. 6 (oben): Vorgehen Selbststudie Vorreiterbüro: ML-Benchmark; Quelle: eigene Darstellung

Abb. 7 (unten): Vorgehensweise Selbststudie internationales Büro; Quelle: eigene Darstellung

Literatur

Attia, S.; Hamdy, M.; O'Brien, W.; Carlucci, S., 2013: Assessing Gaps and Needs for Integrating Building Performance Optimization Tools in Net Zero Energy Buildings Design. *Energy and Buildings*, 37. Jg. (60): 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.016>

Boeva, Y.; Wortmann, T.; Kropp, C.; Menges, A., 2022: Architectural Computing and Design Optimization for Healthful Ecotopian Built Environments? In: Kanaani, M.: *The Routledge Companion to Ecological Design Thinking*. New York: 367–379. <https://doi.org/10.4324/9781003183181-33>

Boeva, Y.; Kropp, C., 2024: Buildings in the Algorithmic Regime: Infrastructuring Processes in Computational Design. In: Jarke, J. et al. (Hrsg.): *Algorithmic Regimes: Methods, Interactions, and Politics*. Amsterdam: 141–162. <https://doi.org/10.2307/jj.11895528.9>

Cichocka, J.; Browne, W. N.; Rodriguez, E., 2017: Optimization in the Architectural Practice: An International Survey. In: *Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2017: Protocols, Flows and Glitches*. Hongkong: 387–397.

Clarke, A. E., 2012: *Situationsanalyse: Grounded Theory nach dem Postmodern Turn*. Herausgeber: Keller, R. *Interdisziplinäre Diskursforschung*. Wiesbaden.

Cozza, S.; Tuor, R.; Sonderegger, A.; Jusselme, T.; Lalanne, D.; Andersen, M., 2018: Usability assessment of building performance simulation tools: a pilot study. *International Conference for Sustainable Design of the Built Environment – SDBE*. London: 25–36.

Gardner, N., 2019: New Divisions of Digital Labour in Architecture. *Feminist Review*, 123. Jg. (1): 106–125. <https://doi.org/10.1177/0141778919879766>

Nisztuk, M.; Myszkowski, P. B., 2018: Usability of Contemporary Tools for the Computational Design of Architectural Objects: Review, Features Evaluation and Reflection, *International Journal of Architectural Computing*, 16. Jg. (1): 58–84. <https://doi.org/10.1177/1478077117738919>

Glaser, B. G., Strauss, A. L., 1998: *Grounded Theory*. Göttingen.

Runeson, P.; Engström, E.; Storey, M.-A., 2020: The Design Science Paradigm as a Frame for Empirical Software Engineering. In: Felderer, M.; Travassos, G. H., (Hrsg.): *Contemporary Empirical Methods in Software Engineering*. Cham: 127–147. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32489-6_5

Wetter, M.; Sulzer, M., 2024: A call to action for building energy system modelling in the age of decarbonization. *Journal of Building Performance Simulation*, 17. Jg. (3): 383–393. <https://doi.org/10.1080/19401493.2023.2285824>

Wortmann, T.; Cichocka, J.; Waibel, C., 2022: Simulation-based optimization in architecture and building engineering: Results from an international user survey in practice and research. *Energy and Buildings*, 46. Jg. (259): 111–863. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111863>

Zorn, M.; Claus, L.; Frenzel, C.; Wortmann, T., 2025: Optimizing an expensive multi-objective building performance problem: Benchmarking model-based optimization algorithms against metaheuristics with and without surrogates. *Energy and Buildings*, 49. Jg. (336): 115–562. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115562>

Projektbeteiligte

Lehrstuhl für Technik- und Umweltsoziologie, Institut für Sozialwissenschaften, Universität Stuttgart



Universität Stuttgart

ZIRIUS - Zentrum für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung, Universität Stuttgart



Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung

Universität Stuttgart, Abteilung für Computing in der Architektur, Institut für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung (ICD/CA)

ICD / CA

Exzellenzcluster „Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur“ (IntCDC), Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – EXC 2120/1 – 390831618

IntCDC

CLUSTER OF EXCELLENCE

Impressum

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG



Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-22.45
Projektlaufzeit: 01.23 bis 06.25
Bundesmittel in €: 206.214,18

Zuwendungsempfängende:
Universität Stuttgart, Institut für
Sozialwissenschaften

Über Zukunft Bau

Mit dem Innovationsprogramm Zukunft Bau stärkt das BMWSB gemeinsam mit dem BBSR die Zukunfts- und Innovationsfähigkeit des Bausektors. Die Zukunft Bau Forschungsförderung schafft Vorbilder, die die Machbarkeit von neuen Ideen ausloten und die Baupraxis weiterentwickeln. Gefördert werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die einen Gebäudebezug als Schwerpunkt haben und einen substantiellen Beitrag zur Bewältigung aktueller und künftiger Herausforderungen im Baubereich erwarten lassen.

zukunftbau.de


Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und
Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung


Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
Referat WB 3 „Forschung und
Innovation im Bauwesen“
Guido Hagel
guido.hagel@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren


Dr. Yana Boeva 
Universität Stuttgart, Institut für
Sozialwissenschaften
yana.boeva@sowi.uni-stuttgart.de

Max Zorn 

Universität Stuttgart, Abteilung für
Computing in der Architektur,
Institut für Computerbasiertes Entwerfen und
Baufertigung (ICD/CA)

Prof. Dr. Thomas Wortmann 

Universität Stuttgart, Abteilung für
Computing in der Architektur,
Institut für Computerbasiertes Entwerfen und
Baufertigung (ICD/CA)

Prof. Dr. Cordula Kropp 

Universität Stuttgart, Institut für
Sozialwissenschaften

Lektorat

Dietlind Grüne
Redaktion Sachtext, Heidelberg

Stand

Oktober 2025

Grafisches Konzept

www.sans-serif.de

Satz und Barrierefreiheit

www.sans-serif.de
www.satzweiss.com

Bildnachweis

Titelbild: ICD - Institute for Computational
Design and Construction,
University Stuttgart

Vervielfältigung



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons-Lizenz Attribution – Share Alike 4.0 (CC BY-SA 4.0). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers und der Weitergabe unter gleichen Bedingungen die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. Nähere Informationen zu dieser Lizenz finden sich unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de/>.

Die Bedingungen der Creative Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Boeva, Y.; Zorn, M.; Wortmann, T.; Kropp, C., 2026: Computerbasierte Methoden und KI für die Planung klimaneutraler Gebäude: Untersuchung sozialer und technischer Potenziale und Herausforderungen der Anwendung computerbasierter Planungsmethoden in der Bauplanungspraxis. Herausgeber: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Zukunft Bau – Forschung KOMPAKT 17/2025. Bonn. <https://doi.org/10.58007/616r-dx67>

Bonn 2026
ISSN 2944-067X

Dieses Werk ging aus folgendem Forschungsbericht hervor:

Boeva, Y.; Zorn, M., 2025: Computerbasierte Methoden und KI für die Planung klimaneutraler Gebäude: Untersuchung sozialer und technischer Potenziale und Herausforderungen der Anwendung computerbasierter Planungsmethoden in der Bauplanungspraxis. Stuttgart.

Hier geht es zum kostenfreien

Forschungsbericht:

<https://doi.org/10.18419/opus-17313>