



Gemeinschaftlich nachhaltig bauen

Forschungsbericht der ökologischen Untersuchung
des genossenschaftlichen Wohnungsbauprojektes wagnisART

Die Abbildungen und die zugehörigen Bildrechte wurden von der wissenschaftlichen Begleitung sowie den am Projekt beteiligten Bauherren, Planern sowie dem Herausgeber zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung gibt die Erkenntnisse, Einschätzungen und Empfehlungen der wissenschaftlichen Begleitung des Wohnungsbauprojektes wieder.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit dieser Veröffentlichung wird die männliche Sprachform verwendet. Sämtliche Ausführungen gelten natürlich in gleicher Weise für die weibliche.

Gemeinschaftlich nachhaltig bauen

Forschungsbericht der ökologischen Untersuchung
des genossenschaftlichen Wohnungsbauprojektes wagnisART

Materialien zum Wohnungsbau



erarbeitet durch den Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen
der Technischen Universität München



im Auftrag der Wohnbaugenossenschaft wagnis eG, München

Gefördert durch
Oberste Baubehörde im
Bayerischen Staatsministerium des
Innern, für Bau und Verkehr





Vorwort	5
Einführungen	6
1 Grundlagen	10
1.1 wagnisART	11
1.2 Ziel der wissenschaftlichen Begleitung	11
1.3 Kontext Nachhaltigkeit	12
1.4 Voruntersuchungen zur ökologischen Bewertung	13
1.5 Rahmenbedingungen wagnisART	16
1.6 Projektbeschreibung wagnisART	18
1.7 Vorgehensweise Begleitforschung	18
2 Lebenszyklusanalyse	22
2.1 Ökobilanzierung von Gebäuden	23
2.2 Systemgrenzen und Randbedingungen	24
2.3 Berechnungsmethode und Datengrundlagen	25
2.4 Ergebnisse - Gebäude	25
2.5 Ergebnisse - Betrieb	27
2.6 Zusammenstellung und Analyse der Ergebnisse	27
3 Ökologische Fragestellungen	30
3.1 Tragwerk	31
3.2 Energiestandard	34
3.3 Bauweise der Außenwand	36
3.4 Bauweise und Energiestandard	37
3.5 Stromversorgung	38
3.6 Mobilitätskonzept und Stellplatzschlüssel	39
3.7 Änderungen der Planung während der Ausführung	40
3.8 Zusammenfassung	41
4 Nachhaltigkeit im partizipativen Planungsprozess	42
4.1 „Leistungsphase 0“	43
4.2 Ökologische Nachhaltigkeit	46
4.3 Ökonomische Nachhaltigkeit: geförderter Wohnungsbau	54
4.4 Soziokulturelle Nachhaltigkeit	55
4.5 Fazit	56
5 Zusammenfassung und Ausblick	60
5.1 Nachhaltigkeit bei wagnisART	61
5.2 Stellschrauben der Nachhaltigkeit	62
5.3 Handlungsempfehlungen	63
5.4 Fazit und Ausblick	65
Anhang	66
Impressum	68

Bayern.
Die Zukunft.



Sehr geehrte Damen und Herren,

wir brauchen mehr Wohnungsbau. Umso besser, wenn dieser sozial vorbildlich, generationengerecht und ökologisch nachhaltig gestaltet ist.

Gerade im Ballungsraum München müssen alle Möglichkeiten der Wohnraumschaffung genutzt und alle Akteure aktiv werden. Die Wohnbaugenossenschaft wagnis eG ist seit nunmehr 16 Jahren ein präsender Teil der professionell organisierten Bauherren in der Landeshauptstadt. Mit dem nun fünften abgeschlossenen Wohnungsbauvorhaben „wagnisART“ hat die relativ junge Genossenschaft bereits mehr als 400 Wohnungen gebaut. Alle Projekte von wagnis eG zeichnen sich durch einen hohen Anteil an geförderten Wohnungen aus, die unterschiedliche Bevölkerungsgruppen und verschiedenste Sozial- und Integrationsaspekte ansprechen.

In „wagnisART“ konnte erstmals eine wissenschaftliche Begleitung durch die Technische Universität München die Ziele einer gesamtheitlichen Nachhaltigkeit über den Lebenszyklus eines Wohnungsbaus untersuchen und am konkreten Objekt beraten. Deshalb hat der Freistaat nicht nur den geförderten Wohnungsteil, sondern auch das Begleitprojekt und die Veröffentlichung gerne finanziell unterstützt. In der vorliegenden Abschlussdokumentation werden die Erkenntnisse für andere Bauherren und politische Entscheidungsträger weitergegeben, um mehr Wohnungsbau noch nachhaltiger zu gestalten.

Joachim Herrmann
Bayerischer Staatsminister
des Innern, für Bau und Verkehr
Mitglied des Bayerischen Landtags

Gerhard Eck
Staatssekretär im Bayerischen
Staatsministerium des Innern,
für Bau und Verkehr
Mitglied des Bayerischen Landtags

Um ihrer Verantwortung für mehr Nachhaltigkeit im Wohnungsbau gerecht zu werden, hat die Münchner Wohnbaugenossenschaft wagnis eG ihrem jüngsten Bauprojekt wagnisART im Domagkpark einen sehr hohen ökologischen wie sozialen Standard zugrunde gelegt. Deshalb beauftragte sie den Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen von Prof. Dr.-Ing. Werner Lang an der TU München, die Planung und Umsetzung dieses Projekts inhaltlich und wissenschaftlich zu begleiten.

Das Sachgebiet für technische Angelegenheiten des Wohnungsbaus und Experimentellen Wohnungsbau der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr befasst sich vertieft seit den 1990er Jahren mit sozial wie ökologisch und ökonomisch nachhaltig erstelltem Wohnungsbau und erwartete von dieser Forschungsbegleitung gewinnbringende Erkenntnisse einer gesamtheitlich nachhaltigen Wohnungsgenese für zukünftige Wohnungsbauprojekte. Daher unterstützte und förderte es den wissenschaftlichen Beitrag und die weitere fachliche Begleitung.

Das durch die wagnis eG gesteckte Ziel für die Wohnanlage wagnisART war die Betrachtung der Nachhaltigkeit „from cradle to cradle“, also „von der Wiege bis zur Wiege“ einer jeden verwendeten Ressource. Über die gesamte Lebensdauer des Wohngebäudes von seiner Erstellung über die Nutzung bis hin zur Entsorgung wurden entsprechende rechnerische Werte ermittelt und in das laufende Bauvorhaben eingebracht. Die im Gebäude gebundene sogenannte „graue Energie“ wurde durch die wissenschaftliche Begleitung bilanziert und den beteiligten Architekten, Fachplanern, der Bauherrin und den späteren Bewohnerinnen und Bewohnern projektbegleitend erläutert, um Entscheidungen wie beispielsweise die Materialwahl der verwendeten Tragkonstruktion mit Argumenten der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz zu unterstützen. Die von der wissenschaftlichen Begleitung erarbeiteten Bausteine waren vor allem die Analyse und Ökobilanzierung der Genehmigungsplanung, um Optimierungsvorschläge zur Minimierung des Anteils an grauer Energie ohne qualitativen Wohnwertverlust einzubringen. Ebenso erfolgte die Abstimmung mit dem Planungsteam bei der Ausführungsplanung, Ausschreibung und Ausführung des Bauwerks, um die Material- und Prozesswahl insbesondere in Hinblick auf die Primärenergiebilanz zu optimieren.

Genossenschaftlich-partizipatives Bauen bedingt eine frühzeitige Einbindung der zukünftigen Bewohner in weichenstellende Entscheidungen. Die Projektarbeitsgruppe Nachhaltigkeit von wagnisART war

hierbei Bindeglied und Vermittler des gewonnenen technischen Wissens an die künftigen Bewohnerinnen und Bewohner. Die Kommunikation ist ein wichtiger Bestandteil angewandter Nachhaltigkeit, denn je höher die Anforderungen des energieeffizienten Bauens sind, umso wichtiger ist es, qualifizierte und informierte Nutzer zur Mitwirkung bei der Umsetzung der Energieeffizienzziele und der Nachhaltigkeitsansprüche zu motivieren. So hat sich seit den ersten Schritten zur Schaffung von 138 Wohneinheiten vor genau zehn Jahren mit einer prozessualen Weiterentwicklung der Bauaufgabensteuerung und einer vertieften Diskussionskultur eine wiederabrufbare und partizipative Entscheidungsstruktur bei der Bauherrin verstetigt.

Die Abwägung zwischen ökonomischer und ökologischer Nachhaltigkeit und der partizipativen Entscheidungsfindung als soziale Komponente durch die Einbindung der künftigen Bewohner kann notwendige Kriterien für zukünftige Projekte aufzeigen und weitergeben. Diese Publikation kann so als Wissensstafette für andere interessierte, zukünftige Bauherren oder Entscheidungsträger dienen, um Kriterien der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau bereits bei ersten Überlegungen einer neuen Bauaufgabe zu berücksichtigen.

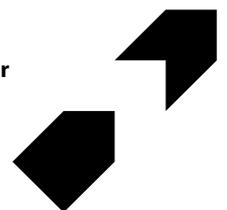
Die nun vorliegende Dokumentation stellt die Lebenszyklusbilanz in Bezug auf einzelne, als besonders relevant identifizierte Fragen des Wohnungsbaus, insbesondere die Auswahl der Materialien und der Bauweise, der Stellplatzlösungen und der technischen Anforderungen an den Wohnungsbau und seinen Planungsprozess, hervorragend dar.

Wir hoffen, dass bei zukünftigen Wohnungsbauvorhaben diese und weitere Themen eines ganzheitlich nachhaltigen Wohnungsbaus erneut und vertieft diskutiert, untersucht und realisiert werden können.

München, im Januar 2017

Oberste Baubehörde
im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
Sachgebiet Technische Angelegenheiten des Wohnungsbaus,
Experimenteller Wohnungsbau

**Experimenteller
Wohnungsbau**



WagnisART – ein zukunftsweisendes Projekt für gemeinschaftliches Bauen

Nachhaltige, in ökologischer Hinsicht zukunftsfähige Gebäude und Stadtquartiere müssen im Hinblick auf deren Ressourcenverbrauch und Umweltauswirkungen betrachtet werden. Dazu müssen die mit dem Bauwesen in Verbindung stehenden Energie-, Stoff- und Verkehrsströme, die hieraus resultierenden Emissionen und deren Auswirkungen auf Stadtklima und Luftqualität, sowie weitergehende Fragestellungen, wie z.B. Flächenversiegelung, Landnutzung und Biodiversität betrachtet werden. Dabei streben wir u.a. nach Synergien zwischen ökologischer Qualität, z.B. geringem Ressourceneinsatz, und stadträumlicher und architektonischer Qualität.

Das Projekt wagnisART ist in diesem Zusammenhang ein besonders interessantes Forschungsthema, da die Projektbeteiligten nicht nur einen hohen architektonischen Anspruch haben, sondern gleichzeitig die bestmögliche Integration von Nachhaltigkeitsaspekten anstreben. Im Sinne eines ökologisch orientierten Nachhaltigkeitsansatzes ist es zwingend erforderlich, im Bezug auf den Ressourcenverbrauch und die Auswirkungen von Gebäuden auf die Umwelt den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, von der Herstellung, über den Betrieb und den Unterhalt bis hin zum Rückbau bzw. Recycling zu betrachten.

Das heißt, bei der Analyse der genannten Faktoren erstens die Gebäudeerstellung mit allen Aufwendungen für Baumaterialien, Transporte und Bauprozesse, zweitens den Betrieb des Gebäudes mit seinem Energie- und Wasserverbrauch und den notwendigen Instandhaltungsprozessen, und drittens den möglichen Rückbau des Gebäudes zu berücksichtigen. Für das Projekt wagnisART haben wir dies in Form einer ökologischen Gesamtbetrachtung ausgeführt, bei der nicht nur Energieaufwand und CO₂-Ausstoß im Betrieb in Betracht gezogen wurden, wie es üblicherweise der Fall ist, sondern auch die Herstellung der Baumaterialien.

Wesentliche Entscheidungen, die den Ressourceneinsatz für ein Gebäude maßgeblich beeinflussen, fallen früh im Planungsprozess. Durch erste Entscheidungen wird der Flächenbedarf des Projektes und damit seine Größe, aber auch der Fußabdruck des Gebäudes festgelegt. Bald darauf folgen Entscheidungen zu Geometrie, konstruktiven Prinzipien und hauptsächlich verwendeten Materialien. Dabei stehen Planer und Bauherren noch keine Instrumente oder etablierte Methoden zur Verfügung, um das Thema Nachhaltigkeit schon früh in den Planungsprozess zu integrieren. Selbst der Energiebedarf wird in der Regel erst gegen Ende

der Entwurfsplanung prognostiziert. „Graue Energie“ oder CO₂-Ausstoß werden, wenn sie berechnet werden, erst in oder nach der Ausführungsplanung betrachtet, nachdem die meisten Planungsentscheidungen bereits gefallen sind. Dies liegt unter anderem darin begründet, dass für diese Berechnungen keine Schätzwerte vorhanden sind, so dass zur Berechnung genaue Informationen über das Projekt erforderlich sind.

Hier setzt die vorliegende Forschung an: Für wagnisART wurden die „graue Energie“ und CO₂-Emissionen berechnet, um sie für zukünftige Projekte zur Verfügung zu stellen. Die Berechnungen wurden zum Beispiel mit anderen Fassaden oder Energiestandards variiert, um den Einfluss solcher Entscheidungen abschätzen zu können. Sinn und Zweck dieser Untersuchungen ist herauszufinden, wo im Planungsprozess Informationen notwendig sind, um nachhaltig handeln zu können. Wenn rechtzeitig Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung stehen, können in zukünftigen Projekten die Auswirkungen bestimmter Entscheidungen auf die Zukunftsfähigkeit besser eingeschätzt und positiv beeinflusst werden.

Weniger quantifizierbar, deswegen aber nicht minder relevant, sind die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit. Diese werden von wagnisART in beispielhafter Weise erreicht. Nicht zuletzt liegt dies an der langen Vorlaufzeit des Projektes, in der sogar auf den Bebauungsplan Einfluss genommen werden konnte.

Unsere Forschungsarbeit begann erst nach Abschluss der Genehmigungsplanung. Wir sehen für zukünftige Projekte großes Potenzial in einem früheren Beginn von projektbegleitender Nachhaltigkeitsberatung, damit von Anfang an alle Beteiligten auch eine gesamtheitliche Nachhaltigkeit mitdenken. Der vorliegende Bericht zeigt, dass wagnisART bezüglich der ökologischen Nachhaltigkeit sehr weit fortgeschritten ist, und stellt für zukünftige Projekte Hinweise zur Nachahmung bereit.

Der Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen (Lehrstuhl ENPB) wurde im September 2010 als eine Stiftung des Vereins für Bauforschung und Berufsbildung des Bayerischen Bauindustrieverbandes e.V. eingerichtet. Der Fakultät für Architektur und Ingenieurwissenschaften Bau Geo Umwelt zu gleichen Teilen zugeordnet, ist der Lehrstuhl ENPB fester Bestandteil der Forschung und Lehre an der Technischen Universität München. Vor dem Hintergrund eines gestiegenen Umweltbewusstseins und ambitionierter Klimaschutzvorgaben erfüllen wir die Aufgabe, den Anforderungen im Bereich des energieeffizienten und nachhaltigen Planens und Bauens gerecht zu werden.

München, im Januar 2017

Prof. Dr.-Ing. Werner Lang
Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges
Planen und Bauen
Technische Universität München



1 Grundlagen



Abb. 1: Die fünf Gebäudekörper von wagnisART im Lageplan. Die Benennung erfolgte partizipativ nach den fünf Kontinenten.

Das Projekt wagnisART ist in vielerlei Hinsicht ein Ausnahmeprojekt: Nicht nur in seiner Architektur, sondern auch im partizipativen Planungsprozess und in seinen ambitionierten Zielen der Nachhaltigkeit hat es einen beispielhaften Weg verfolgt. Das Projekt wurde vom Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Bauen der Technischen Universität München (TUM) zur Untersuchung und Unterstützung der gesetzten Nachhaltigkeitsziele wissenschaftlich begleitet.

1.1 wagnisART

In unmittelbarer Nähe zu dem von der Stadt München eingerichteten Städtischen Atelierhaus am Domagkpark für rund 100 Künstler wurde das zukunftsorientierte Wohnbauprojekt wagnisART mit 138 Wohneinheiten realisiert. Etwa zwei Drittel der Wohneinheiten wurden durch staatliche und städtische Mittel gefördert. Auf dem ehemaligen Gelände der Funkkaserne in München-Nordschwabing sind 9.600 m² Wohnfläche und 1.200 m² Gewerbe- und Gemeinschaftseinrichtungen für das Projekt und für das Quartier entstanden. Die Anlage wurde gemeinsam mit den Bewohnern geplant und realisiert.

1.2 Ziel der wissenschaftlichen Begleitung

Ziel der wissenschaftlichen Begleitung ist die nähere Bestimmung und Untersuchung der Nachhaltigkeit des Projektes, besonders im Hinblick auf den Energieverbrauch. Dazu gehört unter anderem zu untersuchen, ob über den geplanten Passivhaus-Standard hinaus ein „Lebenszyklusbasierter Nullenergiestandard“ erreicht werden kann: Wird das Gebäude so viel Energie erzeugen, wie es verbraucht? Hierfür wurde unter anderem eine Lebenszyklusbetrachtung durchgeführt, die den gesamten Lebenszyklus der Gebäude, das heißt nicht nur den Prozess der Planung und des Bauens, sondern auch den zukünftigen Betrieb und den Rückbau, mit einbezieht. Dabei lag der Schwerpunkt auf ökologischen Aspekten. Ein wichtiges Ergebnis ist die Gesamtenergiebilanz, die zusätzlich zum prognostizierten Energieverbrauch im Betrieb sowohl die für die Errichtung des Gebäudes benötigte *graue Energie* als auch die voraussichtlich aufzuwendende Energie für den Rückbau in die Energiebilanz einrechnet. Daraus lässt sich schließen, ob der sehr ambitionierte Energiestandard eines Passivhauses sich über den Lebenszyklus des Gebäudes energetisch positiv darstellt oder ob in der Herstellung so viel mehr Energie verbraucht wird als bei einem Standardgebäude, dass die Einsparung im Betrieb den Mehrverbrauch nicht kompensieren kann.



Abb. 2: Baugrube bei Baubeginn 2014



Abb. 3: Grundstein im Fundament

Graue Energie ist die gesamte Menge an nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet. [1]



Abb. 4: Grundsteinlegung am 14.09.2014



Abb. 5: Stahlbetonskelett (März 2015)

Dauerhafte und somit **nachhaltige Entwicklung** ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können. [2]

Darüber hinaus wurde der Entwicklungs- und Planungsprozess analysiert, um Rückschlüsse zu ziehen, wie dieser Prozess gestaltet werden könnte, um die Zukunftsfähigkeit von genossenschaftlichen und anderen Wohnbauprojekten hinsichtlich ökologischer Aspekte zu steigern. Daraus werden Handlungsempfehlungen für zukünftige Projekte abgeleitet.

1.3 Kontext Nachhaltigkeit

Der Begriff der *Nachhaltigkeit* stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft, in deren Zusammenhang er von Hans Carl von Carlowitz im Jahr 1713 zum ersten Mal schriftlich verwendet wurde. Heute ist die gängigste Definition im Brundtland-Report von 1987 zu finden. Das Konzept einer ökonomischen und ökologischen Generationengerechtigkeit findet heute breiten gesellschaftlichen und politischen Konsens. Ein darauf aufbauendes Modell der Nachhaltigkeit, das im Bauwesen in Form verschiedener Zertifizierungssysteme Anwendung findet, ist das sogenannte *Drei-Säulen-Modell*, das die drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales beinhaltet. Aus der Erkenntnis heraus, dass diese Aspekte nicht gleichrangig behandelt werden können und damit jeweils näher bestimmt werden müssen, entwickelte sich die Theorie der „starken Nachhaltigkeit“. Dieses Modell definiert für die Ökonomie als Leitlinie die Effizienz, für Ökologie die Resilienz und für Soziales die Suffizienz.

Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit und Konzept der „starken Nachhaltigkeit“

ÖKONOMIE	— -->	EFFIZIENZ
ÖKOLOGIE	— -->	RESILIENZ
SOZIALES	— -->	SUFFIZIENZ

Das in der Schweiz entwickelte Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft greift diese Grundsätze folgendermaßen auf [3]:

- **Effizienz:** Weniger Energie für denselben Zweck
- **Konsistenz (Resilienz):** Erneuerbare Energieträger anstelle von nicht erneuerbaren!
- **Suffizienz:** Das richtige Mass - für mehr Lebensqualität!

Die 2000-Watt-Gesellschaft definiert als Maß der globalen Gerechtigkeit die jedem Menschen zur Verfügung stehende Leistung von 2000 Watt. Dieses „Leistungsbudget“ ist umfassend zu verstehen, so dass u.a. der gesamte Lebenszyklus von Gebäuden einbezogen werden muss, wie es in der folgenden Untersuchung erfolgt ist.

Ein wichtiger Aspekt nachhaltiger Entwicklung ist das von Braungart und McDonough definierte Prinzip „cradle-to-cradle“ (von der Wiege bis zur Wiege) [4]. Die Nutzung aller zur Verfügung stehenden Ressourcen

wird in einem geschlossenen Kreislauf betrachtet, so dass kein Abfall entsteht, sondern jeder Stoff am Ende seiner Nutzungsdauer wieder für seine ursprüngliche oder eine hochwertigere Nutzung verwendet werden kann. Ein einheitlicher Bewertungsrahmen für Gebäude steht für cradle-to-cradle nicht zur Verfügung, allerdings wurde der Rückbau im vorliegenden Projekt mit bewertet.

1.4 Voruntersuchungen zur ökologischen Bewertung

Für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden wurden in den letzten Jahrzehnten weltweit verschiedene Zertifizierungssysteme entwickelt, die zum Teil auch als Planungsinstrument genutzt werden können. Die ältesten Systeme BREEAM (Grossbritannien) und LEED (USA) sind sogenannte „Green Building“ Systeme und legen den Schwerpunkt auf ökologische Aspekte. Die deutschen Zertifizierungssysteme BNB und DGNB stützen sich dagegen auf die drei Säulen der Nachhaltigkeit (s. Kasten S. 12) und behandeln ökologische, ökonomische und soziale Aspekte, ergänzt durch eine Beurteilung der technischen Qualität und der Prozessqualität.



Abb. 6: Eingehängte Brücken zwischen den Gebäuden (März 2015)

Solche Zertifizierungssysteme eignen sich allerdings nur bedingt für eine Anwendung im genossenschaftlichen Wohnungsbau, da sie in einem Punktesystem das Prädikat Nachhaltigkeit verleihen, das Vergleichbarkeit herstellt. Hier bleibt in der Regel wenig Spielraum für individuell fest-

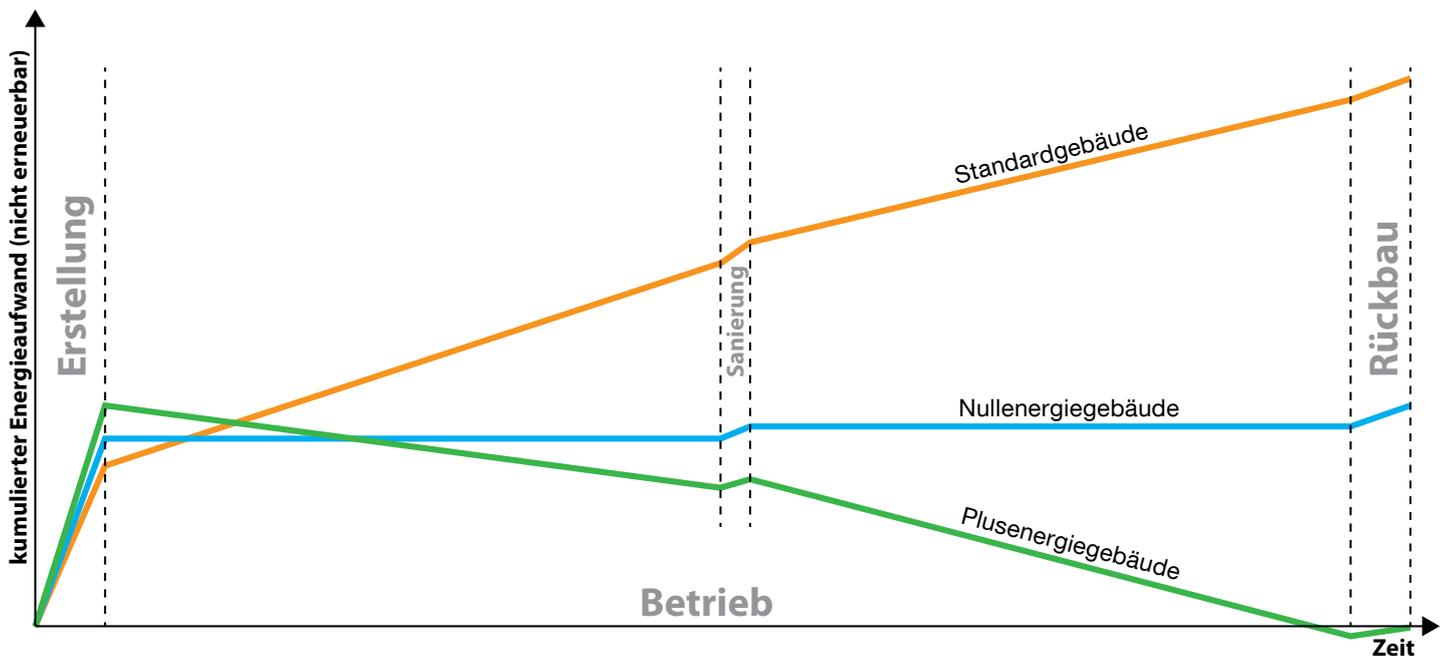


Abb. 7: Kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand während des Lebenszyklus eines Wohngebäudes. Das Standardgebäude erfüllt qualitativ die zu Bauantragstellung gültige EnEV (2009).

Die **Primärenergie (PE)** oder *Rohenergie* ist der Energieinhalt von Energieträgern, die in der Natur vorkommen und technisch noch nicht umgewandelt wurden. [5]

Erneuerbare Primärenergie (PE e) sind an menschlichen Maßstäben gemessen unerschöpfliche bzw. regenerative Energieträger, zum Beispiel Sonne, Wind. [nach: 5]

Nicht erneuerbare Primärenergie (PE ne) sind an menschlichen Maßstäben gemessen erschöpfliche, fossile Energieträger, zum Beispiel Erdgas, Erdöl oder Steinkohle, solange sich diese noch in der jeweiligen Lagerstätte befinden. [nach: 5]

gelegte Ziele. Auch ein besonders ambitioniertes Konzept, das in hohem Maße Schwerpunkte setzt, ist schwer durch ein Zertifizierungssystem zu erreichen, das auf die Erfüllung vieler Kriterien ausgelegt ist.

Das vorliegende Forschungsprojekt beschäftigt sich in der Hauptsache mit ökologischen Aspekten der Nachhaltigkeit, insbesondere dem Energiebedarf und den Treibhausgasemissionen, die für den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes betrachtet werden. Dies erfolgt vor dem Hintergrund, dass die Energie umso wichtiger wird, die für die Erstellung und den Rückbau eines Gebäudes erforderlich ist, je weniger Energie für den Betrieb gebraucht wird. Für ein Nullenergiehaus wird beispielsweise nur in der Erstellung und Entsorgung *nicht erneuerbare Primärenergie* gebraucht, während des Betriebes wird das Gebäude ausschließlich durch erneuerbare Energien versorgt (s. Abb. 7).

Daher wurden in den letzten Jahren einige Studien zum Thema erstellt, die die Frage untersuchen, welcher Energie- und Ressourcenaufwand für Erstellung und Rückbau im Vergleich zum Betrieb anfallen. Wichtig beim Vergleich unterschiedlicher Studien ist es, unterschiedlich berechnete Datengrundlagen für Gesamtprimärenergieinhalt und Treibhausgasemissionen von Land zu Land zu berücksichtigen, da sich hier die Werte stark unterscheiden können.

	PE ne [kWh / m ² NGF *a]	Anteil PE e [% von PE gesamt]	GWP [kg CO ₂ -Äqu. / m ² NGF *a]
NaWoh (Version 3.0) (erfüllt / übererfüllt / deutlich übererfüllt) Konstruktion und Nutzung	105 / 75 / 55	7,5 / 15 / 25	24 / 17 / 12
DGNB Wohngebäude (Version 2015) (min. / mittel / max.) nur Konstruktion	48 / 34 / 24	2 / 10 / 20	13,16 / 9,4 / 6,58
DGNB kleine Wohngebäude (Version 2013.2) (min. / mittel / max.) nur Konstruktion	25,2 / 18 / 12,6	2 / 10 / 20	7,56 / 5,4 / 3,78

Tabelle 1: Anforderungen an erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf (PE e bzw. PE ne) und das Treibhauspotenzial (GWP). Der Vergleich der systembedingten Anforderungen dient der späteren Einschätzung für wagnisART (s. Tabelle 3, S. 29) und wird im Text erläutert (s. S. 15 und 16).

Eine europäische Gesamtstudie, die das Energieeinsparpotenzial des Gebäudebestandes und Neubaus für europäische Länder untersucht [7], kommt zu dem Schluss, dass die Betriebsphase die Umweltwirkungen dominiert, wogegen die Entsorgung der Bausubstanz maximal 5% ausmacht. Bei Neubauten verursacht über einen Zeitraum von 40 Jahren die Bausubstanz laut dieser Studie im europäischen Durchschnitt ca. 23% der Treibhausgasemissionen und verbraucht 19% der nicht erneuerbaren Primärenergie. Damit ergibt sich das größte Einsparpotenzial für Energie und Umweltwirkungen weiterhin in der Betriebsphase. Dies und aktuelle Studien belegen, dass die Bausubstanz aber eine weit wichtigere Rolle bei Neubauten als bei Bestandsgebäuden spielt. Eine Studie für die Münchner GEWOFAG [8] beispielsweise leitet aus Berechnungen ab, dass bei der alleinigen Betrachtung der Gebäudehülle im Verhältnis zum Betrieb über 50 Jahre die Hülle ca. 20% bis 35% der CO₂-Emissionen verursacht. Dies liegt zum einen an einem besseren Energiestandard und zum anderen an den Betrachtungsgrenzen, da hier für den Betrieb nur die Heizenergie (ohne Warmwasser) und für die Bausubstanz zusätzlich die Transporte der Materialien zur Baustelle berücksichtigt wurden.

Andere Studien wurden durchgeführt, um Zielwerte für die Beurteilung der ökologischen Qualität von nachhaltigen Gebäuden zu ermitteln. Die Suche nach Kenngrößen oder Richtwerten für den Gesamtprimärenergieinhalt eines Gebäudes und für das verursachte Treibhauspotenzial ergibt dennoch derzeit wenig brauchbare Ergebnisse. Zum einen wird, wie oben erwähnt, mit unterschiedlichen Randbedingungen und Datenbanken gerechnet, so dass Erfahrungswerte wenig bis gar nicht vergleichbar sind. Zum anderen werden Berechnungen oft nicht ausreichend transparent veröffentlicht, um die Ergebnisse so umrechnen zu können, dass sie vergleichbar sind.

Orientierungswerte bieten allein die Zielwerte von Gebäudezertifizierungssystemen, die die Ergebnisse der ökologischen Lebenszyklusanalyse als Kriterium aufgenommen haben. In Deutschland kommen drei Systeme für Wohnbauten in Frage: Die Bewertung gemäß der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) für kleine Wohngebäude mit bis zu 6 Wohneinheiten (WE) und größere Wohngebäude mit mehr als 6 WE und das Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) für Mehrfamilienhäuser. Im DGNB-System werden jeweils ein Zielwert für die Konstruktion und einer für die Nutzung festgelegt. Letzterer hängt von den Ergebnissen der Energieberechnung des Referenzgebäudes ab, so dass diese nicht pauschal aufgeführt werden können. Das

Das **Treibhauspotential** (engl. *Global Warming Potential GWP*) ist der potenzielle Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten d. h. zum so genannten Treibhauseffekt. Der Beitrag des Stoffes wird relativ zum Treibhauspotenzial des Stoffes Kohlendioxid (CO₂) angegeben. [6]



Abb. 8: Sommerfest am 20.06.2015



Abb. 9: Rohbau vor Anbringung der Fassade (Juni 2015)



Abb. 10: Baustellenstand zum Richtfest am 18.09.2015

Bewertungssystem NaWoh legt Gesamt-Zielwerte für Konstruktion und Betrieb fest, so dass es auch möglich wäre, eine sehr effiziente Erstellung mit einem weniger effizienten Betrieb zu kompensieren und umgekehrt.

Tabelle 1 zeigt, dass die Ziel-Werte stark voneinander abweichen. Generell müsste der Wert für große Wohnhäuser niedriger liegen als für kleine, da letztere in der Regel weniger flächeneffizient sind. Dass dies jedoch nicht der Fall ist, liegt an der Datengrundlage: Für Mehrfamilienhäuser wurden die Werte der Büro- und Verwaltungsgebäude übernommen, während für kleinere Wohnbauten eine eigene Studie erstellt wurde [9]. Wie wagnisART im Vergleich zu diesen Grenzwerten abschneidet, wird in Kapitel 2 bewertet (s. S. 27 ff.).

1.5 Rahmenbedingungen wagnisART

Die im Jahr 2000 gegründete Baugenossenschaft wagnis eG hat das Ziel, Wohnanlagen zu realisieren, um gemeinschaftlich verwalteten Wohnraum dauerhaft zu sichern, sozial zu binden und der Spekulation zu entziehen. Sie setzt die Schwerpunkte dabei auf gemeinschaftliches und generationen-übergreifendes Wohnen, selbstorganisierte und selbstverwaltete Hausgemeinschaften, Gemeinschaftseinrichtungen, Partizipation schon in der Planungsphase, kreative Alltagsgestaltung und Kultur, individuelle Wohnungen und gemeinschaftliche Räume, dauerhaft sicheres und bezahlbares Wohnen sowie Ökologie und Nachhaltigkeit [10]. Die wagnis eG wurde vielfach ausgezeichnet, das Bauvorhaben wagnisART erhielt zuletzt den Deutschen Städtebaupreis 2016.

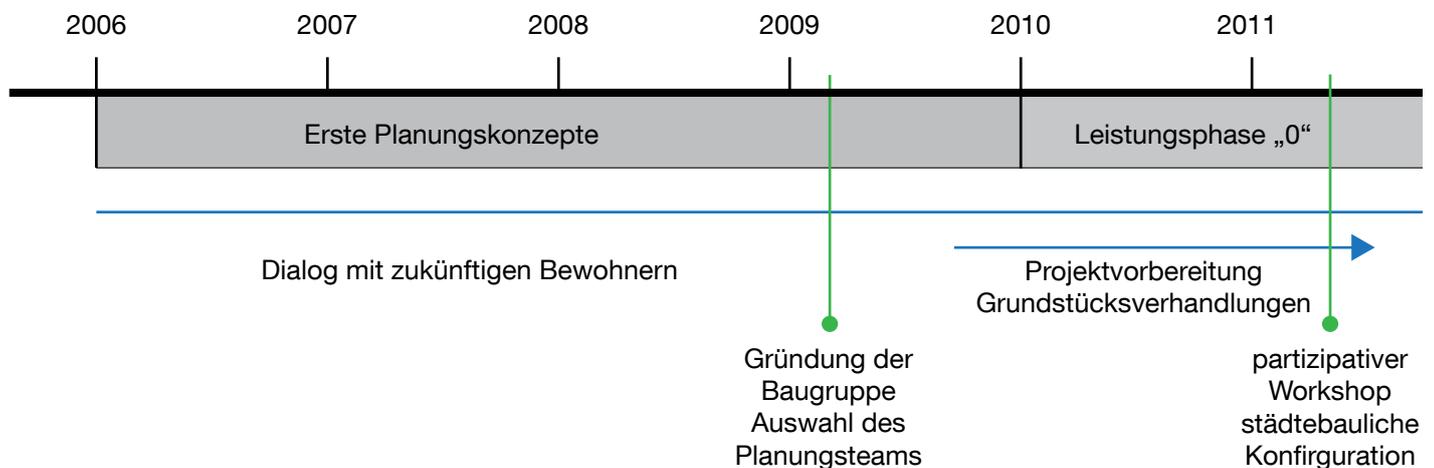


Abb. 11: wagnisART Projektverlauf

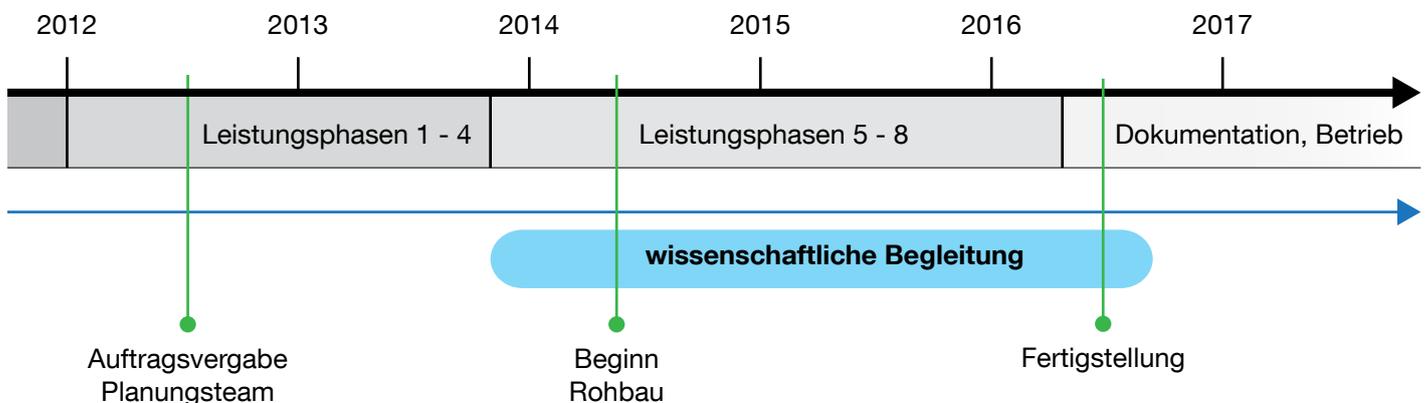
Das Projekt wagnisART wurde schon im Jahr 2006 begonnen, jedoch fand der Grundstückskauf erst im Jahr 2012 statt, d.h. das Projekt besaß eine sehr lange Vorlaufzeit, während der unklar war, inwieweit es realisiert werden würde (s. Abb. 11 und Kap. 4). In dieser Zeit fanden vorbereitende Workshops mit den zukünftigen Bewohnern statt, ebenso wie intensive Verhandlungen mit den zuständigen Behörden der Stadt München. Aufgrund des langen Zeitraumes konnten viele der Mitglieder, die zu Beginn als zukünftige Bewohner an Workshops teilnahmen, nicht Bewohner des Projektes werden, sondern fanden zwischenzeitlich anderweitig Wohnraum. Dadurch ergab sich in dieser Zeit ein nahezu vollständiger Austausch der Beteiligten auf Bewohnerseite.



Abb. 12: Richtfest am 18.09.2015

Das Grundstück wurde der wagnis eG in Aussicht gestellt, bevor der Bebauungsplan Planungsreife erlangt hatte, so dass auf die städtebauliche Konfiguration Einfluss genommen werden konnte.

Im Planungsprozess der Gebäude spielten die zukünftigen Bewohner eine entscheidende Rolle, da sie im Rahmen von Projektarbeitsgruppen, Workshops und Diskussionen als Entscheidungsgremium intensiv involviert waren. Die wichtigste Entscheidung in Bezug auf die Erscheinungsform der Gebäude wurde 2013 gefällt, als die Bewohnerschaft sich zwischen den drei Entwürfen „Pueblo“, „Steine“ und „Ring“ für den geometrisch komplexeren Entwurf „Steine“ entschied, da dieser die Gemeinschaftsaspekte am besten abbildete (s. Kap. 4).



Datenblatt wissenschaftliche Begleitung durch die TU München

<i>Mai 2013</i>	<i>Kurzberatung zu Fassadenmaterialien</i>
<i>Februar 2014</i>	<i>Auftragserteilung</i>
<i>01.04.2014</i>	<i>Kickoff-Termin Forschungsprojekt TUM / wagnisART im Rahmen des Planer - Jour Fixe</i>
<i>16.10.2014</i>	<i>Zwischenpräsentation mit ersten Ergebnissen und Festlegung des weiteren Vorgehens</i>
<i>01.12.2014</i>	<i>Projektvorstellung und Diskussion beim Abendtermin der Nachhaltigkeitsgruppe wagnisART</i>
<i>11.12.2014</i>	<i>Projektarbeitsgruppe Zwischenstand und weiteres Vorgehen</i>
<i>24.03.2015</i>	<i>Besprechung weiteres Vorgehen beim Bauherren Jour Fixe</i>
<i>07.10.2015</i>	<i>Workshop I Planungsprozess</i>
<i>12.11.2015</i>	<i>Workshop II Planungsprozess</i>
<i>Januar 2017</i>	<i>Abschlussveranstaltung mit Vorstellung des Endberichtes</i>

Kofinanzierung durch die Oberste Baubehörde der im Auftrag der wagnis eG erstellten wissenschaftlichen Begleitung durch die TU München.

1.6 Projektbeschreibung wagnisART

Das Projekt besteht aus fünf Häusern, die nach den Kontinenten Afrika, Amerika, Asien, Australien und Europa benannt sind. Diese sind mit großzügigen Brücken auf verschiedenen Stockwerken verbunden, die als halböffentlicher Freiraum dienen, die Kommunikation zwischen Bewohnern der verschiedenen Häuser fördern und die Vielfalt der gemeinschaftlich nutzbaren Flächen erhöhen.

Die Häuser sind unterkellert und besitzen eine Tiefgarage mit 87 Stellplätzen, die zwischen den Häusern angeordnet ist und auf Erdgeschoss-Ebene als begrünter Hof in Erscheinung tritt. Die Gebäude wurden in Hybridbauweise als tragendes Stahlbetonskelett mit vorgehängter Holzrahmenbaufassade erstellt.

Das Projekt wurde als zertifiziertes Passivhaus realisiert. Die Wärmeversorgung erfolgt durch die Fernwärme der Stadtwerke München (Anschluss- und Abnahmepflicht). Auf den Dächern der Häuser Afrika, Australien und Europa befindet sich eine Photovoltaikanlage mit einer Größe von insgesamt 94 kWp. Der gewonnene Strom wird bei Localpool (s. Kasten S. 38) eingespeist, aus dem auch der Verbrauchsstrom bezogen wird. Die Genehmigungsplanung (Leistungsphase 4 HOAI) für wagnisART erfolgte bis Mitte Oktober 2013. Ausführungsplanung, Ausschreibung und Vergabe der Baumeisterarbeiten waren Ende März 2014 abgeschlossen. Die anderen Gewerke wurden baubegleitend ausgeschrieben. Die Fertigstellung und der Einzug der Bewohner erfolgte im Sommer 2016.



Abb. 13: Baustelle bei Abschluss der Fassadenarbeiten (Januar 2016)

1.7 Vorgehensweise Begleitforschung

Die wissenschaftliche Begleitung wurde zu einem Zeitpunkt begonnen, zu dem der Entwurfsprozess weitgehend abgeschlossen war. Ab April 2014 begleitete der Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Bauen der TU München die Planung u.a. durch die Errechnung des Primärenergieinhalts und des Treibhauspotenzials.

Aus dieser Berechnung geht hervor, wann im Lebenszyklus des Gebäudes und durch welche Gebäudeteile wesentlich Energie verbraucht und CO₂ emittiert wurde und wird. Daraus wurden skizzenhafte Optimierungsvorschläge zur Minimierung des Energie- und CO₂-Gehalts dargestellt. Diese wurden zur Verwendung bei zukünftigen Projekten anhand von Alternativen bewertet (s. Kap. 2 und 3). Darüber hinaus fanden Workshops mit allen Projektbeteiligten statt, in dem der Planungsprozess näher betrachtet wurde, um daraus Rückschlüsse für zukünftige Projekte zu ziehen (s. Kap. 4).



Abb. 14: Innenhof „Dorfplatz“ (Juni 2016)



Abb. 15: Anpflanzaktion (Juli 2016)



Abb. 16: Anpflanzaktion (Juli 2016)

Datenblatt wagnisART

<i>Lage</i>	<i>Fritz-Winter-Straße und Margarete Schütte-Lihotzky-Straße in München Domagkpark, ehemalige Funkkaserne</i>
<i>Nutzfläche</i>	<i>10.610 m² in 5 Häusern mit maximal EG plus 4 Stockwerke</i>
<i>Wohnen</i>	<i>138 Wohnungen, davon 58 Cluster-Wohnungen und 80 konventionelle Wohnungen 30% frei finanziert, 40% München Modell, 30% Einkommensorientierte Förderung (Freistaat Bayern) 30% Ein-Zimmer-Wohnungen, 17% Zwei-Zimmer-Wohnungen, 27% Drei-Zimmer-Wohnungen, 13% Vier-Zimmer-Wohnungen, 12% Fünf- bis Sieben-Zimmer-Wohnungen</i>
<i>Nutzungen</i>	<i>Künstler-Cluster ARTrefugio, Ateliers, Praxisräume, Büros, Speisecafé, Veranstaltungsraum, Gemeinschaftsräume, Werkstätten, Waschcafé, Nähstube, Toberaum, Proberäume, Gäste-Apartments, Gemeinschafts-Dachgärten, Gemeinschaftsterrassen und -brücken, Dorfplatz, Oasenhof, Tiefgarage</i>
<i>Gebäudeklasse</i>	<i>5 nach Art. 2 BayBO</i>
<i>Stellplätze</i>	<i>71 für Wohnen (50%), 16 für Gewerbe (75%)</i>
<i>Projektbeginn</i>	<i>2006</i>
<i>Planungsbeginn</i>	<i>2012</i>
<i>Fertigstellung</i>	<i>August 2016</i>
<i>Bauweise</i>	<i>Hybridbauweise als Stahlbetonskelettbau mit Holzrahmenbau-Fassade</i>
<i>Energiestandard</i>	<i>Zertifiziertes Passivhaus</i>
<i>Wärmeversorgung</i>	<i>Fernwärme Stadtwerke München</i>
<i>Stromversorgung</i>	<i>Eigene 94kWp PV-Anlage und Localpool</i>

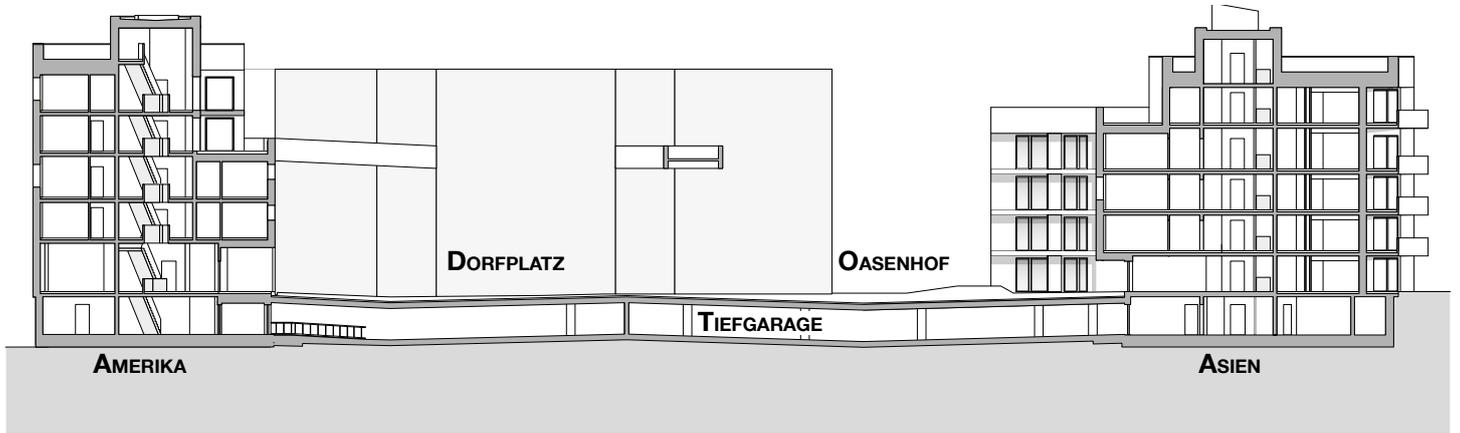


Abb. 17: Längsschnitt mit Tiefgaragen-Unterkellerung (ohne Massstab)



Abb. 18: Ansichten bzw. Abwicklung Nord (Gebäude Asien und Europa) und West (Gebäude Australien und Asien) (ohne Massstab)



Abb. 19: Grundriss Erdgeschoss mit Nutzungen (ohne Massstab)

2 Lebenszyklusanalyse

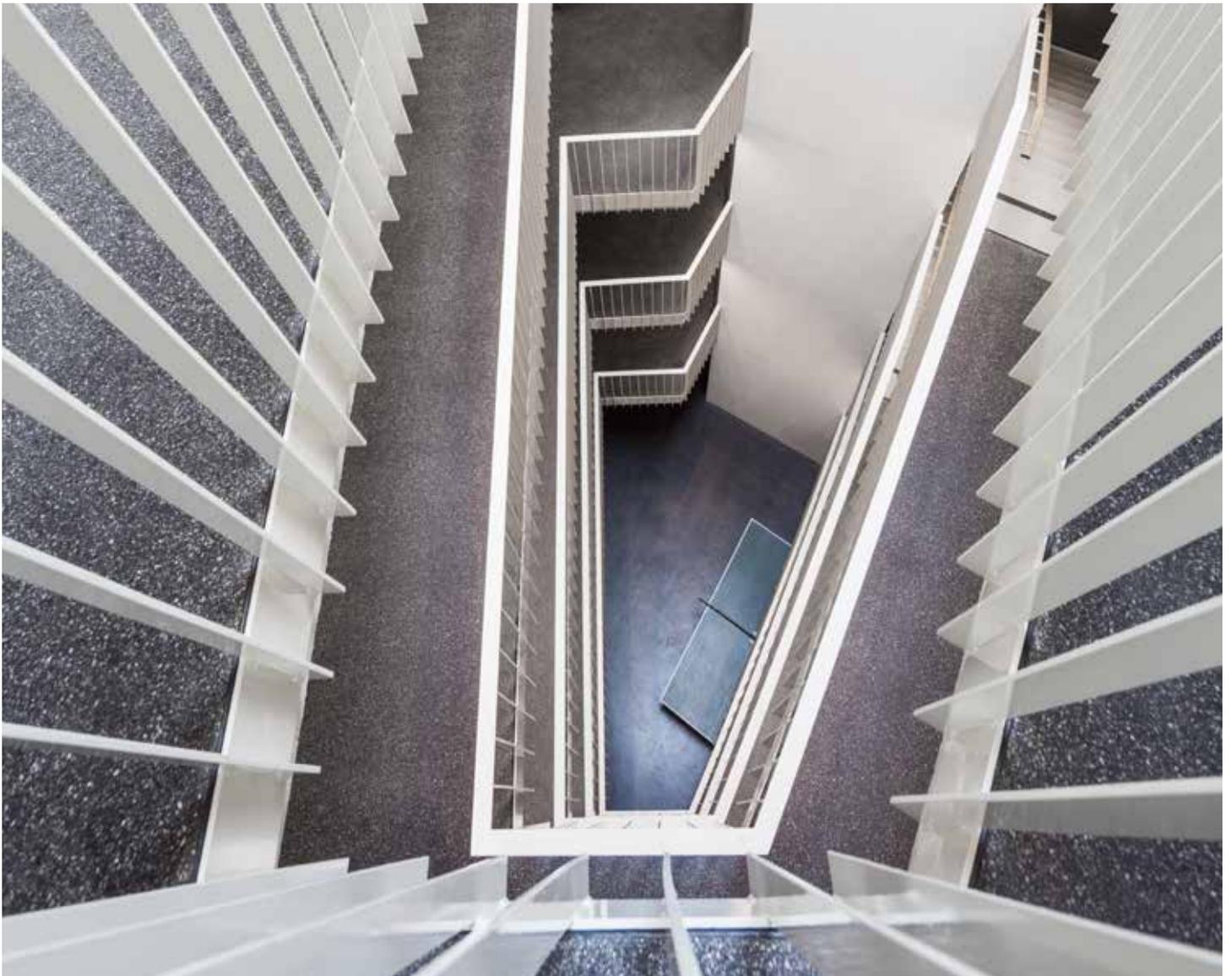


Abb. 20: wagnisART Treppenhaus

Unter einer Lebenszyklusanalyse versteht man im Allgemeinen eine Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes oder Gebäudes. Die ökologische Analyse hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt aller mit einem Produkt zusammenhängenden Prozesse wird als Ökobilanz bezeichnet.

2.1 Ökobilanzierung von Gebäuden

In einer Gebäude-Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 [11] und DIN EN 15978 [12] werden u.a. alle Energie- und Materialflüsse, die für Erstellung, Betrieb, Instandhaltung und Rückbau eines Gebäudes benötigt werden, in einer sogenannten Sachbilanz zusammengestellt. Daraus werden mit Hilfe von Datenbanken die Umweltwirkungen des Gebäudes ermittelt. Die Umweltwirkung, die zurzeit am stärksten in der Öffentlichkeit diskutiert wird, ist das *Treibhauspotenzial*. Dabei wird das Treibhauspotenzial aller Gase, die einen Anteil am Treibhauseffekt haben (z.B. Methan oder Lachgas), auf das Treibhauspotenzial von CO₂ umgerechnet.

Das **Treibhauspotential** (engl. *Global Warming Potential GWP*) ist der potenzielle Beitrag eines Stoffes zur Erwärmung der bodennahen Luftschichten d. h. zum so genannten Treibhauseffekt. Der Beitrag des Stoffes wird relativ zum Treibhauspotenzial des Stoffes Kohlendioxid (CO₂) angegeben. [6]

Ein wichtiges Ergebnis der Sachbilanz ist die für das Gebäude über seinen gesamten Lebenszyklus aufgewendete *Primärenergie*. Die Primärenergie für den Betrieb eines Gebäudes beinhaltet sowohl die Energie, die für die Beheizung oder Kühlung eines Gebäudes benötigt wird, also auch alle Anlagen-, Leitungs- und Umwandlungsverluste bis zur Energiequelle. Man unterscheidet zwischen erneuerbaren (Wind,

Die **Primärenergie** (PE) oder Rohenergie ist der Energieinhalt von Energieträgern, die in der Natur vorkommen und technisch noch nicht umgewandelt wurden. [5]

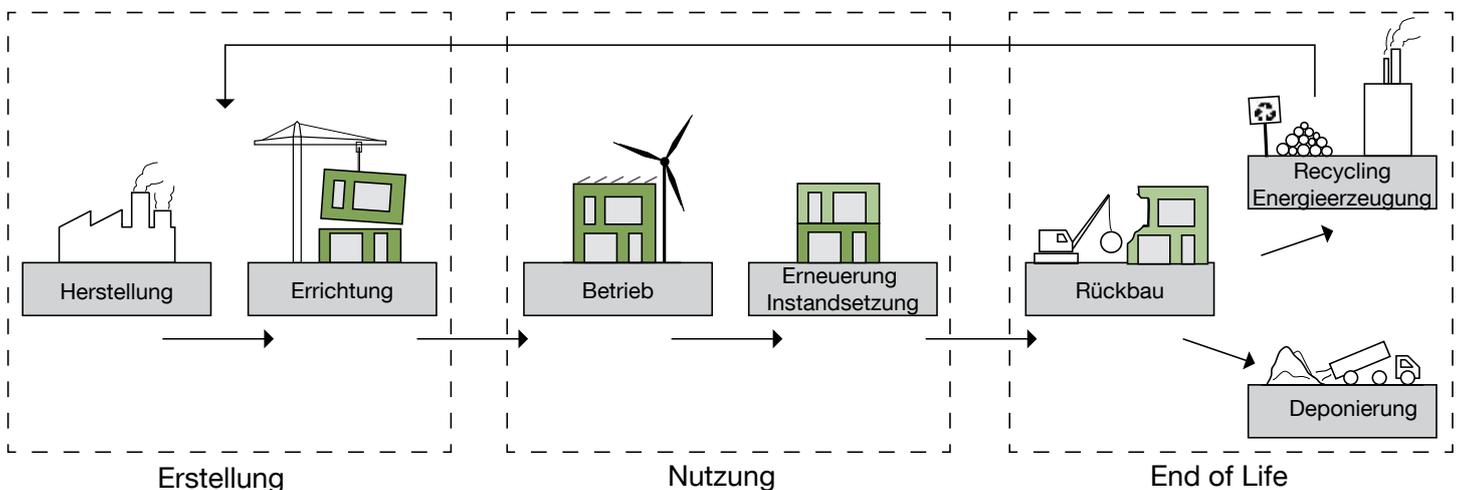


Abb. 21: Lebenszyklus von Gebäuden (vereinfacht)

Nicht erneuerbare Primärenergie (PE ne) sind an menschlichen Maßstäben gemessen erschöpfliche, fossile und nukleare Energieträger, zum Beispiel Erdgas, Erdöl oder Steinkohle, solange sich diese noch in der jeweiligen Lagerstätte befinden. [nach: 5]

Sonne, Biomasse etc.), nicht erneuerbaren fossilen (Erdöl, Erdgas etc.) und nicht erneuerbaren nuklearen Energiequellen.

Für das Projekt wagnisART wurde eine Lebenszyklusanalyse auf der Grundlage der Genehmigungsplanung durchgeführt, die den Primärenergieeinsatz und das Treibhauspotenzial des Gebäudes von der Erstellung bis zum Rückbau zeigt.

Hierzu wurde zunächst eine Datenerhebung durchgeführt, bei der die Energie- und CO₂-Bilanzen der für das Projekt verwendeten Baumaterialien, Fertigungstechniken, Transportwege etc. errechnet wurden. Hierfür wurden die Massen der Baustoffe für den Rohbau und Ausbau und für die technische Gebäudeausrüstung (TGA) gesammelt. Mit Hilfe der in Deutschland vornehmlich verwendeten Datenbank ökobau.dat wurden Primärenergieinhalt und Treibhauspotenzial der Gebäude errechnet. Diese ökologische Analyse im Planungsprozess dient u.a. dazu festzustellen, in welchen Punkten architektonisch-planerische Überlegungen das Erreichen von Zielen der Nachhaltigkeit unterstützen und wo ggf. Widersprüche entstehen.

2.2 Systemgrenzen und Randbedingungen

Für das Projekt wagnisART wurde die Ökobilanz mit einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren durchgeführt; eine auch für Gebäudezertifizierungen in Deutschland übliche Zeitspanne. Die räumliche Systemgrenze bildet die Gebäudeaußenkante inklusive Tiefgarage. Die Berechnung des

	Datenquelle	PE ne [MJ] (1 MJ = 3,6 kWh)	PE e [MJ] (1 MJ = 3,6 kWh)	GWP [kg CO ₂ -Äqu. / m ² NGF *a]
1 kWh Strom (Strommix D)	ökobau.dat (2011)	8,77	1,49	0,623
1 kWh Strom SWM	Kennzeichnung der Stromlieferung			0,435
1 kWh Fernwärme	ökobau.dat (2011)	3,84	0,00588	0,252
1 kWh Fernwärme SWM	Stadtwerke München (SWM)			0,122
1 kWh Gas-Brennwertkessel	ökobau.dat (2011)	3,88	0,00504	0,235

Tabelle 2: Grundwerte für Strom- und Wärmebedarf

Primärenergieeinsatzes und der Umweltwirkungen im Betrieb erfolgte auf der Basis des vom Energieplaner Energie System Technik (EST) GmbH zur Verfügung gestellten Endenergiebedarfs aus Berechnungen nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) und aus den Berechnungen für die Passivhaus-Zertifizierung.

Die Ergebnisse werden jeweils in Tragwerk, Fassade, Innenausbau und technische Gebäudeausrüstung (TGA) aufgeschlüsselt. Ebenso werden sie nach den Lebenszyklusphasen Erstellung, Betrieb, Erneuerung und Entsorgung dargestellt.

2.3 Berechnungsmethode und Datengrundlagen

Basis für die Berechnungen bildete die ökobau.dat (2011), eine öffentlich zugängliche Datenbank des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Für den Betrieb wurden, soweit vorhanden, Daten der Stadtwerke München (SWM) ergänzt, da Strom und Fernwärme der SWM nicht dem Durchschnitts-Strom- bzw. Fernwärme-Mix Deutschlands entsprechen.

Die Berechnungen wurden mit Excel und dem SBS Building Sustainability-Werkzeug des Fraunhofer Instituts für Bauphysik (IBP) durchgeführt.

Für die Rückbauphase wurden den Materialien entsprechende Entsorgungsszenarien zugeordnet, die beispielsweise auch die DGNB vorgibt:

- Metalle werden recycelt und ihnen wird Recyclingpotenzial zugeschrieben (z.B. Aluminium)
- Mineralische Baustoffe werden als Bauschutt aufbereitet (z.B. Beton, Kalksandstein)
- Materialien mit einem Heizwert werden zur Energiegewinnung verbrannt (z.B. Holz, Kunststoffe etc.)
- Materialien, die nur auf Deponien abgelagert werden können, werden auf Deponien entsorgt (z.B. Mineralwolle)

2.4 Ergebnisse - Gebäude

Die für die Lebenszyklusanalyse der Bausubstanz ausschlaggebende Gebäudekomponente ist das Tragwerk; der Gebäudebetrieb wurde hierbei zunächst nicht berücksichtigt. Aufgrund der hohen Massen, die im Tragwerk verbaut sind, ist dies ein typisches Ergebnisbild von

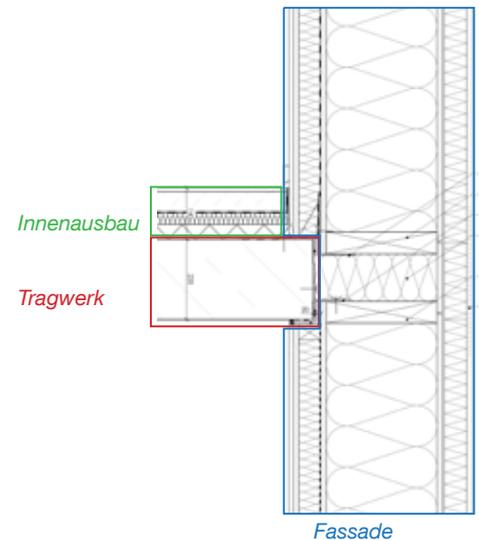


Abb. 22: Systemgrenzen am Beispiel des Anschlussdetails Außenwand-Decke

Die **Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen** e.V. (DGNB) ist ein durch 16 Initiatoren unterschiedlicher Fachrichtungen der Bau- und Immobilienwirtschaft im Jahr 2007 ins Leben gerufener Verein, um sich mit Fragen des nachhaltigen Bauens auseinander zu setzen. [13]

Gebäude-Lebenszyklusanalysen. Im Fall von wagnisART wird dieser Effekt dadurch noch verstärkt, dass die Holz-Rahmenbau-Fassade im Vergleich sehr geringe ökologische Auswirkungen hat. Das Stahlbeton-Tragwerk verursacht mit 69% den größten Teil des Treibhauspotenzials der Bausubstanz und hat mit 66% den höchsten Anteil am Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie.

Dabei fällt auf, dass die Tiefgarage innerhalb des Tragwerks mehr zu Buche schlägt als jeweils die Gebäude: Die Tiefgarage verursacht 31% des Treibhauspotenzials des Tragwerks und benötigt 32% der nicht erneuerbaren Primärenergie. Vor dem Hintergrund, dass für wagnisART im Vergleich zu einem Projekt ohne besonderes Mobilitätskonzept ungefähr der halbe Stellplatzschlüssel erreicht wurde, bedeutet dies, dass Tiefgaragen in jedem Fall nicht nur einen erheblichen Anteil an den Kosten eines Gebäudes, sondern auch an den Umweltwirkungen verursachen. Daher sollte eine weitere Reduktion des Stellplatzschlüssels oder alternative Parkierungslösungen für Projekte mit wenig Stellplatzbedarf auch im Sinne der Ressourcenschonung unterstützt werden.

Die Kommunen in Bayern sind seit der Novellierung der Bayerischen Bauordnung im Jahr 2008 gemäß Artikel 81 Abs. 4 ermächtigt, mit einer **Stellplatzsatzung** die Anzahl der notwendigen Stellplätze für Bauvorhaben zu regeln; die Landeshauptstadt München macht hiervon Gebrauch und kann Abweichungen zulassen. [14]

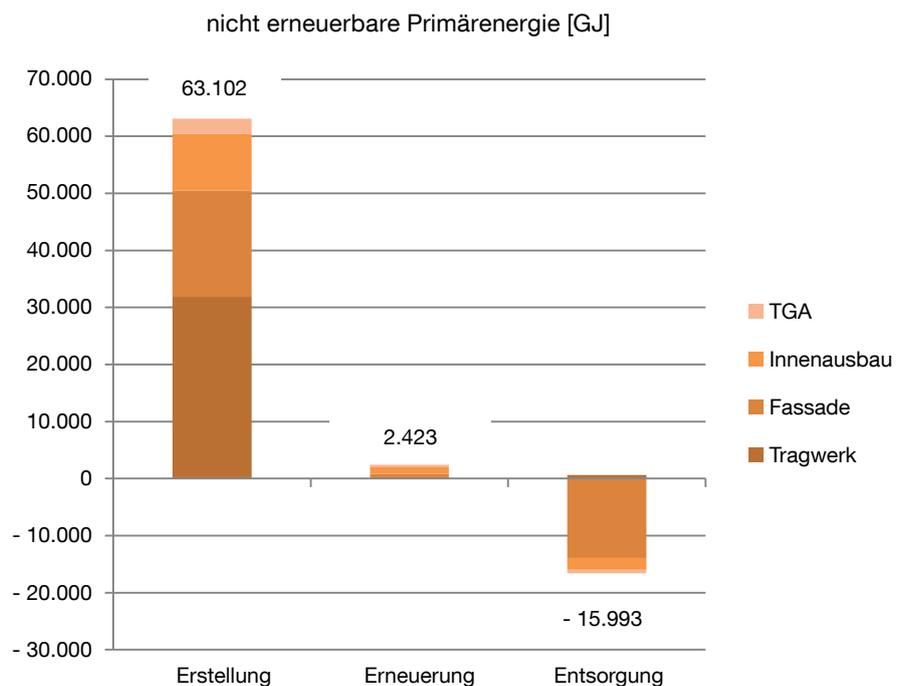


Abb. 23: nicht erneuerbare Primärenergie in GJ nach Gebäudeteilen und Lebenszyklusphasen

2.5 Ergebnisse - Betrieb

Im Zuge der Analyse der Betriebsphase wurden Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial der wagnisART-Gebäude im Passivhausstandard mit dem Referenzgebäude nach EnEV verglichen (Abb. 27). Diese Darstellungen beruhen auf dem Energienachweis nach EnEV, der durch den Energieplaner EST GmbH berechnet wurde. Hier zeigt sich, dass der gehobene Energiestandard in der Betriebsphase erheblich CO₂ und Primärenergie einspart: Die Gebäude verursachen insgesamt (Strom- und Wärmebedarf) 71 Tonnen weniger CO₂ pro Jahr als die Referenzgebäude und sparen 615 MWh nicht erneuerbare Primärenergie im Jahr.

Die Berechnung nach EnEV berücksichtigt nur den Strombedarf für Heizung und Lüftung, der Strombedarf für den Haushaltsstrom bleibt unberücksichtigt. Die Passivhausberechnung dagegen berücksichtigt auch diesen Verbrauch. Die Ergebnisse der Berechnung inklusive Haushaltsstrom sind ab S. 34 erläutert.

2.6 Zusammenstellung und Analyse der Ergebnisse

Betrachtet man nun alle Lebenszyklusphasen, wird deutlich, dass trotz des sehr hohen Energiestandards der Gebäudebetrieb über 50 Jahre den größeren Anteil an Primärenergiebedarf und Treibhauspotenzial hat.

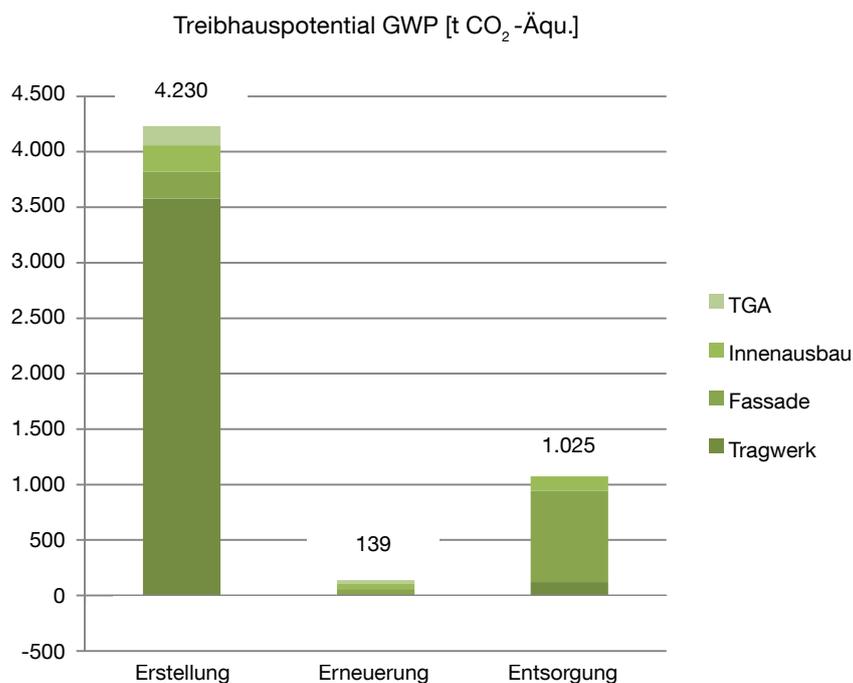


Abb. 24: Treibhauspotential in t CO₂-Äquivalenten nach Gebäudeteilen und Lebenszyklusphasen

Dies bedeutet in Zahlen, dass die Erstellung der Gebäude das gleiche Treibhauspotenzial verursacht wie 36 Jahre Gebäudebetrieb und ebenso viel Primärenergie benötigt wie 18 Jahre Gebäudebetrieb. Rechnet man Erneuerung und Rückbau mit ein, verursacht die Bausubstanz so viel Treibhauspotenzial wie 46 Jahre Gebäudebetrieb und benötigt gleich viel nicht erneuerbare Primärenergie wie 14 Jahre Gebäudebetrieb.

In Bezug auf die Lebenszyklusphasen ohne Betrieb benötigt die Erstellungsphase den größten Anteil an nicht erneuerbarer Primärenergie (127%) und verursacht den größten Teil des Treibhauspotenzials (78%). Die in Abb. 25 und 30 erkennbaren Energie-Gutschriften aus der Entsorgung sind zu verzeichnen durch Verbrennung, hier v.a. Holz, und dem Recyclingpotenzial von Stahl und Kupfer aus der Gebäudetechnik.

Durch diese Gutschriften kommt der Wert für die Erstellung von mehr als 100% zustande.

Die **Nettoraumfläche (NRF)** ist die Summe aller nutzbaren Flächen eines Gebäudes. Die **Bruttogrundfläche (BGF)** ist die Summe aller Flächen über alle Stockwerke eines Gebäudes, also auch beispielsweise konstruktive Flächen und Balkone. [15]

Setzt man nun die Ergebnisse in Bezug zu den in Tabelle 1 genannten Grenzwerten, müssen zunächst die Werte auf 1 m² *Nettoraumfläche* umgerechnet werden. Für das vorliegende Projekt wurde der Anteil der *Nettoraumfläche* an der *Bruttogrundfläche* mit 85% geschätzt, da keine genauere Berechnung als Grundlage vorlag. Hierzu ist außerdem anzu-

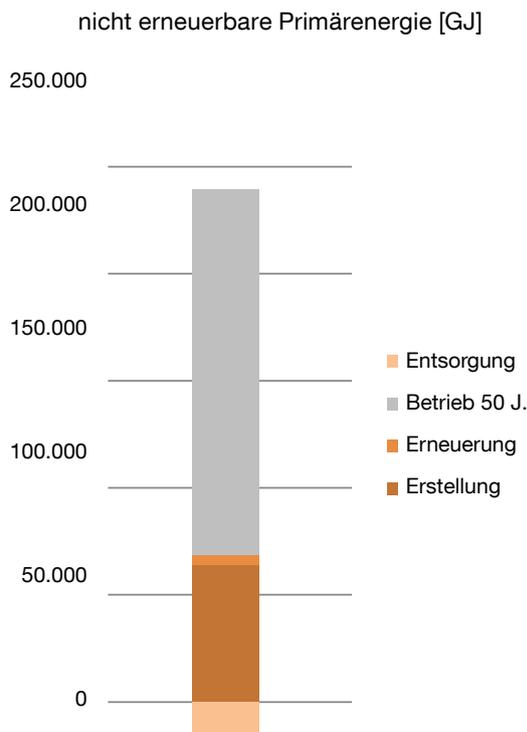


Abb. 25: nicht erneuerbare Primärenergie in GJ nach Lebenszyklusphasen

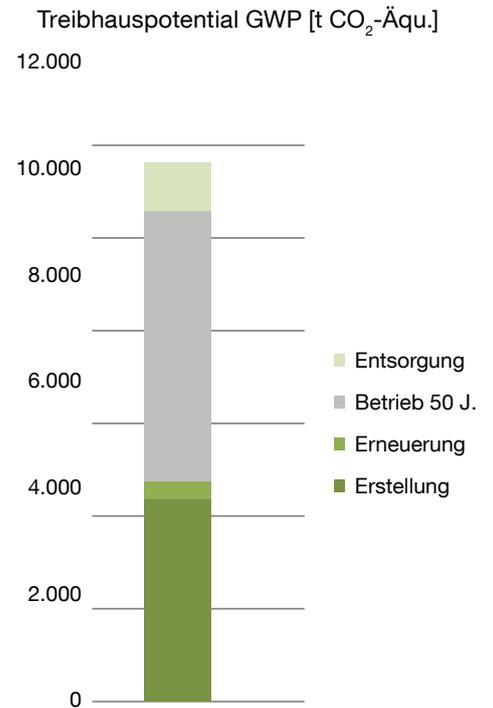


Abb. 26: Treibhauspotential in t CO₂-Äqu. nach Lebenszyklusphasen

merken, dass die genauen Systemgrenzen und Berechnungsmethoden nicht für die Zertifizierungssysteme angepasst wurden, d.h. die folgende Tabelle 3 bietet einen Anhaltspunkt, aber kein abschließendes Ergebnis. Zudem ist bei wagnisART der Anteil an Nichtwohnflächen vergleichbar hoch, so dass gerade beim Energiebedarf die Bewertung etwas zu Ungunsten des Projektes ausfällt. Dennoch lässt sich feststellen, dass in beiden verglichenen Zertifizierungssystemen die Indexwerte eingehalten werden, im DGNB-System werden sie sogar zum Teil weit unterschritten.

	PE ne [kWh/m ² NGF*a]	Anteil PE e [% von gesamt]	GWP [kg CO ₂ -Äquiv./ m ² NGF * a]
Konstruktion	19,9	6,5 (25%)	7,9
Betrieb	65,1	14,7 (18%)	8,0
Gesamt	85	21,1 (20%)	15,9
Ergebnis NaWoh 3.0	erfüllt	übererfüllt	übererfüllt
Ergebnis DGNB (nur Konstruktion)	100 von 100	50 von 50	76 von 100

Tabelle 3: Vergleich der Berechnungen für wagnisART mit den Beurteilungskriterien der Zertifizierungssysteme (s. Tabelle 1), Abschätzung

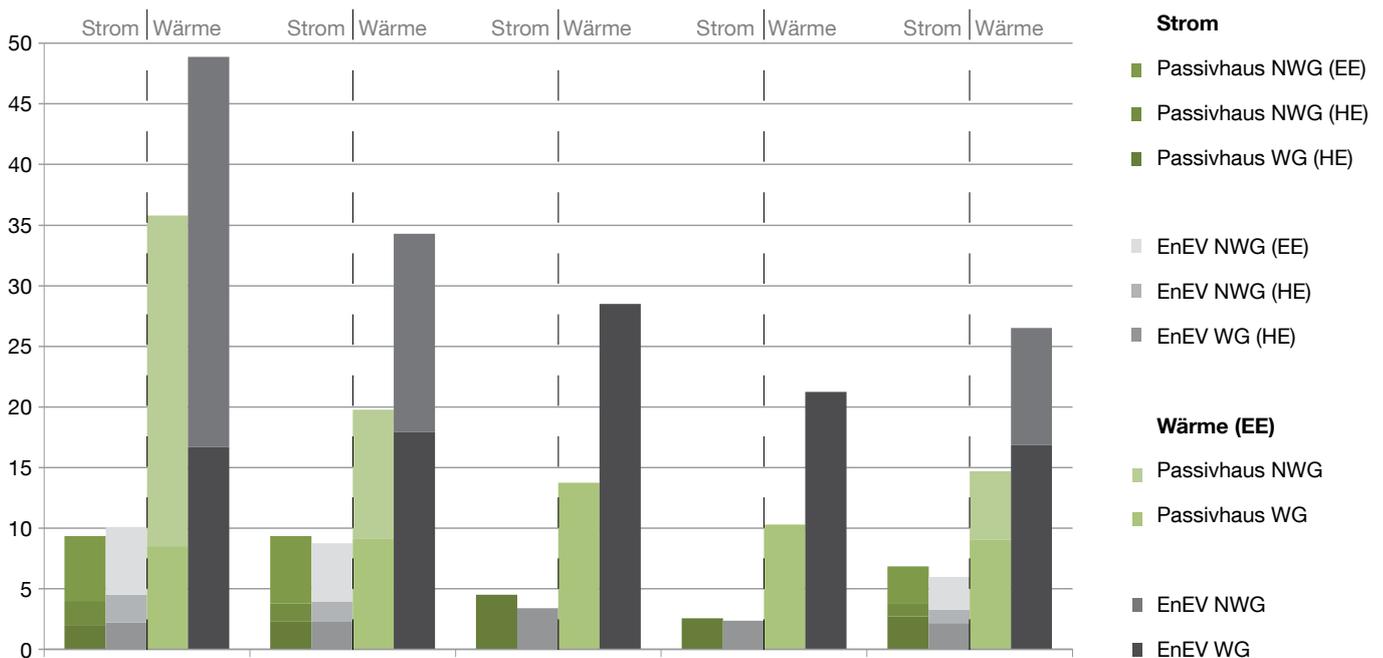


Abb. 27: Treibhauspotenzial GWP in t CO₂-Äqu.: Strom- und Wärmebedarf pro Jahr im Vergleich zum EnEV-Referenzgebäude

Abkürzungen:
 WG Wohngebäude
 NWG Nichtwohngebäude
 EE Endenergie
 HE Hilfsenergie

3 Ökologische Fragestellungen



Abb. 28: Die Werkstoffe Beton und Holz können als Gebäudehaut oder -tragwerk verwendet werden (beispielhafte Abbildungen).

Da sich bei der vorangehenden Lebenszyklusanalyse bezüglich der Bauteile das Tragwerk und in den Lebenszyklusphasen die Betriebsphase als besonders relevant gezeigt haben, wird im folgenden Kapitel anhand des Beispielgebäudes Haus Asien exemplarisch untersucht, welche Auswirkungen alternative Lösungen hätten, um für zukünftige Projekte die Höhe der möglichen Verbesserungen einschätzen zu können. Außerdem werden Wechselwirkungen (Konflikte bzw. Synergien) zwischen der architektonischen Haltung, der Entscheidung der Materialität und Bauweise und der Energieeinsparung untersucht.

3.1 Tragwerk

Da das Stahlbeton-Tragwerk 69% des Treibhauspotenzials der Bausubstanz und 66% des Bedarfes an nicht erneuerbarer Primärenergie des gesamten Projektes verursacht (s. S. 26), wurde als Alternative ein Holztragwerk untersucht. Für Haus Asien liegt sowohl das Treibhauspotential der Bausubstanz als auch der Anteil an nicht erneuerbarer Primärenergie jeweils bei ca. 55%, da bei der Berechnung beispielsweise die Tiefgarage nicht berücksichtigt wird. Da das Gebäude gemäß Bayerischer Bauordnung in die Gebäudeklasse 5 eingestuft wird (Art. 2 Abs. 3 BayBO), ist bei einem Holztragwerk eine Realisierung nur mit erheblichen zusätzlichen Aufwendungen für den Brandschutz möglich; diese Anforderungen werden nicht weiter vertieft. Mit der vorliegenden Untersuchung soll jedoch gezeigt werden, welche ökologischen Potenziale Holztragwerke haben, um einen Beitrag zur gegenwärtigen Diskussion der Änderung von Brandschutzvorschriften zugunsten des Holzbaus zu leisten.

Die Planungsteams Architektur (bogevischs buero und Schindler | Hable Architekten GbR) und Tragwerksplanung (henke rapolder frühe Ingenieurgesellschaft mbH) erstellten in Zusammenarbeit mit den Fachplanern für den Schallschutz (Steger & Partner GmbH) einen alternativen Tragwerksentwurf für das Haus Asien, indem die oberirdischen tragenden Wände, Stützen und Decken, soweit möglich, durch Bauteile in Holz ersetzt wurden. Dabei konnten die Stahlbetonstützen und Stahlbetonwände aus statischen, brandschutzrechtlichen oder schallschutztechnischen Gründen nur zum Teil durch Holzbauteile ersetzt werden. Auch das Kellergeschoss, der Treppenhauskern, die Haupteintrittsstiegen und Aufzugsschächte wurden weiterhin in Stahlbeton angenommen.

Obwohl Stahlbeton nicht allein durch Holz, sondern für die Erfüllung von Brandschutz- und Schallschutzanforderungen durch Holz, Gipskarton und Mineralwolle ersetzt wurde, zeigt sich deutlich, dass durch ein Holz-

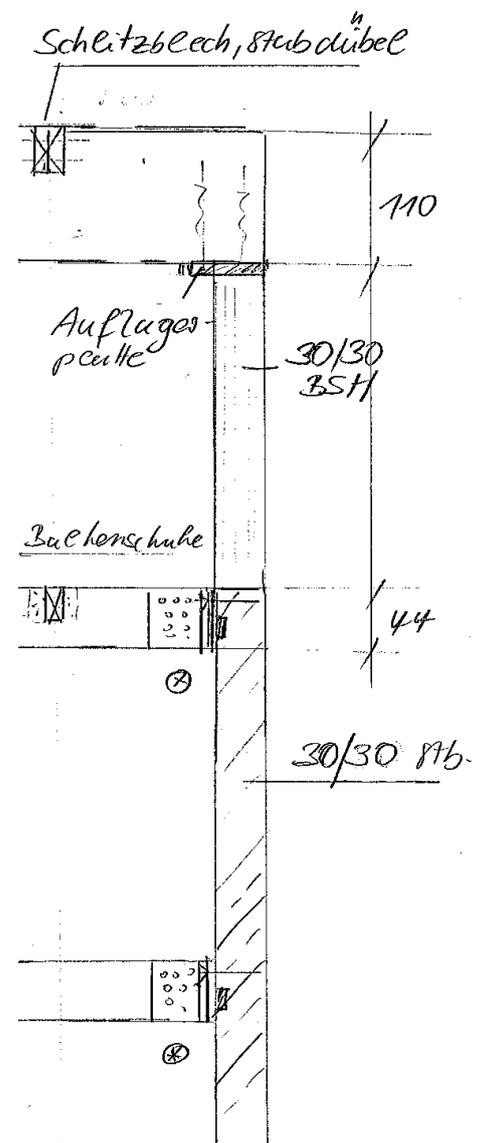


Abb. 29: Skizze Holztragwerk

tragwerk eine erhebliche Menge an Treibhausgas und nicht erneuerbare Primärenergie eingespart würde: Ein Holztragwerk emittiert ca. 50% der Treibhausgase und benötigt ca. 60% der nicht erneuerbaren Primärenergie eines Stahlbetontragwerkes.

Insgesamt bedeutet das für die Bausubstanz des Hauses Asien eine Einsparung von ca. 22% der nicht erneuerbaren Primärenergie und 28% des Treibhauspotenzials.

Auffällig ist außerdem, dass die Einsparungen im Treibhauspotenzial hauptsächlich in der Erstellungsphase realisiert werden. Hier wird dem Baustoff Holz das CO₂ gutgeschrieben, das es im Wachstum eingespeichert hat. Umgekehrt sind die CO₂-Emissionen der Verbrennung in der Entsorgungsphase sichtbar. Die nicht erneuerbare Primärenergie verhält sich umgekehrt: In der Erstellungsphase verbraucht das Holz-Gebäude sogar etwas mehr nicht erneuerbare Primärenergie als das Stahlbetongebäude. Allerdings wird ihm die Energie in der Entsorgungsphase wieder gut geschrieben, die bei der Verbrennung des Holzes gewonnen wird.

Ein wesentlicher Vorteil des Holztragwerkes wird in dieser Berechnung nicht sichtbar: der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen am Tragwerk des Holz-Gebäudes ist 8% des Gewichtes und 20% des Volumens, während im Stahlbetontragwerk keine nachwachsenden Rohstoffe verwendet sind. Darüber hinaus wiegt das Holzgebäude nur

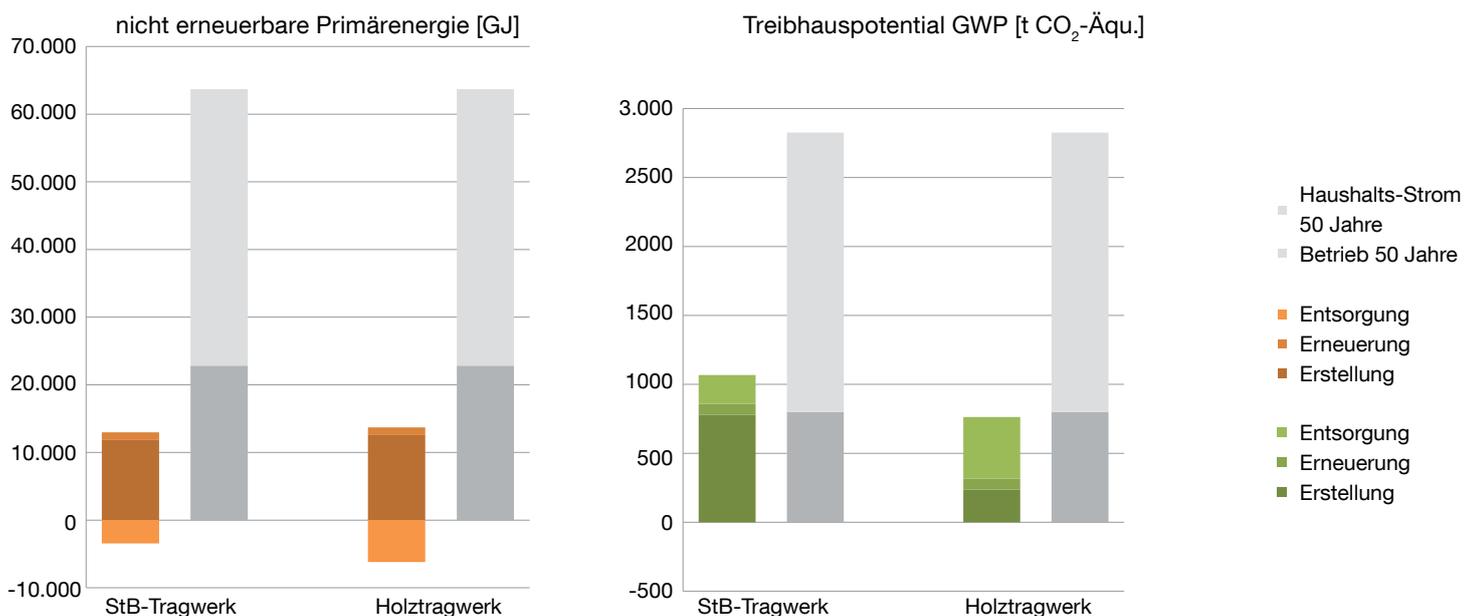


Abb. 30: nicht erneuerbare Primärenergie (links) und Treibhauspotential (rechts) des Hauses Asien mit Stahlbeton- und Holztragwerk

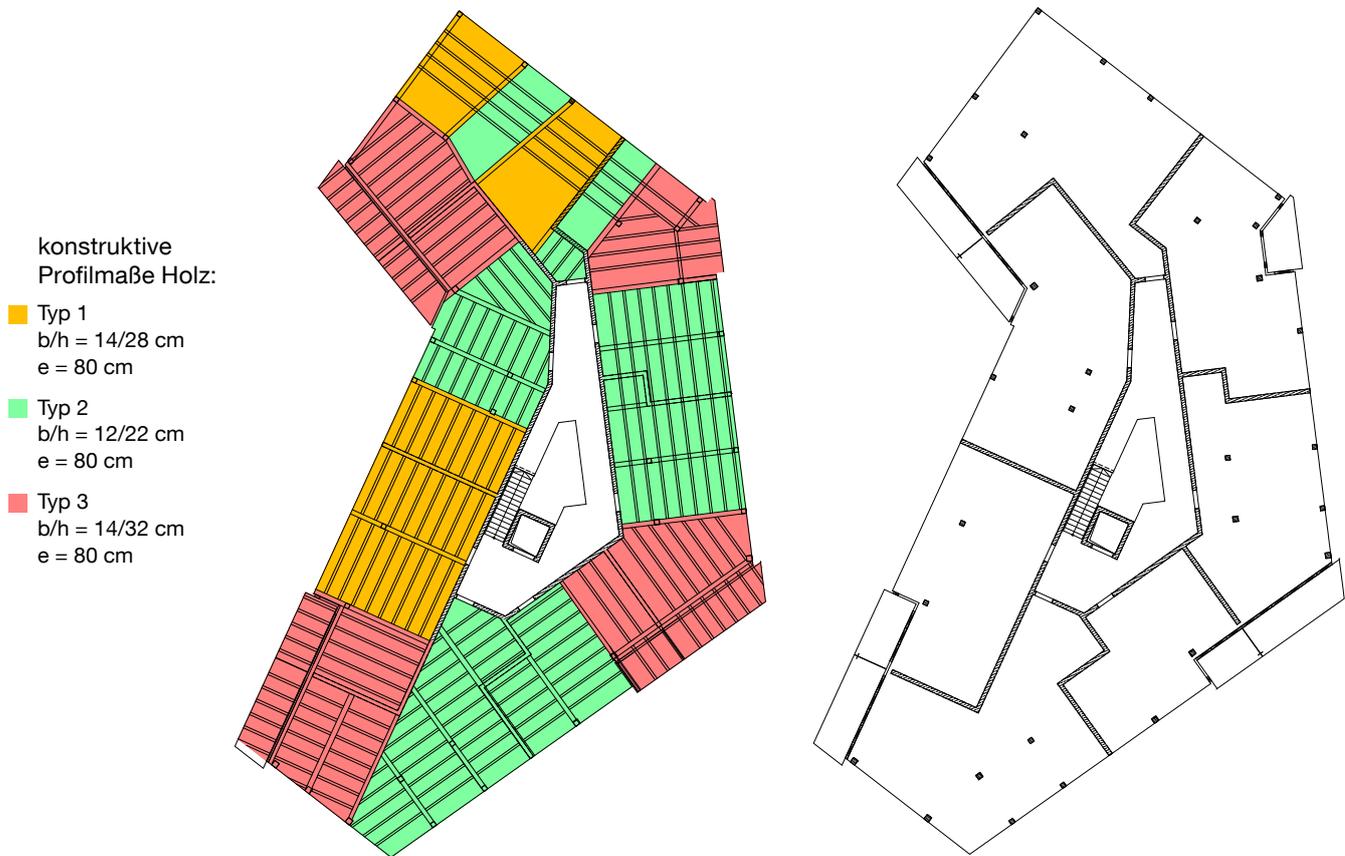


Abb. 31: Vergleich der Bauweisen am Regelgrundriss 1.OG Haus Asien: links: Holztragwerk, rechts: Stahlbeton-Tragwerk



Abb. 32: Schnitt Haus Asien

61% des Stahlbetongebäudes und spart damit 1.765 Tonnen Gewicht. Zum Vergleich sind in Abb. 30 jeweils die Indikatoren für 50 Jahre Betrieb abgebildet. Die Betriebsphase spielt also in beiden Fällen eine dominante Rolle, daher liegt im folgenden Abschnitt der Fokus auf dieser Lebenszyklusphase des Gebäudes.

3.2 Energiestandard

wagnisART wurde im Passivhausstandard errichtet (Erläuterungen hierzu s. Abb. 47). Es wurde am Beispiel des Hauses Asien eine alternative Energieberechnung nach Vorgaben der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 durch die EST GmbH und eine Lebenszyklusanalyse durch die TU München durchgeführt, um zu ermitteln, ob im Passivhausstandard mehr Energie in die Bausubstanz des Gebäudes investiert wird als das Gebäude über den Lebenszyklus im Vergleich zu einem EnEV-Gebäude spart. Dafür wurde jeweils für beide Standards das gleiche Rechenverfahren angewandt. Die Außenbauteile wurden in den Berechnungen durch Alternativbauteile ersetzt, so dass das Gebäude insgesamt die EnEV 2009 erfüllt.

In Abb. 33 ist deutlich zu erkennen, dass das Passivhaus für die Erstellung der Konstruktion mehr nicht erneuerbare Energie verbraucht und mehr Treibhausgase emittiert als das Gebäude im EnEV-Standard. Über alle Lebenszyklusphasen betrachtet bleibt der Energieinhalt allerdings

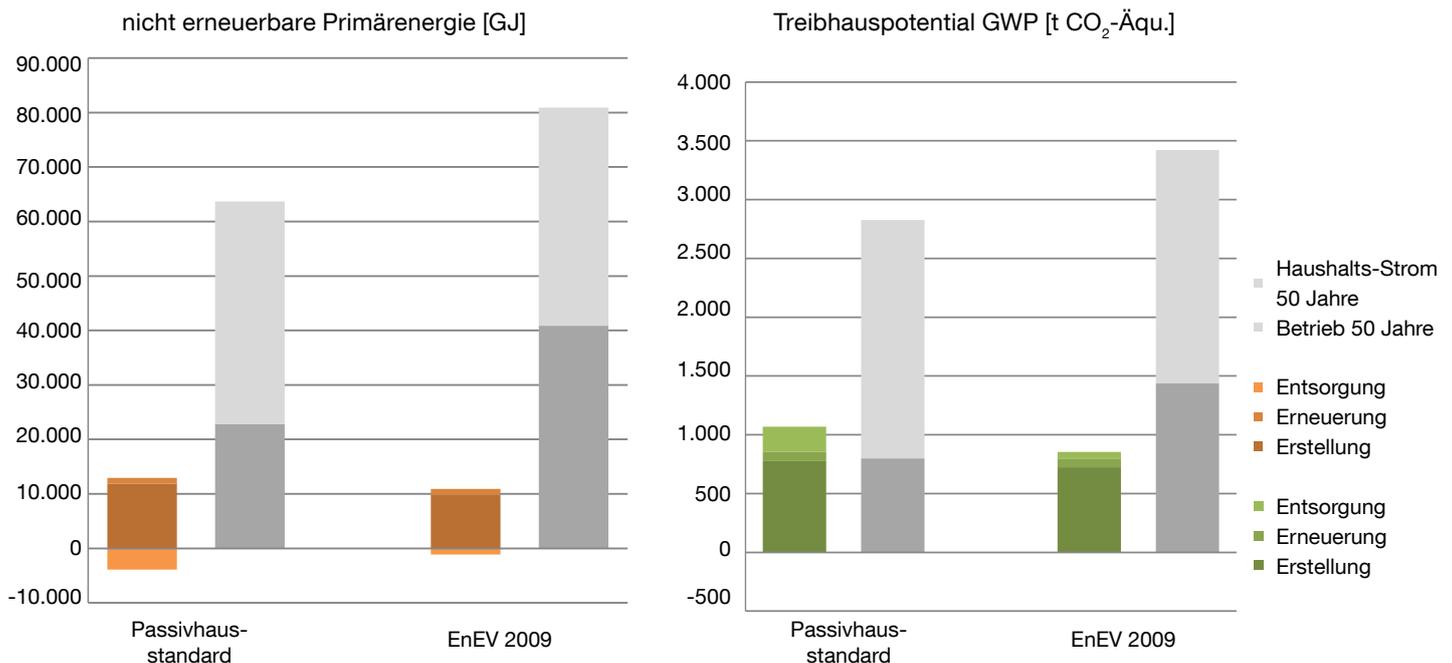


Abb. 33: nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhauspotential Haus Asien im Vergleich

ungefähr gleich, da die größere Masse Holz, die im Passivhaus verbaut ist, höhere Gutschriften in der Entsorgungsphase erhält. Für alle Lebenszyklusphasen der Konstruktion werden für das Passivhaus ca. 25% mehr Treibhausgase emittiert. In der Betriebsphase ohne Berücksichtigung des Haushaltsstroms wird dieser Unterschied aber mehr als ausgeglichen, so dass über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren das Passivhaus nur 64% der nicht erneuerbaren Primärenergie des EnEV-Gebäudes verbraucht und 82% der Treibhausgase emittiert.

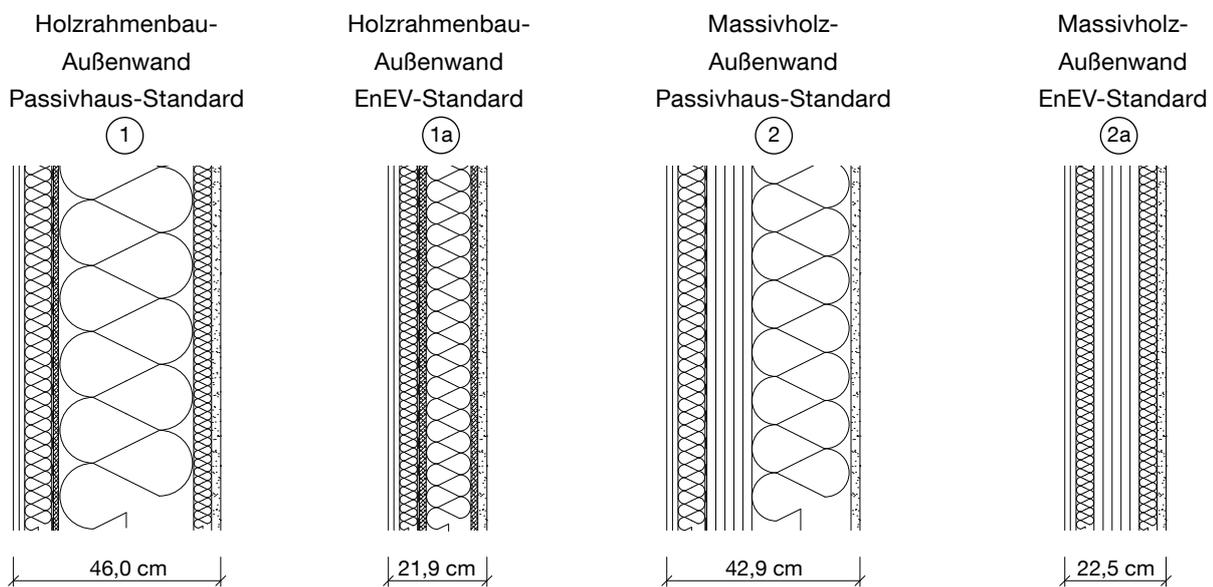


Abb. 34: Alternative Außenwandaufbauten in Holzbauweise

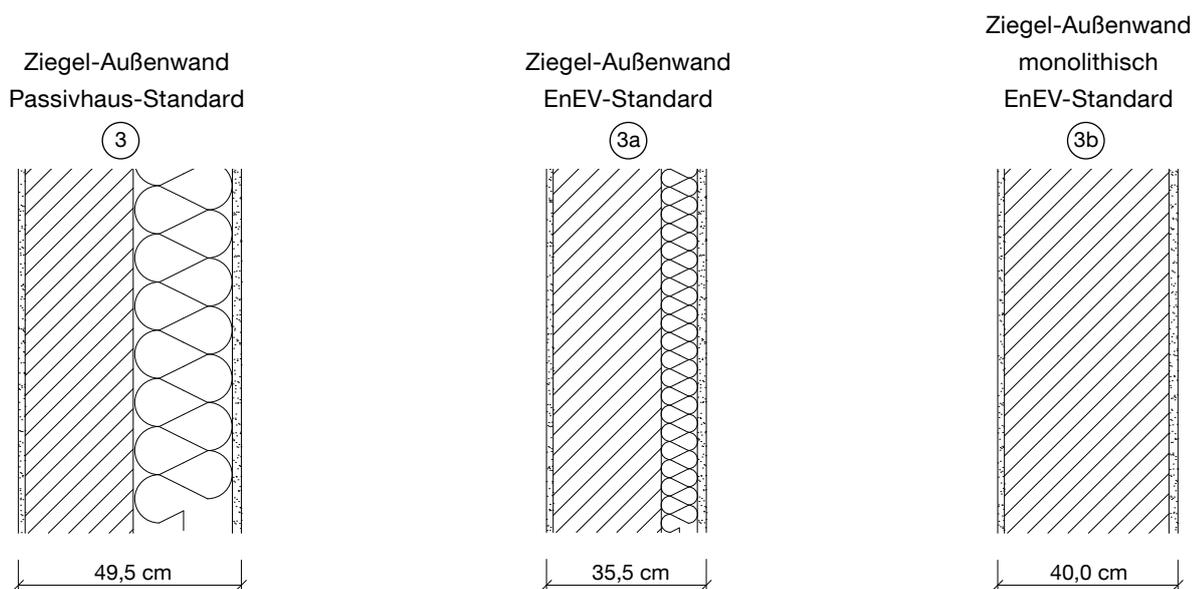


Abb. 35: Alternative Außenwandaufbauten in Ziegelbauweise

3.3 Bauweise der Außenwand

Am Beispiel des Hauses Asien wurde darüber hinaus untersucht, wie eine konventionelle Ziegel-Außenwand oder eine Massivholz-Außenwand im Vergleich zur ausgeführten Holzrahmenbau-Fassade energetisch abschneiden und welche Auswirkungen die Außenwände auf die Gesamtergebnisse haben.

Vergleicht man nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen der unterschiedlichen Außenwände (s. Abb. 36), zeigt sich, dass die Ziegelfassade im Passivhausstandard pro m² Außenwand ca. 40% mehr nicht erneuerbare Primärenergie verbraucht und ca. 70% mehr Treibhausgasemissionen verursacht als die Holzrahmenbauwand. Die Vollholzwand dagegen benötigt nur ca. 55% der nicht erneuerbaren Primärenergie und emittiert ca. 35% der Treibhausgase. Rechnet man den analogen Vergleich im EnEV 2009-Standard, benötigen die Ziegelwände bis zu 2,5 Mal mehr nicht erneuerbare Primärenergie und emittieren bis zu 3 mal so viel Treibhausgase, die Vollholzwand benötigt nur 55% der nicht erneuerbaren Primärenergie der Holzrahmenbauwand und ihr wird insgesamt ein negatives Treibhauspotenzial zugeschrieben (s. Abb. 36 Nr. 2a).

Ein Vergleich der unterschiedlichen Bauweisen muss aber immer im Gesamtzusammenhang erfolgen, um die Relevanz der Konstruktionsweise

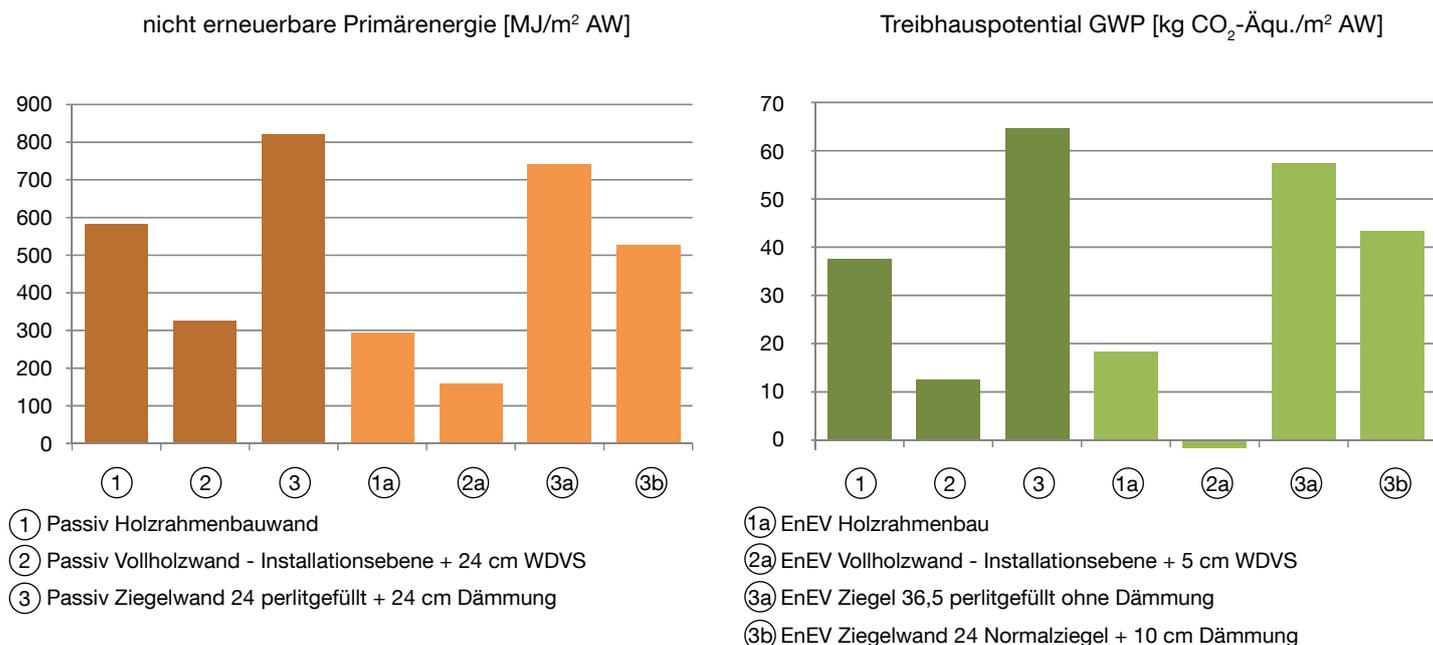


Abb. 36: Vergleich der nicht erneuerbaren Primärenergie und des Treibhauspotentials GWP der opaken Außenwände (Haus Asien)

der Außenwand festzustellen. Rechnet man daher in den Vergleich die gesamte wärmeübertragende Fläche inklusive Fenster und Dämmung der massiven Außenbauteile (z.B. im Keller) mit ein, benötigt die Hülle mit opaker Ziegelwand noch jeweils ca. 15% bis 25% mehr Primärenergie und verursacht 10% bis 30% mehr Treibhauspotential GWP.

Sobald die gesamte Bausubstanz bestehend aus Tragwerk, Innenausbau und der technischen Gebäudeausstattung TGA des Gebäudes berücksichtigt wird, verringert sich der Unterschied der Bauweisen allerdings wesentlich: Die Werte für das Gebäude mit Massivfassade liegen jeweils ca. 3% bis 7% über den Werten für das Gebäude mit Holzrahmenbaufassade, für das Gebäude mit Vollholzfassade sind die Werte ca. 5% bis 10% geringer als für das Gebäude mit Holzrahmenbaufassade.

3.4 Bauweise und Energiestandard

Ein Vergleich aller Gebäude in den verschiedenen Energiestandards (s. Abb. 37) zeigt, dass sämtliche Gebäude im Passivhausstandard über eine Lebensdauer von 50 Jahren weniger Primärenergie benötigen und weniger Treibhausgas emittieren als die Gebäude im EnEV 2009-Standard. Insgesamt lässt sich also sagen, dass bei der vorliegenden Versorgungsvariante (Fernwärme und Strom der SWM) der Energiestandard Passivhaus wesentlich mehr Einfluss auf den Gesamtprimärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen hat als die Bauweise der Fassade.

- Haushalts-Strom 50 Jahre
- Betrieb 50 Jahre
- Entsorgung
- Erneuerung
- Erstellung

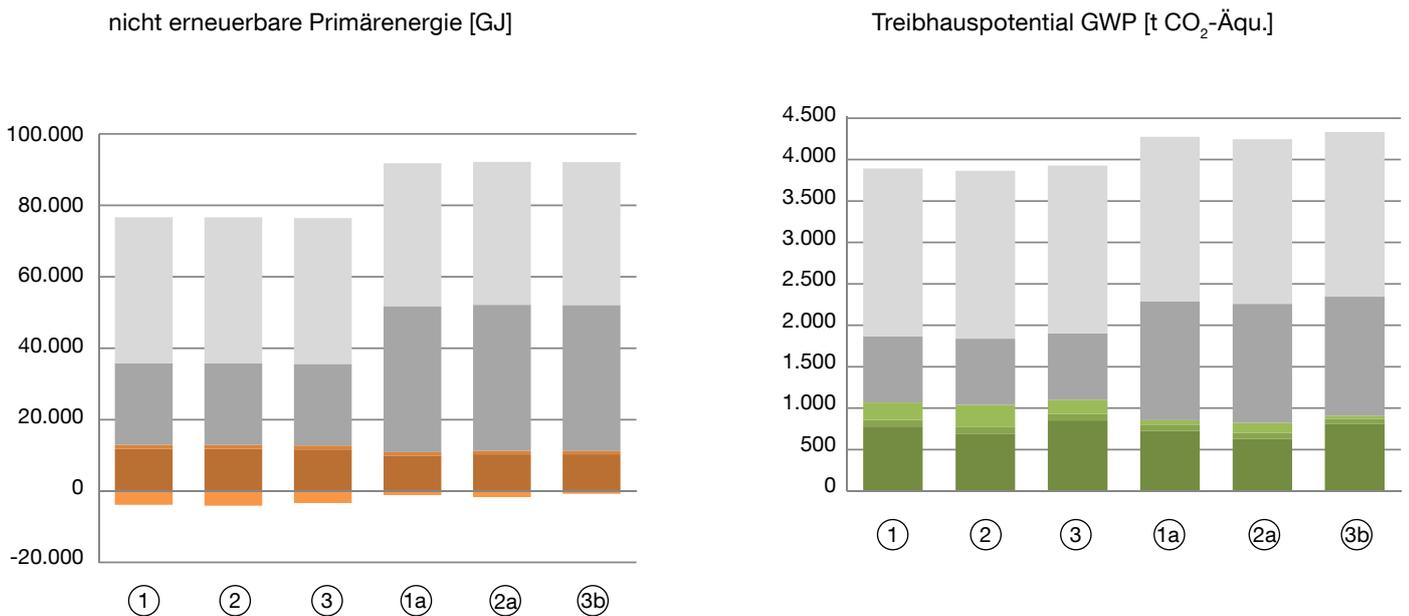


Abb. 37: Vergleich der nicht erneuerbaren Primärenergie und des Treibhauspotentials GWP über den Lebenszyklus (Haus Asien)

3.5 Stromversorgung

Auf den Dächern von wagnisART befindet sich, wie beschrieben, eine 94 kWp *Photovoltaik-Anlage*. Diese Anlage erzeugt in einem Jahr mit durchschnittlicher Sonneneinstrahlung ca. 80 MWh Strom (Berechnungen der EST GmbH). In Energieberechnungen nach EnEV 2009 kann dieser Strom nur gegen Strom für Heizung und Lüftung, der im gleichen Monat verbraucht wird, gegengerechnet werden, so dass hier nur 23 MWh gutgeschrieben werden.

Eine **Photovoltaik-Anlage** (PV-Anlage) wandelt Lichtenergie in elektrische Energie (Strom) um, **Solkollektoren** wandeln Sonnenenergie in Wärmeenergie um.

Ein **Localpool** ist das lokale Stromnetz in einem Mehrparteienhaus oder Gebäudekomplex. Ein Stromproduzent speist den erzeugten Strom ein und leitet ihn direkt zu den lokalen Abnehmern. Das öffentliche Netz wird nur noch für Reststrom benötigt, wenn vor Ort kein oder zu wenig Eigenstrom produziert wird. [16]

Um aber den selbst erzeugten Strom auch selbst nutzen zu können, ist es bei Mehrfamilienhäusern erforderlich, über einen Betreiber den Strom an die einzelnen Nutzer zu verkaufen. Daher entschied wagnisART im Jahre 2015, den Strom aus der PV-Anlage über einen *Localpool* selbst zu nutzen. Der überschüssige Strom wird in ein Netzwerk eingespeist, über das sich Betreiber von kleinen Anlagen gegenseitig versorgen, es kann also davon ausgegangen werden, dass der Anteil des PV-Stromes, der bei wagnisART erzeugt und auch dort oder in der Nähe verbraucht wird, sehr viel höher liegt als bei einer regulären Einspeisung und Bezug aus dem Netz. Da hierfür allerdings keine genauen Daten vorliegen, soll die im Folgenden aufgestellte Rechnung den Sachverhalt veranschaulichen: Laut Passivhaus-Berechnungen werden im Projekt jährlich 85 MWh Hilfsstrom für Heizung und Lüftung und 445 MWh Haushaltsstrom für Beleuchtung und Geräte

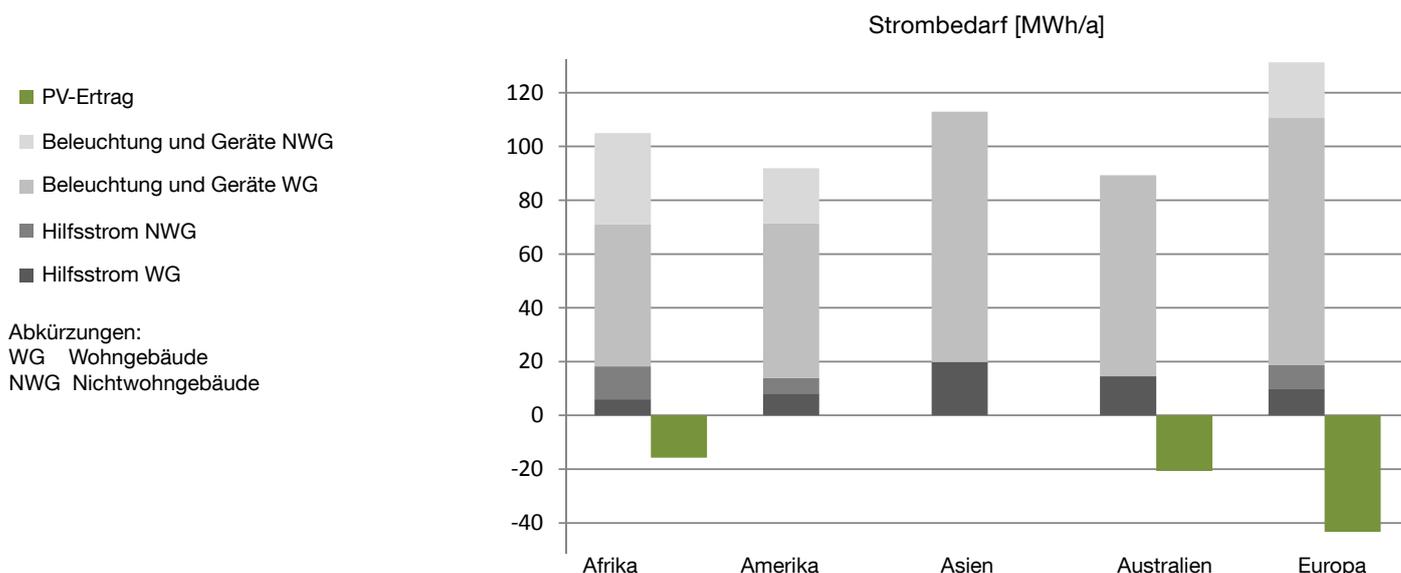


Abb. 38: Prognostizierter Strombedarf wagnisART und PV-Erträge in MWh pro Jahr

verbraucht, insgesamt also 530 MWh Strom. 15% dieses Stroms werden durch die PV-Anlage erzeugt. Im Vergleich zum Durchschnitts-Strom-Mix Deutschland (s. Tabelle 2 auf Seite 24) spart dies jährlich fast 50 t CO₂, im Vergleich zum regulären SWM-Strom fast 35 t CO₂, unter der Voraussetzung, dass der selbst erzeugte PV-Strom keine Treibhausgase emittiert.

Es kann darüber hinaus berücksichtigt werden, dass bei der Herstellung der PV-Anlage ebenfalls CO₂ anfällt. Laut Durchschnitts-Datensatz der ökobau.dat 2016 sind dies 208 kg CO₂-Äquivalente pro m² PV-Fläche, d.h. bei der Herstellung der 840 m² großen PV-Anlage von wagnisART werden 175 t CO₂ emittiert, so dass sich die Anlage innerhalb von 3,5 Jahren bzw. 5 Jahren hinsichtlich Treibhausgas amortisiert. Im Vergleich zu Daten aus der Literatur, in der meist 1 bis 2 Jahre Amortisationszeit angegeben sind, scheint dies hoch. Dies liegt u.a. an den in der ökobau.dat aufgeführten Durchschnittsdaten, die nicht die genaue Bauart der PV berücksichtigen.

3.6 Mobilitätskonzept und Stellplatzschlüssel

Pro Stellplatz für einen PkW verursacht die Tiefgarage ein Treibhauspotenzial von 12,7 t CO₂-Äquivalenten und verbraucht 33,6 MWh nicht erneuerbare Primärenergie. Mit anderen Worten emittiert die Erstellung eines einzigen Stellplatzes mehr CO₂ als ein Bundesbürger im Durchschnitt pro Jahr (2012: 11,5 t). Insgesamt verursacht die Tiefgarage mit reduziertem Stellplatzschlüssel von 0,5 Stellplätzen pro Wohneinheit und 75% der erforderlichen Stellplätze für Gewerbe 21% des Treibhauspotenzials der Bausubstanz (s. S. 26). Ein regulärer Stellplatzschlüssel würde bedeuten, dass 159 statt 87 Stellplätze hergestellt werden müssten, so dass der Anteil der Tiefgarage am Treibhauspotenzial der Bausubstanz auf 45% steigen würde. Die nun gebaute Tiefgarage füllt aber bereits den gesamten Raum zwischen den Gebäuden, d.h. für eine größere Tiefgarage müsste ein weiteres unterirdisches Stockwerk hinzugefügt werden, so dass diese geschätzten Werte eher an der unteren Grenze des tatsächlichen Aufwandes liegen. Das Mobilitätskonzept von wagnisART, das auf die vier wesentlichen Faktoren „Mobilität aus einer Hand“, „Teilen statt besitzen“, „Fußläufige Erreichbarkeit“ und „Information und Kommunikation“ setzt, trägt also einen wesentlichen Anteil zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bei.

*Die notwendigen Stellplätze je Wohneinheit sind von der Landeshauptstadt München mit einem **Stellplatzschlüssel** von 1,0 PkW-Stellplätzen pro Wohneinheit festgelegt [17]. Bei wagnisART ist die Anzahl u.a. auf Grund des Mobilitätskonzeptes abweichend (50% für Wohnen, 75% für Gewerbe) festgelegt worden (s. auch Kasten S. 19, S. 26).*

Sicherlich spielt bei der Entscheidung für eine Tiefgarage der Flächenverbrauch eine wesentliche Rolle, da in dicht besiedelten Stadtgebieten mit hohen Bodenpreisen keine Grundstücksfläche für die Herstellung von oberirdischen Stellplätzen zur Verfügung steht. Dennoch wäre für zukünftige Quartierskonzepte eine quartiersweite noch effizientere Nutzung von Fahrzeugen und Stellplätzen eine wesentliche Stellschraube für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen.

3.7 Änderungen der Planung während der Ausführung

Die ursprüngliche **Materialwahl der Fensterrahmen** fiel auf Holz. Da diese Holzfenster aber höhere Investitionskosten verursachen und regelmäßig gewartet werden müssen, wurde im Laufe der Ausführungsplanung die Entscheidung für Kunststofffenster gefällt. Die Ökobilanz zeigt, dass sich dadurch die Werte der Fassade für die nicht erneuerbare Primärenergie und das Treibhauspotenzial um 32% bzw. 26% verschlechtern (s. Abb. 39). Auf das Gesamtgebäude (ohne Betrieb) bezogen, würde eine Ausführung mit Holzfenstern 5% weniger nicht erneuerbare Primärenergie und 7% weniger Treibhauspotenzial verursachen. Diese mögliche Einsparung entspricht der für den Betrieb notwendigen, nicht erneuerbaren Primärenergie von ca. 9 Monaten und den Treibhausgasemissionen von ca. 3 Jahren.

Im Zuge der Werkplanung wurde aufgrund statischer Anforderungen ein unerwartet hoher **Stahlanteil der Fassadenkonstruktion** in der

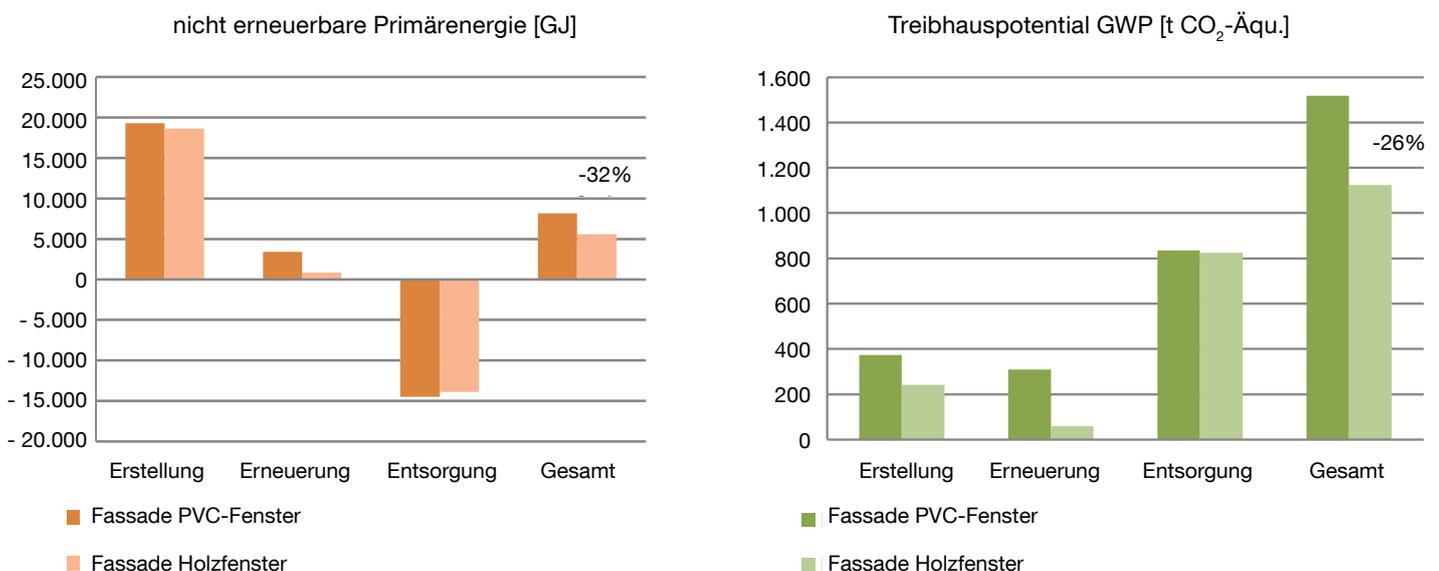


Abb. 39: Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhauspotenzial der Fassaden mit Holz- und PVC-Fenstern im Vergleich

Holzrahmenbaufassade benötigt. Für das Haus Asien bedeutet dies insgesamt ca. 3,85 kg Stahl pro m² Fassade. Dieser Stahlanteil fügt ca. 11 t CO₂-Äquivalente (ca. 3%) zum Treibhauspotenzial der Fassade hinzu und ca. 157 GJ bzw. 8% zur nicht erneuerbaren Primärenergie.

3.8 Zusammenfassung

Die wesentlichen Stellschrauben bei der Suche nach Möglichkeiten, um den Verbrauch fossiler Energien zu reduzieren und Treibhausgasemissionen zu verringern, lassen sich wie folgt einordnen:

- **Energiestandard:** Im Vergleich zu den Anforderungen der EnEV 2009 lassen sich über 50 Jahre betrachtet bei der Versorgung mit Fernwärme durch den Passivhausstandard 36% nicht erneuerbare Primärenergie und 18% Treibhausgase einsparen.
- **Bauweise des Tragwerks:** Ein Holztragwerk spart ca. 22% der nicht erneuerbaren Primärenergie und 28% des Treibhauspotenzials der Konstruktion. Über den Zeitraum von 50 Jahren inklusive Betriebsenergie betrachtet lassen sich 3% nicht erneuerbare Primärenergie und 8% Treibhausgase einsparen.
- **Stellplätze:** Jeder Tiefgaragenstellplatz weniger bedeutet 0,35% weniger Treibhausgase und 0,37% weniger Primärenergiebedarf des Tragwerks. Insgesamt emittiert jeder Tiefgaragenstellplatz ca. 12,7 t Treibhausgase bei seiner Herstellung und im Rückbau.
- **Bauweise der Fassade:** Im Vergleich zum Haus Asien mit Holzrahmenbaufassade lassen sich durch ein Gebäude mit Massivholzfassade 5% bis 10% Treibhausgaspotenzial und nicht erneuerbare Primärenergie einsparen, ein Gebäude mit Ziegelfassade würde um ca. 3% bis 7% mehr an nicht erneuerbare Primärenergie verbrauchen und CO₂ emittieren. Über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren und den Betriebswerten eines Passivhauses sind die Unterschiede zwischen Gebäuden mit unterschiedlichen Außenwänden nur noch 1% bis 2%.

Für zukünftige Projekte müssen diese Zahlen vor dem Hintergrund der Versorgung des Gebäudes neu evaluiert werden. Wird ein Gebäude zu 100% erneuerbar und CO₂-neutral mit Energie versorgt, spielt die Bauweise des Tragwerks und der Außenwände eine umso größere Rolle. Ein sehr guter Energiestandard ist für eine solche Versorgung aber in fast allen Fällen Voraussetzung.



Abb. 40: PV-Anlage auf dem Dach des Hauses Australien



Abb. 41: Station E-Mobilität für das Quartier gegenüber von wagnisART

4 Nachhaltigkeit im partizipativen Planungsprozess



Abb. 42: Partizipations-Workshop mit den zukünftigen Bewohnern von wagnisART (März 2010)

Die Untersuchung der Nachhaltigkeitsaspekte im partizipativen Planungsprozess von wagnisART wurde im Rahmen von zwei Workshops mit allen Projektbeteiligten erarbeitet. Im Folgenden sind die Ergebnisse und die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen dargestellt. Die Ausführungen in diesem Kapitel geben nicht ausschließlich die Meinung der Autoren wieder, sondern sind auch eine Sammlung und Zusammenfassung der von den Projektbeteiligten geäußerten Aspekte.

4.1 „Leistungsphase 0“

Eine der Besonderheiten dieses Projektes ist die lange Vorlaufzeit, die sich durch die Verzögerung der Verabschiedung des Bebauungsplans ergab (s. Abb. 11). Dass die gewünschte Realisierung erst später als ursprünglich geplant erfolgen konnte, ergab den positiven Nebeneffekt der Verlängerung der Zeit, in der die Projekt-Grundlagen für den partizipativen Prozess und die integrale Planung entwickelt werden konnten.

Daraus ergibt sich, dass zukünftig die Projektentwicklung am zielführendsten schon vor der konzeptionellen Ausschreibung des Grundstückes begonnen werden sollte: Ein runder Tisch mit allen Akteuren ist in jedem Fall zu diesem Zeitpunkt zu empfehlen, eventuell parallel zur Erstellung eines Bebauungsplans, soweit ein solcher geplant ist. Auf Akteursseite sollten die zuständigen Behörden, die Projektleitung, Vertreter der Baugruppe und das Planungsteam (Architektur, Landschaftsarchitektur, Statik, Haustechnik, Bauphysik, Energieberatung, Schallschutz, Brandschutz etc.) beteiligt werden.

Für wagnisART wurde im Vorfeld durch die Projektarbeitsgruppe Nachhaltigkeit mit der wagnis eG ein „Leitbild Nachhaltigkeit“ erarbeitet, in dem ökologische, ökonomische und soziale Qualitäten der Nachhaltigkeit für das Projekt definiert wurden. Dass diese qualitativ ohne nachprüfbare Zielwerte festgelegt wurden, erschwerte ihre Beurteilung und Verfolgung im Planungsprozess. Besonders Zielkonflikte mit anderen Projektzielen konnten dadurch nicht differenziert diskutiert werden. Für weitere Projekte kann dieses Leitbild als Grundlage für die Festlegung von Nachhaltigkeitszielen dienen.

Eine weitere Besonderheit im Vergleich zu konventionellen Projekten ist die Organisation des Planungs- und Bauprozesses für wagnisART (s. Abb. 44). Die Projektleitung übernimmt zusätzlich zu ihrer üblichen Rolle die Aufgabe, den Partizipationsprozess zu moderieren, unter anderem, indem sie zwischen Planern und zukünftigen Bewohnern vermittelt. Letztere engagieren sich in Projektarbeitsgruppen, die jeweils



Abb. 43: Raummodell der Wohnanlage als Ergebnis des Partizipationsworkshops (März 2010)

Spezialthemen behandeln. Die Projektarbeitsgruppe Nachhaltigkeit stellt derzeit das Bindeglied zwischen Bewohnerschaft, Planern und Projektleitung zum Thema Nachhaltigkeit dar. Diese Organisation in Projektarbeitsgruppen, die in Workshops in direktem Dialog zu den Planern stehen, hat sich für alle Beteiligten als sehr zielführend erwiesen, da sie den Informationsfluss zwischen Planungsteam und zukünftigen Bewohnern erleichtert und befördert. Die Mitglieder der Projektarbeitsgruppen sind glaubwürdig, da sie selbst zukünftige Bewohner sind, und können dadurch die Ergebnisse der Workshops bestmöglich im Plenum „übersetzen“. Sie werden im Projektverlauf zu Experten „ihres“ Themas und übernehmen eine Schlüsselfunktion in der Kommunikation zwischen Planern und Bewohnern.

Eine zielgerichtete Nutzung der Vorbereitungsphase im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit könnte durch folgende Modifikationen des Planungsprozesses weiter verbessert werden:

- **Finanzielle Förderung der Vorbereitungsphase:** Eine Beauftragung von Planern und Beratern vor Sicherstellung des Projektes stellt ein Risiko für die Bauherrin dar. Dieses Risiko wurde von der wagnis eG, soweit möglich, getragen. Eine größere Investition zur Planungs- und Bauprozessvorbereitung ist für die Bauherrin ohne Förderung nicht möglich, wäre aber im Hinblick auf die Entwicklung eines Nachhaltigkeits-Konzeptes sinnvoll. Dadurch kann das Konzept mit geringerem Zeitdruck mit den zukünftigen Bewohnern partizipativ entwickelt und diskutiert werden.

„Ich sehe eine große Leistung darin, den sehr starren Städtebau des Quartiers mit wagnisART aufzuweichen, weil das im Sinne sozialer Nachhaltigkeit erhebliche Freiräume geschaffen hat.

*Der Partizipationsprozess mit den Bewohnern und den daraus rekrutierten Arbeitsgruppen gehört für mich ebenfalls in diese Kategorie, weil dies sicher im Ergebnis dazu führen wird, dass das große Angebot an besonderen Nutzungsbereichen wie Gemeinschaftsräumen, Baderaum, Tobe-
raum, Musikübungsräumen, Dachgärten etc. innerhalb der Anlage im Ergebnis zu einer hohen Akzeptanz und Annahme durch die Nutzer führen wird.*

Die Clusterwohnungen sind hinsichtlich ihrer spezifischen Überinstrumentalisierung zu hinterfragen, gehören für mich aber als besonderes Angebot und als Reaktion auf die sich verändernden Gesellschaftsstrukturen zu einem wichtigen Beitrag zum zeitgenössischen Wohnungsbau, speziell in München.

Eine intensivere Auseinandersetzung mit der Wechselwirkung zwischen Gebäudeklassen und Brandschutz hinsichtlich der Verwendung von Holz als Konstruktionsbaustoff hätte ggf. zu einem anderen städtebaulichen Ergebnis geführt und die CO₂-Bilanz ggf. weiter verbessert.“

Dipl.-Ing. Walter Hable, Schindler | Hable Architekten GbR (Architektur - Ausführung)

- Einbindung von externen Experten zur Entwicklung einer Nachhaltigkeits-Vision mit konkreten, nachvollziehbaren und überprüfbaren Indikatoren: Schaffung von Grundlagen für eine systematische Herangehensweise an das Thema Nachhaltigkeit und Quantifizierung von Indikatoren.
- Ergänzung des Projektteams mit einem Nachhaltigkeits-Koordinator mit entsprechender Expertise (s. Abb. 44).

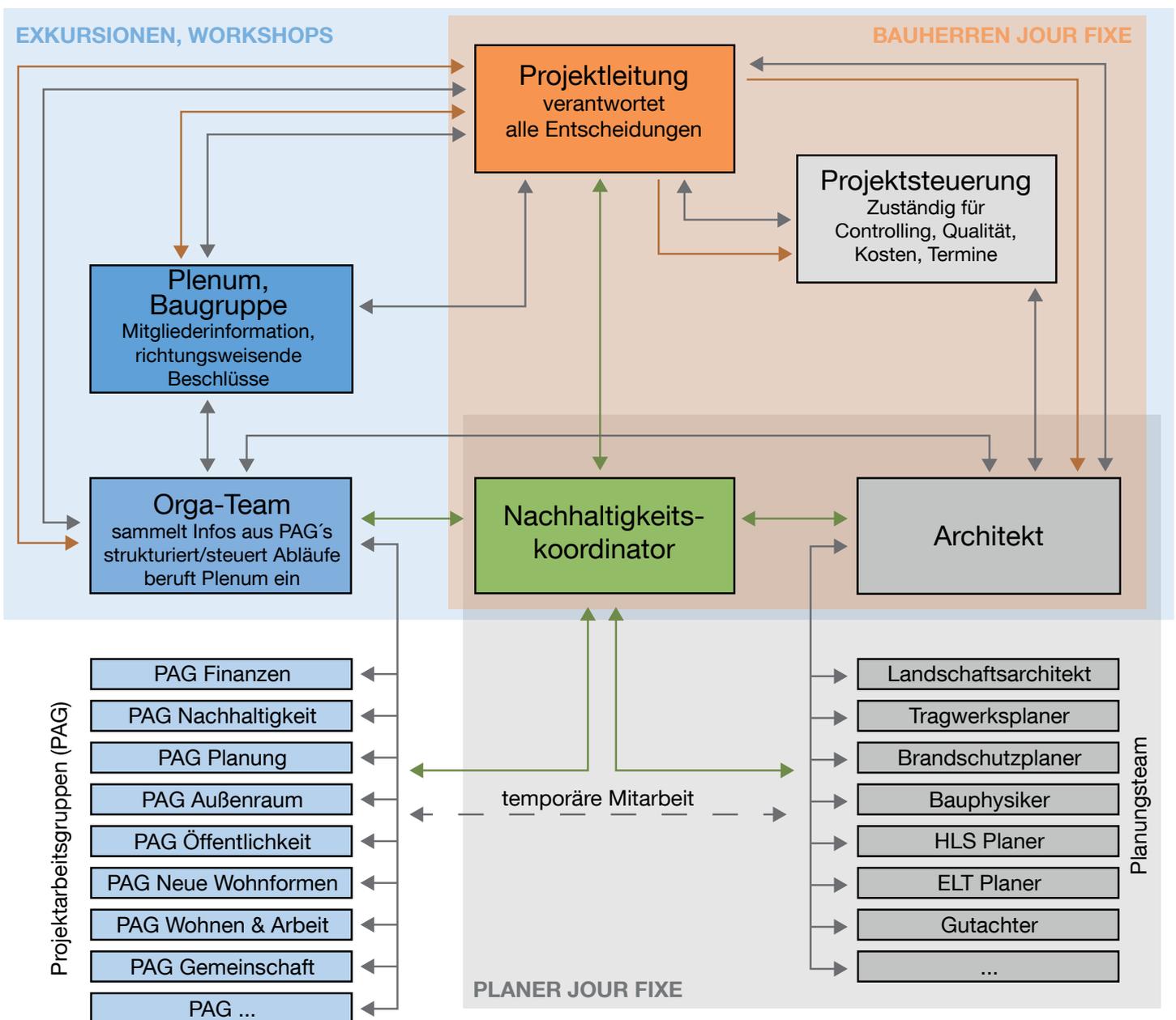


Abb. 44: Als Ergebnis der vom Freistaat Bayern geförderten wissenschaftlichen Begleitung wird der Planungs- und Bauprozess von wagnisART als eine der Handlungsempfehlungen durch einen Nachhaltigkeits-Koordinator ergänzt.

Die fachliche Expertise des Nachhaltigkeitskoordinators sollte Folgendes beinhalten:

- Leitung **vorbereitender Workshops** zum Thema Nachhaltigkeit
- Ableitung von **konkreten Zielen und Indikatoren** für ein Nachhaltigkeitskonzept
- **Moderation** während des Planungsprozesses bei Zielkonflikten in Bezug auf die projektspezifischen Nachhaltigkeitsindikatoren als „Anwalt der formulierten Nachhaltigkeitsziele“

4.2 Ökologische Nachhaltigkeit

Energiekonzept - Passivhaus



Abb. 45: Bad mit Wärmeübergabe und Frischwasserstation

Als besonders positiv wurde die frühe Einbindung des Energieplaners in das Projekt herausgestellt, da hierdurch schon in der Planung die Implikationen eines ambitionierten Energiestandards besser eingeschätzt und adressiert werden konnten. Der Planungs- und Ausführungsprozess birgt hinsichtlich der Energieeffizienz noch Verbesserungspotenzial.

Der Anspruch, ein Passivhaus zu bauen, bestand schon zu Beginn des Projektes. Dass zur Erlangung einer Förderung durch die Stadt München ein zertifiziertes Passivhaus gefordert wurde, wurde erst bei der Entwurfsplanung (Leistungsphase 3 HOAI) bekannt, da erst zu diesem Zeitpunkt die Förderbedingungen aufgesetzt wurden. Dadurch ergaben sich erschwerte Bedingungen für die Erfüllung der Zertifizierung des Passivhaus-Standards, da zum Beispiel für ein zertifiziertes Passivhaus bevorzugt durch das private Passivhaus-Institut zertifizierte Produkte verwendet werden sollten. Hinzu kommt, dass es durch die Anforderung der Zertifizierung nicht möglich war, für Wohngebäude- und Nichtwohngebäudeteile wie ursprünglich geplant, unterschiedliche Energiestandards anzusetzen. Insgesamt bestehen höhere Anforderungen an den Nachweis für ein zertifiziertes Passivhaus, da ein faktisches Passivhaus ohne Zertifizierung zwar oft die gleichen Anforderungen erfüllt, aber nicht als solches bezeichnet werden darf.

Das Verhältnis zwischen Außenwandfläche und Volumen eines Gebäudes wird als **Kompaktheit** bezeichnet (**A/V-Verhältnis**).

In den vorbereitenden Workshops zum Projekt wurde das Energiestandard-Ziel „Passivhaus“ mit berücksichtigt, indem die Machbarkeit für verschiedene Gebäudegeometrien jeweils bestätigt wurde. Die komplexen Wechselwirkungen zwischen Gebäudekompaktheit (*A/V-Verhältnis*), Gebäudegeometrie oder Fensterflächenanteil können in Grundlagenworkshops schlecht eingebunden werden, da für eine diffe-

renzierte Beurteilung der einzelnen Faktoren detaillierte Informationen vorliegen sollten, die zu einem sehr frühen Projektzeitpunkt in der Regel nicht vorhanden sind. Zu stark vereinfachte Zusammenhänge bergen die Gefahr, „einfache Lösungen“ zu propagieren, die das Potenzial des partizipativen Prozesses unter Umständen so sehr einschränken würden, dass innovative Konzepte von vorne herein ausgeschlossen wären. Zwar wird die Erreichung des Passivhaus-Standards durch Flächeneffizienz und Gebäudekompaktheit wesentlich erleichtert, darüber hinaus spielen allerdings viele Faktoren eine große Rolle, wie zum Beispiel die genaue Verteilung der unterschiedlichen Nutzungen und die Länge und Art der Wärmebrücken. Zudem entsteht bei einem einseitigen Fokus auf die Gebäudekompaktheit oder auf eine nicht komplexe Geometrie die Gefahr eines Zielkonfliktes in Bezug auf Ermöglichung anderer Wohnformen und Erweiterung von Gemeinschaftsflächen. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Flächeneffizienz und Begegnungsflächen zu finden, ist von Projekt zu Projekt neu zu entwerfen und zu lösen.



Abb. 46: Lüftungsöffnung an der Fassade

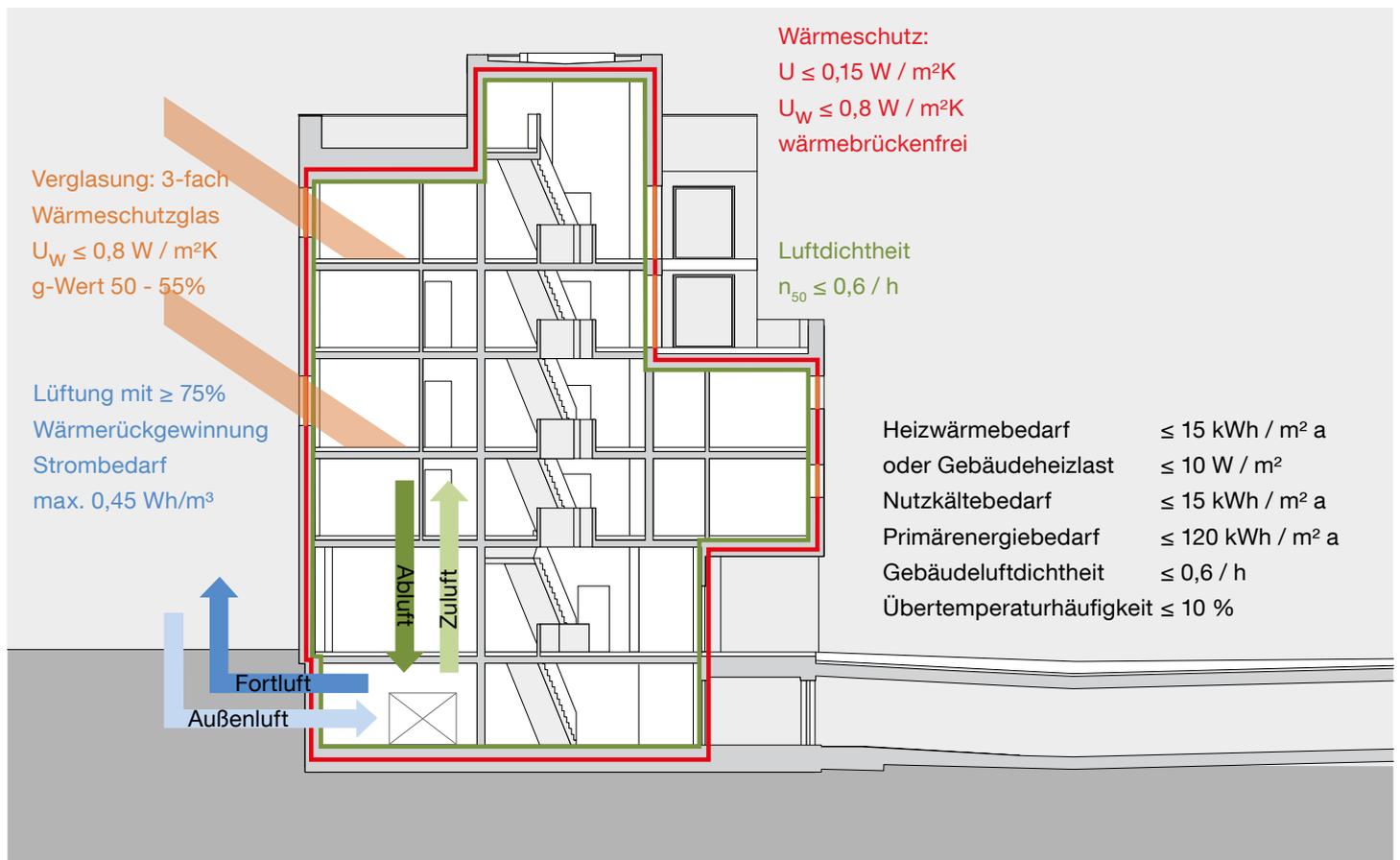


Abb. 47: Passivhaus-Anforderungen am Schemaschnitt von wagnisART dargestellt



Abb. 48: Installationsraum Clusterlüftung

Im vorliegenden Projekt liegt der im Passivhausnachweis ermittelte Wert für die Kompaktheit des Gebäudes zwischen 0,31 und 0,34. Trotz der komplexen Gebäudegeometrie wurde hier also ein sehr guter Wert erreicht.

Die Wärmebrücken spielten bei wagnisART für die Erreichung des Passivhausstandards eine große Rolle. Der errechnete Wärmebrückenzuschlag schwankte von ca. 0,026 W/m²K (Haus Australien) bis 0,033 W/m²K (Haus Europa), d.h. er zeigte keine extrem hohe Reduktion im Vergleich zu einem Standardprojekt, dessen Wärmebrücken mit einem Wärmebrückenzuschlag von 0,05 W/m²K gerechnet werden dürfen, wenn sie mit DIN 4108 Beiblatt 2 konform sind. Insbesondere die Wärmebrücken an den Loggien und der innenliegenden Dachentwässerung hatten einen Anteil von ca. 40% am Gesamtzuschlag. Das heißt, sie führten zu einem energetischen Zusatzbedarf von ca. 1 kWh/m²*a.

Der Platzbedarf für Technik in den Wohnungen war an diesem Projekt nicht von Anfang an genau einzuschätzen, da die Auswahl bezüglich Größe und Art der zertifizierten Lüftungsgeräte durch die erst in der Entwurfsplanung geforderte Passivhaus-Zertifizierung sehr eingeschränkt war. Daher sollte bei zukünftigen Passivhaus-Projekten von vorne herein ein stark erhöhter Flächenbedarf für die Wohnraumlüftung im Hinblick auf die Passivhaus-Zertifizierung mit bedacht werden. Das heißt, dass schon sehr früh entschieden werden muss, ob ein zentrales Lüftungsgerät beispielsweise im Keller oder auf dem Dach oder dezentrale Geräte

„Der Passivhausstandard ist ein Premiumstandard der Gebäudeenergieeffizienz. Auch auf die Haustechnikplanung haben die Passivhausanforderungen erhebliche Auswirkungen. Im Detail sind dies z.B. die Berücksichtigung von Wärmebrücken durch innenliegende Regenwasserleitungen, Schmutzwasserfallrohrbelüftungen über Dach und innenliegende Außen- und Fortluftleitungen, sehr hohe Effizienzanforderungen an Lüftungsgeräte, die Berücksichtigung der tatsächlichen Wohnfläche als Grundlage des spezifischen Wärmebedarfes, etc. Die Zertifizierung erzwingt die notwendige Disziplin in der Detailplanung, um das Ziel Passivhausstandard tatsächlich zu erreichen.

Das Projekt wagnisART ist durch die unregelmäßigen Grundrisse, die hohe Detailvielfalt, die Sondernutzungen, die gestaltungsbedingten Brücken, Loggien und Fassaden und weitere bauliche Zwangspunkte planerisch äußerst anspruchsvoll. Die energetische Kompensation der gestaltungsbedingten Wärmebrücken von Loggien und Brücken erforderte teilweise die Wahl von Sonderbaustoffen mit besten marktverfügbaren Dämmwerten oder Anlagentechnik mit höchster verfügbarer Wärmerückgewinnung. Mehrfache Nachoptimierungsprozesse waren erforderlich. Dass diese Anstrengungen auch unter Berücksichtigung der guten Primärenergie-Kennwerte der SWM-Energieversorgung sinnvoll sind wird durch das Ergebnis der TUM-Untersuchung deutlich bestätigt.“

Dipl.-Ing. Michael Wittmer, EnergieSystemTechnik GmbH (Therm. Bauphysik, TGA-Planung)

je Wohnung verwendet werden sollen. Ein entsprechender zusätzlicher Flächenbedarf für Lüftungsleitungen muss eingeplant werden. Der erhöhte Platzbedarf für passivhauszertifizierte Geräte war im Projekt insbesondere für die Sondernutzungen relevant. Seit Januar 2016 gelten mit der EU-Ökodesign-Richtlinie, national umgesetzt durch das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG), ähnliche Anforderungen jedoch für alle vergleichbaren Produkte.

Um die für den spezifischen Heizwärmebedarf von 15 kWh/m²a relevante Energiebezugsfläche groß zu halten, wurden in den Einzelwohnungen und in vielen Sondernutzungseinheiten Lüftungsdeckengeräte installiert; ein Flächenverlust wurde dadurch vermieden. Im Gegenzug musste auf Grund begrenzter Stockwerkshöhen die Installation sehr beengt und mit Mehraufwand ausgeführt werden. Da im Untergeschoss der Platzbedarf für Kellerabteile und Sondernutzungen groß war sowie baurechtliche Beschränkungen von technischen Dachaufbauten umgesetzt werden mussten, wurden in den Gemeinschaftsbereichen der Clusterwohnungen zusätzliche Lüftungsräume eingeplant. Quantitative Aussagen über den Flächenbedarf für die Gebäudetechnik im Gesamtgebäude können aus diesem Projekt nicht abgeleitet werden, da aufgrund der ambitionierten Nutzungsmischung der Installationsaufwand für die Gewerbe- und Gemeinschaftsflächen projektspezifisch hoch ist.

Im untersuchten Projekt war in der Vorentwurfsplanung angestrebt, auf Heizkörper zu verzichten und die Wohnungen nur mit erwärmter Zuluft und mit wenigen zusätzlichen Heizkörpern in den Bädern und an kritischen Fassadenbereichen zu beheizen. Es hat sich aber mittlerweile im Passivhaus-Geschosswohnungsbau allgemein fachlich anerkannt durchgesetzt, mit zusätzlichen Raumheizflächen wie Heizkörper, Fußboden- oder Wandheizung zu arbeiten. Im Projekt wagnisART waren die projektbedingten Hauptgründe für die Nicht-Realisierbarkeit des von der Projektarbeitsgruppe gesetzten Projektzieles „keine Heizkörper“:

- Aufgrund zusätzlicher **Wärmebrücken** (Balkonanbindung, Versprünge Loggien) ist der Heizwärmebedarf für ein Passivhaus an der oberen Grenze, d.h. es gibt vergleichbar viele „kritische“ Räume. Dadurch relativiert sich der Kostenvorteil einer reinen Luftheizung.
- Bei Wohnungen mit sehr kurzen Küchenzeilen kann das **Nachheizregister** platzbedingt nicht im Küchenkoffer eingebaut werden. Die Abhänghöhe der Decke im Bad reicht für den Einbau eines Nachheizregisters nicht aus, d.h. diese Wohnungen können nicht mit Luftnachheizung ausgerüstet werden.



Abb. 49: Workshop der Architekten mit künftigen Bewohnern (Oktober 2012)



Abb. 50: Simulation der Wohnungskonfigurationen im Workshop mit Architekten und Bewohnern (Oktober 2012)

- Ohne Heizflächen könnte die nach derzeitiger Normung geforderte Innentemperatur von 24°C in Bädern an den kältesten Tagen des Jahres nicht sichergestellt werden. Hier bestünde für etwas kleinere Projekte Optimierungspotenzial, wenn ein Konsens erreicht werden könnte, dass eine Einschränkung des Komforts an einzelnen Tagen des Jahres akzeptabel ist. Hierfür wäre eine Freistellung der Planer durch den Bauherren von der Erfüllung der DIN 12831 für Extremtemperaturen erforderlich.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass Passivhäuser wesentlich sensibler auf die Veränderung von Nutzeranforderungen an Innenraumtemperaturen reagieren. Da das Passivhaus unter anderem durch die „inneren Lasten“ beheizt wird, kann es durch Nutzungsänderungen dazu kommen, dass das System nicht ausreichend funktioniert. Es lässt sich feststellen, dass Nutzung und Nutzerverhalten entscheidend für die schlussendliche Energieeffizienz eines Gebäudes sind.



Abb. 51: Workshop neue Wohnformen (Juni 2013)

Fernwärme

Für das Projekt wagnisART bestand Abnahmezwang für die Fernwärme, so dass keine andere innovative Energieerzeugung zur Verfügung stand. Auch die Nutzung dieser Energiequelle hat unter anderem dazu beigetragen, dass die Heizwärme wegen der erforderlichen Temperaturen nicht mit einer Luftheizung bereitgestellt werden konnte.



Abb. 52: Workshop der künftigen Bewohner mit den Architekten zu den Wohnungsgrundrissen (Juni 2013)

Mobilität

Eine Tiefgarage stellt in der Regel einen erheblichen Kostenfaktor dar, enthält einen hohen Anteil an „grauer Energie“ und verschlechtert die CO₂-Bilanz erheblich. Dies ist in eingeschränkter Form auch für wagnisART der Fall, trotz des durch die Genehmigungsbehörde auf Grund des vorgelegten Mobilitätskonzeptes reduzierten Stellplatzschlüssels. Für dieses Projekt wurde durch intensive Verhandlungen u.a. mit der Lokalbaukommission erreicht, dass nur die Hälfte der von der Stellplatzverordnung geforderten Stellplätze gebaut werden musste. Dies ist als großer Erfolg auch in Bezug auf die Zukunftsfähigkeit des Projektes zu verzeichnen.

Jedoch zeigt die Erfahrung aus vorangegangenen Projekten der wagnis eG, dass trotz verringerter Anzahl voraussichtlich viele dieser Parkplätze leer stehen werden. Ein Überdenken der Anforderungen der Stellplatzsatzung birgt aus energetischer Sicht erhebliches Potenzial. Allerdings kann dies auf Projektebene nur bedingt beeinflusst werden.

Materialwahl - Tragwerk

Bei Gebäuden mit einer Höhe von über 13 m, die unter die Gebäudeklasse 5 der Bayerischen Bauordnung (BayBO) fallen, ist eine Verwendung des nachwachsenden Rohstoffes Holz für das Tragwerk nur als Abweichung von den bauordnungsrechtlichen Anforderungen möglich und erfordert in der Regel Kompensationsmaßnahmen wie Sprinkler, erhöhte Anforderungen an Fluchtwege etc. Dies hat mehr Zeitbedarf für den Verhandlungsprozess mit den zuständigen Stellen, Mehraufwand in der Planung und eine verzögerte Planungssicherheit zur Folge.

Für den ausgewählten Entwurf „Steine“ (s. S. 58, Abb. 64 bis 66) wäre Holz zudem eine unwirtschaftliche Lösung, da aufgrund der Lasten der als Projektziel geforderten Gründächer Konstruktionshöhen von bis zu 1,40 m erforderlich wären. Die Mehrkosten für einen Holzbau waren in diesem Fall nicht vertretbar, da andere Projektziele für wagnisART priorisiert wurden. Für die sozialen Aspekte der Begegnung und der Gemeinschaftsflächen sind die oben genannten Gründächer ein wichtiger Baustein.

Das Stahlbetontragwerk wurde laut Aussage der Statikplaner hinsichtlich Betonmassen und Bewehrungsanteil weitgehend optimiert, um Materialeffizienz zu erreichen. Eine weitere Optimierung wäre durch die frühe Einbindung eines Fassadenfachplaners für die Schnittstellen zu Holzrahmenbau-Außenwand möglich gewesen, um beispielsweise maximale Deckendurchbiegungen und Fassadenbefestigungsarten optimal aufeinander abzustimmen.



Abb. 53: Workshop neue Wohnformen, Modell (Juni 2013)

„Für die Tragwerksplanung besteht die Herausforderung darin, mit einer optimierten Stahlbetonstruktur den Spagat zwischen der ökologischen, der ökonomischen und der sozialen Nachhaltigkeit zu vollziehen. Der Baustoff Holz ist bei wagnisART wegen der Einstufung in die Gebäudeklasse 5, der unregelmäßigen Gebäudegrundrisse sowie der Dachgartennutzung praktisch nicht sinnvoll einsetzbar.

Die Beteiligung der Bewohner im Planungsprozess fördert zwar Belange der sozialen Nachhaltigkeit, sie benötigt jedoch aufgrund des länger dauernden Abstimmungsprozesses einen längeren und intensiveren Planungsprozess, der in der Terminplanung berücksichtigt werden muss. Um einen reibungslosen Planungsablauf zu gewährleisten, sollte insbesondere auch die Fassadenplanung zur Abstimmung der Schnittstelle zum Gebäudetragwerk als eigene Fachplanung wahrgenommen und frühzeitig eingeschaltet werden.

Bei der Wahl der im Grundriss geknickten Brückengeometrie wurden ökonomische und ökologische Kriterien hinter die gestalterischen Kriterien gestellt.“

Dipl.-Ing. Thomas Linder, henke rapolder frühe Ingenieurgesellschaft mbH (Tragwerksplanung)



Abb. 54: Materialproben beim Workshop Fassaden (Juli 2013)



Abb. 55: Fenstersetzung durch die künftigen Bewohner beim Workshop Fassaden (Juli 2013)

Die Brücken, die die Gebäude verbinden, waren für das Planungsteam eine Herausforderung. Sie führen zu zusätzlichen Wärmebrücken und zu aufwendigen Anschlüssen der Fassade. Bei einem Gebäude in Holzbauweise hätte sich zusätzlich die Schwierigkeit ergeben, dass große Querschnitte für die Lastabtragung erforderlich wären. Da die Brücken, ähnlich den Gründächern, ein entscheidendes Element für die Gemeinschaft und Kommunikation in wagnisART sind, wurde ihnen gegenüber einer Vereinfachung der Konstruktion Priorität eingeräumt. Hierbei ist die Abwägung bei Zielkonflikten gut erkennbar: Aspekte der sozialen Nachhaltigkeit lassen sich nicht immer mit Aspekten ökonomischer oder ökologischer Nachhaltigkeit gleichzeitig optimieren, sondern eine Priorisierung ist jeweils notwendig.

Falls für ein zukünftiges Projekt aus Gründen der ökologischen Nachhaltigkeit wie Verwendung nachwachsender Rohstoffe, CO₂-Bindung oder Einsparung von nicht erneuerbarer Primärenergie der Anspruch besteht, das Tragwerk aus Holz zu erstellen, muss diese Anforderung schon sehr früh im Projektprozess festgelegt werden. Ein Holztragwerk erfordert ggf. andere Grundrisse mit geringeren Spannweiten oder mehr tragenden Wänden anstelle von Stützen, um ökonomisch zu sein, und kann ohne besondere Kompensationsmaßnahmen nur bis Gebäudeklasse 4 der Bayerischen Bauordnung (BayBO) verwirklicht werden. Für diese Aspekte sollten mögliche Zielkonflikte von Anfang an diskutiert werden und im Dialog Prioritäten bei Planungsbeginn festgelegt werden.

Materialwahl - Fassade

Zunächst waren nur die Straßenfassaden als Putzfassaden vorgesehen, für die Hoffassaden standen Putzfassaden auf Holzaußenwand, hinterlüftete Fassaden mit Alucobond, vorvergrautem Holz oder Folie zur Auswahl. Für eine umfassende Beurteilung der Materialwahl sollte nicht nur die gesamte Fassadenkonstruktion (s. Kap. 3) im Hinblick auf Herstellung, Installation, Instandhaltung und Recyclingmöglichkeiten etc. betrachtet werden. Zudem muss die Relevanz der Fragestellung in einen Gesamtzusammenhang anhand von Zielkriterien und Prioritäten, z.B. Schadstoffarmut, geringes Treibhauspotential etc., gestellt werden. Hierzu ist die eingangs erwähnte Vorbereitungsphase essentiell.



Abb. 56: Workshop Fassaden mit den künftigen Bewohnern (Juli 2013)

Da aber im Gestaltungsleitfaden der Funkkaserne München Putzfassaden vorgeschrieben sind, reduzierten sich die Optionen zur Fassadengestaltung auf die Möglichkeiten einer hinterlüfteten Putzfassade oder eines Wärmedämmverbundsystems (WDVS). Obwohl ein WDVS weder den gestalterischen Ansprüchen des Projektes noch den Ansprüchen an

Langlebigkeit und Rückbaubarkeit entspricht, hat es Vorteile im Bereich von Energieeffizienz und Investitionskosten. Durch die Überdämmung der Fassade durch das WDVS wird die Ausbildung der Anschlussdetails erleichtert, deren Vielfalt am vorliegenden Projekt aufgrund der besonderen Geometrie ungewöhnlich groß ist. Zusätzlich konnten dabei die Wärmebrücken abgemindert werden, die für die Erreichung des Passivhausstandards eine große Rolle spielen. Darüber hinaus sind Wärmedämmverbundsysteme in den Investitionskosten derzeit mit Abstand am günstigsten. Wäre hier eine andere Fassade zur Ausführung gekommen, hätte dies Einsparungen an anderer Stelle erfordert.

Hilfreich wäre für zukünftige Projekte u.a., wenn aus gestalterischen und konstruktiven Gründen auch andere Fassadenoberflächen zur Auswahl stehen und eine transparente Lebenszyklus-Kosten-Betrachtung erstellt wird, die die Folgekosten und Instandhaltungszyklen beziffert. Diese sollte parallel zur Materialentscheidung und zusätzlich zur Kostenberechnung in der Entwurfsplanung erfolgen.



Abb. 57: Workshop Bemusterung mit Architekten und künftigen Bewohnern (November 2013)

„Das Projekt wagnisART wird von uns unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit positiv bewertet. Für alle Aspekte der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, Soziales) wurden vom Bauherrn sehr anspruchsvolle Projektziele definiert: Passivhaus, hoher Anteil an regenerativen Baumaterialien, Kostenrahmen geförderter Wohnungsbau, großer Anteil an Gemeinschaftsbereichen und ergänzenden Sondernutzungen. Diese Ziele wurden alle erreicht.

Einzelne Zielvorgaben wurden in einem Abwägungsprozess zwischen den verschiedenen Aspekten der Nachhaltigkeit in der Planung angepasst. So wurde statt der ursprünglich gewünschten reinen Holzkonstruktion eine Kombination aus Stahlbetonskelett und Holzaußenwänden geplant, um andere Projektziele z.B. gemeinschaftliche Dachgärten nicht zu gefährden. Ebenso wurde die Auslegung und Größe der Gemeinschaftsflächen einem Anpassungsprozess unterzogen, um diese wirtschaftlich vertretbar realisieren zu können.

Korrekturen dieser Art führen letztlich erst zu einem ausbalancierten Verhältnis aller Aspekte der Nachhaltigkeit.

Die Entscheidungsprozesse sind zum Teil sehr komplex und für die Laien im Beteiligungsverfahren nicht immer leicht nachvollziehbar. Es ist wichtig, dass die Projektziele über den gesamten Projektverlauf für alle transparent und nachvollziehbar bleiben.“

Dipl.-Ing. Julius Klaffke, bogevischs buero (Architektur - Entwurf)



Abb. 58: Workshop Bemusterung mit Architekten und künftigen Bewohnern (November 2013)

Weitere Materialien

Für die nichttragenden Innenwände ergab die Variantenuntersuchung der Planer, dass Holzständerwände aus Kostengründen nicht realisierbar sind. Da die Kostenobergrenzen des geförderten Wohnungsbaus eingehalten werden mussten, war diese Verwendung des Baustoffes Holz nicht darstellbar. Die Wände wurden in Metallständerbauweise errichtet.

4.3 Ökonomische Nachhaltigkeit: Geförderter Wohnungsbau

Die Diskussion der Rahmenbedingungen des öffentlich geförderten Wohnungsbaus geht über die Fragestellung des Projektes hinaus und kann daher an dieser Stelle nur exemplarisch angerissen werden.

Die unterschiedlichen Anforderungen der gemeinsamen Ziele der staatlichen und kommunalen Wohnraumförderung und der Projektziele Nachhaltigkeit von wagnisART waren nicht immer leicht in Einklang zu bringen. Die Kombination verschiedener Förderinstrumente und die Anwendung der jeweiligen technischen Bestimmungen schaffen Flexibilität, in welchen Bereichen der Wohnungsbau mit öffentlichen Mitteln unterstützt werden soll. Für den Bauherren, Architekten und Fachplaner bedeutet dies zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Koordinierung, Bündelung und Bearbeitung der Informationen sowie Optimierung des Entwurfs nach den Fördervorgaben und unterschiedlichen Anforderungen. Insbesondere die Kostenobergrenze der Wohnraumförderungsbestimmungen (WFB) zielt auf die ökonomische Effizienz des Vorhabens. Die Nachhaltigkeitsziele deckten sich nicht in vollem Umfang mit den unterschiedlichen

„Gemeinsam nachhaltig bauen bedeutet für jede betroffene Fragestellung, die Nachhaltigkeitsaspekte (ökologisch, ökonomisch, sozial/kulturell) auf eine einheitliche Verständnisebene zwischen Planern/Fachplanern einerseits und Bewohnern andererseits zu bringen, gemeinsam zu diskutieren und zu entscheiden. Die Randbedingungen (Ziele, technische Parameter, finanzielle Bedingungen des geförderten Wohnungsbaus etc.) machen diesen Prozess sehr komplex.

Mir stellt sich nach der mehrjährigen Planungsphase und Mitarbeit in unterschiedlichen Arbeitsgruppen des Projekts die Frage, ob die Bereiche, in denen Partizipation möglich ist, klarer definiert und eingegrenzt werden sollen oder sogar müssen. Dies kann z.B. sinnvoll sein, wenn den Bewohnern die Kompetenz fehlt oder die Auswirkungen ihrer Entscheidungen nicht klar sind oder Risiken entstehen, z.B. finanzieller Art.

Hiermit könnte erreicht werden, dass Entscheidungen stärker auf Verständnis basieren und weniger nach Gefühl getroffen werden.“

Jörg Knorre, wagnis eG (Projektarbeitsgruppe Nachhaltigkeit wagnisART)

Fördervoraussetzungen. Die bei wagnisART verfolgten Projektziele der Nachhaltigkeit konnten daher nur in begrenztem Umfang durch die Förderung finanziert werden.

So konnte beispielsweise eine Anhebung der staatlichen Förderung um 5% für überdurchschnittliche Energieeffizienz in Anspruch genommen werden, die durch weitere Fördermittel der Stadt München für den Passivhaus-Standard ergänzt wurde. Allerdings konnten dadurch nicht gänzlich die Mehrkosten für ein zertifiziertes Passivhaus aufgefangen werden. Die Geschossflächenmehrung von 5%, die im Bereich des Bebauungsplanes für die Funkkaserne als Ausgleich für die zu erwartenden Flächenverluste durch dickere Bauteile gewährt wurde, wirkte sich positiv auf den Ausnutzungsgrad und die Flächenökonomie von wagnisART aus. Flächeneffizienz durch gemeinschaftliche Nutzung von Flächen birgt beispielsweise ein entscheidendes Potenzial für Nachhaltigkeit durch Suffizienz.

4.4 Soziokulturelle Nachhaltigkeit

Im Bereich der sozialen und kulturellen Aspekte haben die zukünftigen Bewohner typischerweise hohe Kompetenzen. Für die Architektur und die technischen Bereiche stand für wagnisART eine ungewöhnlich intensive Begleitung in Form von kompetenten und umfassenden Informationen von Architekten und Fachplanern schon in der „Leistungsphase 0“ zur Verfügung. Für einen Überblick über die Konsequenzen einzelner Entscheidungen und dabei entstehende Zielkonflikte wäre eine Moderation des Entscheidungsfindungsprozesses im Hinblick auf Aspekte der Nachhaltigkeit wünschenswert gewesen. Wie im Kapitel 4.1 beschrieben, dienen nachprüfbar Projektziele dabei als Leitgrößen.

Durch die städtebaulichen Randbedingungen, die besondere Lage und die Größe des Grundstücks wurde vom Gebäudeentwurf für wagnisART eine unkonventionelle Lösung erwartet. Der Entwurf bewegte sich in einem Spannungsfeld aus „harten Rahmenbedingungen“, zwischen Kostengrenzen, Obergrenzen der Geschossfläche und Energieeffizienz, resultierend aus dem Anspruch, ein Gebäude im Passivhausstandard zu realisieren. Andere im Entwurfsprozess relevante Faktoren können als „weiche Faktoren“ eingestuft werden. Insgesamt hatten die weichen Faktoren, wie z.B. die Erscheinungsform, der Bezug der Flächen und Gebäude untereinander etc., einen hohen Stellenwert bei der jeweiligen Entscheidungsfindung. Die Lösung dieser komplexen Aufgabe mit allen sich daraus ergebenden Zielkonflikten fand im Dialog mit den Bewohnern statt. Bei konkreten Festlegungen in „Leistungsphase 0“ muss da-



Abb. 59: Workshop Gemeinschaft der künftigen Bewohner (April 2013)

rauf geachtet werden, dass nicht durch eine zu starke Einschränkung der Möglichkeiten so viel Gestaltungsfreiheit verloren geht, dass die Möglichkeit zur Identifikation der Bewohner mit dem Projekt erschwert wird.

Clusterwohnungen besitzen einen großen Wohn- und Kochbereich für mehrere Apartments, zu denen jeweils ein Bad und eine Kochnische gehören. Sie ermöglichen gemeinschaftliches Wohnen und sind damit im Sinne einer soziokulturellen Nachhaltigkeit positiv zu bewerten.

Im Projekt wurden sogenannte *Clusterwohnungen* integriert, wie sie im Schweizer Wohnungsbau oder im Bayerischen Experimentellen Wohnungsbau der Obersten Baubehörde bereits realisiert wurden. Dabei erwies sich diese Wohnform als vergleichbar aufwendig in der Erschließung. Ökonomie und Effizienz der Clusterwohnungen im Vergleich zu konventionellen Wohnungen sollten daher für spätere Projekte detailliert untersucht werden, um Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren.



Abb. 60: Benennung der Häuser im Rahmen des Workshops Gemeinschaft (April 2013)

Bei den Architektur-Workshops, in denen die Grundlagen für das Architekturkonzept gelegt wurden, war eine entscheidende Frage: „Wie wollen wir leben?“ Dabei kann das Thema Nachhaltigkeit sehr gut reflektiert werden, indem zusätzliche Fragen wie nach dem Ressourcenverbrauch für die gewünschte Lebensweise ergänzt werden.

Das Projekt wagnisART erhält überwiegend positive Resonanz für seine partizipative Architektur, die im Dialog mit den Bewohnern zu einer unkonventionellen Lösung geführt hat. Dies wird durch die Zertifizierung „Passivhaus“ weiter verstärkt. Hier zeigt sich, dass zwischen unterschiedlichen Aspekten der Nachhaltigkeit positive Synergien entstehen können, auch wenn die Aspekte im Planungsprozess oftmals unterschiedliche Richtungen erfordern würden und für relevante Entscheidungen jeweils die Prioritäten neu ausgehandelt werden müssen.

4.5 Fazit

Zu den Voraussetzungen, die die Zukunftsfähigkeit eines Projektes unterstützen, stehen an erster Stelle besondere Rahmenbedingungen. Im Fall von wagnisART ermöglichten sie ein Ausnahmeprojekt, besonders im Bereich der soziokulturellen Nachhaltigkeit. Doch auch für Projekte mit regulären Rahmenbedingungen unterstützen folgende Bedingungen die Zukunftsfähigkeit:

- Flexibilität in der städtebaulichen Situation
- Planung im Dialog
- finanzielle Förderung mit öffentlichen Mitteln



Abb. 61: Prozess der Namensgebung der Häuser im Rahmen des Workshops Gemeinschaft (April 2013)

Optimierungsmöglichkeiten ergeben sich in folgenden Bereichen:

- Formulierung von **Nachhaltigkeitszielen** mit Hilfe von gezielter finanzieller Förderung der sehr frühen Projektbegleitung (Leistungsphase 0).
- Einfließen der **ganzheitlichen Nachhaltigkeit** und Zukunftsfähigkeit in den Dialog der Akteure: Hilfestellung durch externe fachliche Beratung und Moderation.
- Alternativen für die Erfüllung gesetzlicher oder normativer Vorgaben: **Zielformulierungen als Ergänzung zu detaillierten Vorschriften.** Ziele, wie zum Beispiel „Erreichbarkeit für alle Nutzer“, werden festgelegt, jedoch bleibt die Flexibilität in der Erreichung dieser Ziele gegeben, wie zum Beispiel Erstellung eines Mobilitätskonzeptes und individueller Nachweis der dafür erforderlichen Stellplätze als Alternative zur Bereitstellung einer festgelegten Anzahl von Stellplätzen.



Abb. 62: Workshop Wohnungsbelegung (Juni 2013)

„Die Wohnbaugenossenschaft wagnis eG hat sich „Ökologie und Nachhaltigkeit“ auf ihre Fahnen geschrieben und in ihrer Satzung verankert, in „Werte und Ziele“ die wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Vorstellungen formuliert. Jedes einzelne Projekt aus den letzten 16 Jahren zeigt dabei das Gesicht, mit dem die partizipierenden Genossen ihre Vorstellungen von Nachhaltigkeit (im Rahmen der wirtschaftlichen Möglichkeiten) umsetzen und leben wollen. Schon früh wurde in wagnisART mit den zukünftigen BewohnerInnen ein „Leitfaden Nachhaltigkeit“ erarbeitet und beschlossen. Die wesentliche Aufgabe dabei war vor allem, die Prozesse des Planens und die Möglichkeiten der Umsetzung der „Werte und Ziele“ in bauliche Substanz den Genossen nahe zu bringen und sie für das Thema Nachhaltigkeit zu sensibilisieren. Das ist uns nicht in aller Tiefe bei allen gelungen, doch sind die Nachhaltigkeitsziele im Projekt präsent, bedürfen der weiteren Unterstützung nach Einzug. Unsere Nachhaltigkeitsziele dienen auch als Grundlage für die Architekten- und Fachplaner-Ausschreibung und für die Beurteilung des Planungsentwurfs.

Im Planungsprozeß stellten sich dann Zielkonflikte heraus, wie z.B.

- Wirtschaftliche Nutzfläche versus Platzbedarf für Dämmung, Lüftungsschächte, Lüftungsschränke in Clustern u.v.m.

- Kostenobergrenzen und Rahmenbedingungen im geförderten Wohnungsbau versus Lebenszyklusbetrachtungen und Nachfolgekosten

- Ästhetik und Gemeinschaft versus konsequente Umsetzung von Energieeinsparung

Um diese Konflikte während des Planungsprozesses zukünftig zu vermeiden, sollte bereits in der Projekt-Konzeptentwicklung ein moderierter Dialog mit allen am Prozess Beteiligten (Planer, Projektsteuerung, Bauherr und Genossen) geführt werden. Weitere Optimierungsmöglichkeiten gibt es vor allem in der stärkeren Berücksichtigung der Konsequenzen für die Bewirtschaftung der Häuser.

Dennoch: Unsere sehr anspruchsvollen Projektziele wurden größtenteils erreicht!“

Elisabeth Hollerbach, wagnis eG (Projektleitung)



Abb. 63: Workshop Nachhaltigkeit mit Bauherrin, Planern, Obersten Baubehörde und TU München (Oktober 2015)

Als Werkzeuge für den Entscheidungsprozess bieten sich an:

- Entwicklung einer **Nachhaltigkeits-Vision** bei Projektbeginn
- Entwicklung einer **projektbezogenen Definition** des Begriffes Nachhaltigkeit
- Verständigung über einzelne Aspekte der Nachhaltigkeit mit konkreten, nachprüfbaren **Indikatoren**
- Beratung zum Thema Nachhaltigkeit: Moderation des Prozesses durch einen **Nachhaltigkeitskoordinator**
- **Checkliste** mit Nachhaltigkeitsindikatoren als Grundlage zur Beurteilung von Varianten
- Organisation in **Arbeitsgruppen**: Aufgabenverteilung zur Verfolgung der projektspezifischen Nachhaltigkeitszielen
- **Zukünftige Bewohner** als Entwickler der Nachhaltigkeits-Vision und als Multiplikatoren einbinden

Konzeptstudien: Durch die Architekten erarbeitete und partizipativ weiterentwickelte Entwurfsvarianten

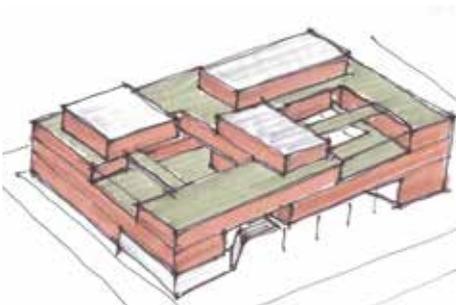


Abb. 64: Entwurf „Pueblo“ (verworfen)

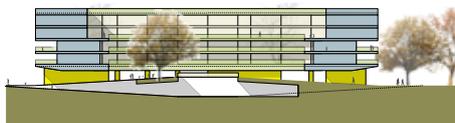


Abb. 65: Entwurf „Ring“ (verworfen)



Abb. 66: Entwurf „Steine“ (realisiert)

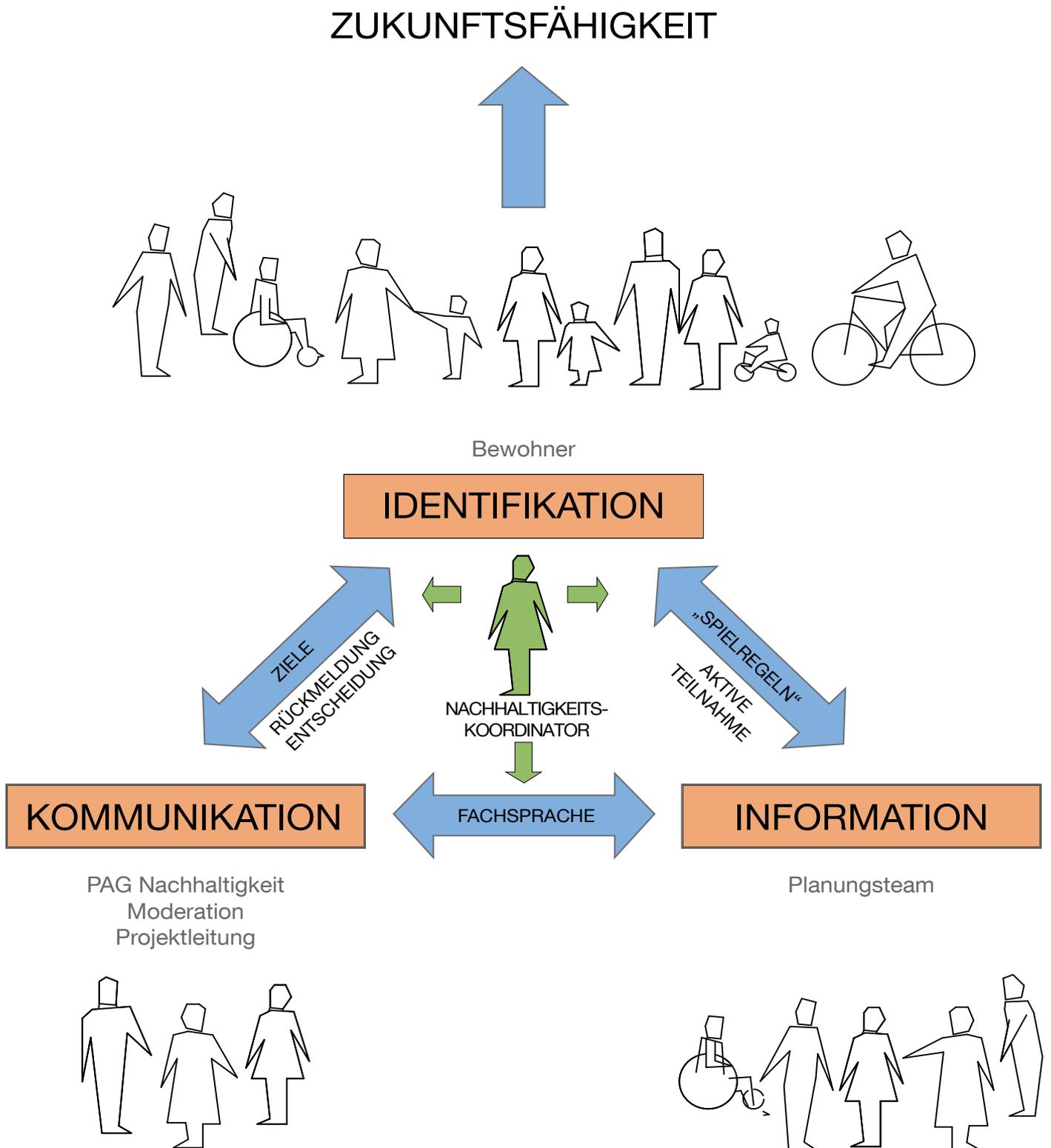


Abb. 67: Partizipativer Abstimmungsprozess als Grundlage der Zukunftsfähigkeit künftiger Wohnbauprojekte

5 Zusammenfassung und Ausblick



Abb. 68: Der urbane Innenhof von wagnisART (September 2016)

Das Projekt wagnisART stellt ein Ausnahmeprojekt dar, da es in einem stark partizipativ organisierten Prozess entwickelt wurde. Dadurch ist eine Vergleichbarkeit mit Standard- oder Referenzprojekten kaum gegeben - ebenso wenig wie eine Beurteilung durch ein einschlägiges Zertifizierungssystem, sondern es können und müssen eigene Zielvereinbarungen für die Zukunftsfähigkeit des Projektes getroffen werden.

Die Ergebnisse der Begleitforschung sind für Projekte mit ähnlich ambitionierten Zielen sehr gut übertragbar. Dazu gehören Genossenschaften oder Baugruppen, die ein ganzheitlich nachhaltiges Projekt planen. Für ein solches Projekt ist die nachhaltige Nutzung von Ressourcen ebenso von großem Interesse wie die Suche nach hoher sozialer Qualität unter Berücksichtigung der ökonomischen Ressourcen der Bewohner und Nutzer.

5.1 Nachhaltigkeit bei wagnisART

Zum Thema Nachhaltigkeit waren beim Projekt wagnisART folgende Entscheidungskriterien ausschlaggebend:

Die **soziale Nachhaltigkeit**, die von den drei Teilgebieten Ökonomie, Ökologie und Soziales am wenigsten quantifizierbar ist, ist im Projekt wagnisART durch gemeinschaftsfördernde Architektur und Raumgestaltung erreicht worden. Hier spielen die Ergänzung der Wohnnutzung durch gemeinschaftliche und öffentliche Nutzungen ebenso eine entscheidende Rolle wie die großzügigen Zirkulationsflächen, die Begegnung fördern, und die Verbindung der Gebäude untereinander durch Brücken in den oberen Stockwerken.

Um die **ökonomische Nachhaltigkeit** des Projektes näher zu untersuchen, wären vergleichende Lebenszykluskostenberechnungen notwendig. Ebenso sollte der Einfluss der Kriterien des geförderten Wohnungsbaus auf die ökonomische Nachhaltigkeit unterschiedlicher Projekte mit den Erfahrungen des vorliegenden Projektes verglichen werden. Insgesamt kann festgestellt werden, dass im Fall von wagnisART durch die Mischung der Wohnungsgrößen und -grundrisse sowie die Organisation als Genossenschaft vielversprechende Weichen für die Identifikation der Bewohner mit ihren Gebäuden und für die Flexibilität des Projektes gestellt wurden; dies sind wichtige Eckpunkte für eine langfristige ökonomische Robustheit des Wohnbauprojektes.

Die **ökologische Nachhaltigkeit** wurde besonders durch den ambitionierten Energiestandard Passivhaus, die teilweise Deckung des Strom-



Abb. 69: Die halböffentlichen Terrassen und Brücken (September 2016)



Abb. 70: Geschlossener Sonnenschutz (September 2016)



Abb. 71: Visuelle Verbindung der beiden unterschiedlichen Innenhöfe durch Brücken in der Dachebene (September 2016)



Abb. 72: Gemeinsames Reinemachen nach Erstbezug (September 2016)



Abb. 73: Dorfplatz und Brücken (September 2016)



Abb. 74: Tiefenstaffelung der halböffentlichen Bereiche (September 2016)

bedarfs durch eine Photovoltaikanlage, die Verwendung des nachwachsenden Rohstoffes Holz und die Reduktion des Stellplatzschlüssels durch ein Mobilitätskonzept umgesetzt. Im untersuchten Projekt wurde nachgewiesen, dass wagnisART in allen derzeit in Deutschland für den Wohnungsbau zutreffenden Zertifizierungssystemen in den Kriterien der Ökobilanz sehr gut abschneiden würde.

Die graue Energie (s. Kasten S. 11) des Projektes beträgt über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ca. 23% des Gesamtprimärenergieeinsatzes. Dieser Anteil verändert sich je nach Bauweise und berechnetem Energiestandard. Für das Haus Asien, das in einer Variantenstudie näher untersucht wurde, variiert der Anteil grauer Energie zwischen 19% bei einer Massivholzfassade im EnEV 2009-Standard und 28% bei einer Holzrahmenbauwand im Passivhausstandard. Dies bestätigt die Annahme, dass mit steigendem Energiestandard die Bauweise größere Bedeutung für den Gesamtenergiebedarf erlangt.

5.2 Stellschrauben der Nachhaltigkeit

Wie in Kapitel 3 erläutert, spielen Energiestandard und -versorgung, Bauweise des Tragwerks, Vorhandensein einer Tiefgarage und Anzahl der Stellplätze und die Bauweise der Fassade in absteigender Reihenfolge eine Rolle bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen und des Verbrauchs fossiler Energien.

- Die **Gebäudekubatur** ist von größter Relevanz, da sie nicht nur das architektonische Erscheinungsbild prägt, sondern sowohl Einfluss auf den Flächenverbrauch der Bewohner als auch auf ihren Energieverbrauch hat. Die eingestellten Loggien erhöhen zwar die Komplexität der Wärmebrücken, bieten aber gleichzeitig Sonnenschutz und eine Gliederung der Fassade.
- Die Gebäudekubatur hat außerdem Einfluß auf die **Wahl des Tragwerks**, die wegen der hohen Lasten aus den Dachgärten, der komplexen Geometrie und aus Brandschutzgründen auf Stahlbeton fiel. Durch ein Holztragwerk könnte der nicht erneuerbare Primärenergieinhalt des Gesamtgebäudes (nur Konstruktion ohne Betriebsphase) um 22% und die CO₂-Emissionen um 28% gesenkt werden. Brandschutz- und Kostenfragen in Bezug auf die Holzbauweise wurden im vorliegenden Projekt nicht behandelt.
- Die Entscheidung für den **Passivhausstandard** ergab im Vergleich zum EnEV 2009-Standard große Einsparungen in den Bereichen nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhauspotenzial. Gleichzeitig stellt der Passivhausstandard hohe Anforderungen an die Ausführung der

Gebäudehülle und der Haustechnik und schränkt die Auswahl der zertifizierten technischen Komponenten ein.

- Die Konstruktion der **Außenwand in Holzrahmenbauweise** erhöht den Anteil nachwachsender Rohstoffe am Bau. Insgesamt können durch diese Konstruktionsweise je nach Materialwahl zwischen 3% und 7% nicht erneuerbare Primärenergie und CO₂-Emissionen im Vergleich zu einer konventionellen Mauerwerksbauweise eingespart werden. Darüber hinaus sorgt die Holzrahmenbauweise für einen Flächengewinn, da sie die erforderlichen U-Werte bei geringerer Wandstärke als eine Mauerwerksfassade erreicht und somit Wohnflächengewinne bei gleichem Gebäudeumfang ermöglicht werden.
- Die Verwendung einer **Photovoltaikanlage** erhöht den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung. Gerade weil unter Umständen der Haushaltsstrombedarf den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf für Heizung und Warmwasser überschreitet, ist die Stromerzeugung am Objekt ein entscheidender Baustein für eine nachhaltige Energieversorgung.
- Die **Dachgärten** stehen in Nutzungskonkurrenz zur Photovoltaikanlage und stellen wegen ihrer hohen Lastanforderung einen nicht zu vernachlässigenden Faktor bei der Wahl des Tragwerkes dar. Insgesamt leisten sie aber einen entscheidenden Beitrag zur sozialen Nachhaltigkeit des Projektes, da sie einen beliebten und konzeptionell notwendigen Aufenthalts- und Begegnungsort bieten.

5.3 Handlungsempfehlungen

Als notwendigste der Handlungsempfehlungen wurde die Veränderung des Planungsprozesses im Hinblick auf das Thema Nachhaltigkeit identifiziert. Zunächst ist die Entwicklung eines projektspezifischen Nachhaltigkeitskonzeptes mit Hilfe eines externen Beraters zu Beginn des Projektes zu empfehlen (s. Kapitel 4). Daraus sollten konkrete Zielvereinbarungen erarbeitet werden. Dieser Prozess findet am besten vor Erlangung der Planungsreife eines Bebauungsplanes, aber spätestens vor dem Grundstückserwerb statt. Zu den Zielvereinbarungen gehören quantifizierbare Faktoren wie Energieeinsparung, Minimierung des Ausstoßes von Treibhausgasen oder Verwendung nachwachsender Rohstoffe ebenso wie weiche Faktoren wie Qualitäten der Wohnungen oder der Gemeinschaftsflächen. Hierbei ist zu beachten, dass im Rahmen des Nachhaltigkeitskonzeptes klare Prioritäten gesetzt werden müssen, da oftmals Zielkonflikte im Laufe des Projektes entstehen, für die eine Entscheidungsgrundlage vorab geschaffen werden muss. Darüber hinaus sollten Zielwerte über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes betrachtet werden.



Abb. 75: Wege und öffentliche Flächen auf verschiedenen Ebenen (September 2016)



Abb. 76: Erste Anpflanzungen im Oasenhof (September 2016)

Aus der wissenschaftlichen Begleitung des Projektes lassen sich folgende Handlungsempfehlungen für die Reduktion von Treibhausgasemissionen und des Verbrauchs fossiler Energien ableiten:

- Zunächst ist im Lebenszyklus des Gebäudes immer noch der **Energie- und Ressourcenverbrauch** in der Betriebsphase ausschlaggebend, solange die Energieversorgung nicht komplett aus erneuerbaren Energien erfolgt. Für letzteres ist allerdings eine Minimierung des Bedarfs im Betrieb ebenso Voraussetzung. Priorität sollte also weiterhin zunächst auf die Minimierung des Energiebedarfs im Betrieb gelegt werden. Im Sinne von Suffizienzstrategien müssen dabei Faktoren wie die Größe der Wohnflächen und das Nutzerverhalten mit einbezogen werden, um Rebound-Effekte zu vermeiden. Der Haushaltsstromverbrauch hat sich darüber hinaus als sehr relevant erwiesen, so dass ein Einbeziehen dieser Größe, obwohl sie derzeit in Berechnungen gemäß der gültigen EnEV vernachlässigt wird, für den Lebenszyklus-Energiebedarf entscheidend ist.
- Bei der Untersuchung der Herstellungsphase ist zu beachten, dass die **Verwendung nachwachsender Rohstoffe** eine Verringerung des Treibhausgasausstoßes, aber nach derzeitigen Rechenverfahren nicht immer eine Verringerung des Primärenergiebedarfs zur Folge hat. Da aus der Verwendung nachwachsender Rohstoffe oft Zielkonflikte mit anderen Leistungskriterien wie Schallschutz, Brandschutz oder Statik entstehen, muss die Entscheidung über ihre Verwendung, besonders für das Tragwerk, sehr früh im Planungsprozess getroffen werden.
- Die **Lebenszyklusphase der Entsorgung** wird derzeit in Ökobilanzen noch positiv bewertet, wenn eine thermische Verwertung anfallender Abfallstoffe erfolgen kann. Dies sollte vor dem Hintergrund von Strategien hin zu einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen neu bewertet werden. Zukünftige Projekte können hierzu durch die Verwendung recycelter Baumaterialien und durch die Erstellung von Rückbau- und Recyclingkonzepten beitragen.
- Da **unterirdische Gebäudeteile** aufgrund der großen benötigten Massen an Beton und Bewehrungsstahl ein hohes Treibhauspotenzial verursachen, lohnt es sich im Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit besonders auf die Reduktion von Flächen für Parkplätze zu achten oder notwendige Stellplätze in anderer Form zu organisieren.
- Für die Zukunftsfähigkeit von genossenschaftlichen Wohnungsbauprojekten ist die Vorbereitung des Projektes mit einer „**Leistungsphase 0**“ von entscheidender Bedeutung (s. Kapitel 4). Hierbei wäre die Unterstützung durch einen Nachhaltigkeitsberater und Moderator ein vielversprechender Ansatzpunkt.



Abb. 77: wagnisART aus der Luft (Oktober 2016)

5.4 Fazit und Ausblick

Am vorliegenden Projekt wurde die wissenschaftliche Begleitung der ökologischen Nachhaltigkeit zu einem Zeitpunkt begonnen, zu dem die meisten Planungsentscheidungen schon getroffen waren. Dennoch konnten für zukünftige Projekte wichtige Erkenntnisse der ökologischen Kriterien Energiebedarf und Treibhausgasausstoß über den gesamten Lebenszyklus gewonnen werden.

Für Folgeprojekte sollte die wissenschaftliche Begleitung schon ab der Projektentwicklung begleiten und beraten, um ein ganzheitliches projektbezogenes Nachhaltigkeitskonzept entwickeln und bestmöglich umsetzen zu können. Dadurch können die Nachhaltigkeitskriterien klar definiert und projektbegleitend nachgewiesen werden, so dass eine breite und wissenschaftlich fundierte Basis für Planungsentscheidungen zur Verfügung steht. Zusätzlich sollten ökologische Untersuchungen auf weitere Kriterien neben der grauen Energie und dem Treibhauspotenzial ausgeweitet werden. Hier wären beispielsweise Schadstoffe in Baustoffen zu nennen, die beim vorliegenden Projekt im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung nicht behandelt werden konnten.

Die Zukunftsfähigkeit des Projektes wagnisART wurde wesentlich durch die Planung im Dialog mit den Bewohnern in Kombination mit der planungsrechtlichen Flexibilität der städtebaulichen Situation und der Förderung mit öffentlichen Mitteln hinsichtlich Klimaschutz, Energieeffizienz und sozialer Nachhaltigkeit positiv beeinflusst.

Abb. 78: Haus Asien nach Bezug im Herbst 2016



Literaturnachweis

- [1] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (sia): Merkblatt 2032 Graue Energie von Gebäuden. Zürich, 1. Auflage, 2009-11
- [2] V. Hauff (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Eggenkamp Verlag, Greven 1. Auflage 1987
- [3] www.2000watt.ch/die-2000-watt-gesellschaft/umsetzung (zuletzt aufgerufen am 15.09.2016 / 11:00)
- [4] W. McDonough, M. Braungart : Cradle to cradle - remaking the way we make things. North Point Press, New York, 2002
- [5] Verein Deutscher Ingenieure e.V.: VDI-Richtlinie 4600, Januar 2012: Kumulierter Energieaufwand (KEA). Begriffe, Berechnungsmethoden. Beuth Verlag, Berlin, 2012
- [6] Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen Büro- und Verwaltungsgebäude (BNB_BN) Kriterium 1.1.1 Ökologische Qualität – Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt – Treibhauspotenzial. www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebaeude/neubau/v_2015 /BNB_BN2015_111.pdf (zuletzt aufgerufen am 08.09.2016 / 10:00)
- [7] F. Nemry, A. Uihlein: Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings (IMPRO-Building). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2006
- [8] GEWOFAG et.al.: Wohngebäude an der Friedenspromenade und der Georg-Kerschensteiner-Strasse in München, Ökologische und ökonomische Bewertung. München 2003
- [9] G. Hauser, N. Eßig, T. Lützkendorf: Durchführung einer Pilotphase für die Bewertungsmethode „Kleinwohnhausbauten (Ein- und Zweifamilienhäuser)“. Durchgeführt im Auftrag der Stiftung für Forschungen im Wohnungs- und Siedlungswesen, Berlin, München 2015
- [10] www.wagnis.org/wagnis/ueber-wagnis/genossenschaft.html (zuletzt aufgerufen am 15.09.2016 / 11:00)
- [11] DIN EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag, Berlin, 2006
- [12] DIN EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode. Beuth Verlag, Berlin, 2011
- [13] <http://www.dgnb.de/dgnb-ev/de/verein/> (zuletzt aufgerufen am 30.10.2016 / 09:00)
- [14] Bayerische Bauordnung, in der Fassung vom 14.08.2007, zuletzt geändert am 24.07.2015. GVBI S. 588, BayRS 2132-1-I
- [15] DIN 277:2016-1 Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen, Teil 1 Hochbau. Beuth Verlag, Berlin, 2016
- [16] <http://localpool.de/fragen-und-antworten/> (zuletzt aufgerufen am 30.10.2016 / 10:00)
- [17] Stellplatzsatzung StPIS der LH München vom 19.12.2007. aufgerufen unter http://www.muenchen.info/dir/recht/926/926_20071219.pdf (zuletzt am 30.10.2016 / 09:30)

Abkürzungsverzeichnis

BayBO	Bayerische Bauordnung
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -Äquiv.	Kohlendioxid-Äquivalente (Einheit für das Treibhauspotenzial)
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENPB	Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen
GJ	Gigajoule (1 GJ = 1000 MJ)
GWP	Global Warming Potential (Treibhauspotenzial)
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IBP	(Fraunhofer) Institut für Bauphysik
kWP	Kilowatt Peak
kWh	Kilowattstunde
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MJ	Megajoule (1 MJ = 3,6 kWh)
NaWoh	Bewertungssystem Nachhaltiger Wohnungsbau
NWG	Nichtwohngebäude
PAG	Projektarbeitsgruppe
PE ne / e	nicht erneuerbare / erneuerbare Primärenergie
PV	Photovoltaik
SBS	Sustainable Building Specifier
SWM	Stadtwerke München
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
WFB	Wohnraumförderungsbestimmungen
WG	Wohngebäude

Abbildungsnachweis

Folgende Abbildungen wurden mit freundlicher Genehmigung der Autoren verwendet:

Wolfgang Beyer: Abb. 2, 8, 9

Karl Hartmann: Abb. 10, 12, 13, 46, 69, 70, 71, 77

Ingo Heidelberg: Abb. 15, 16, 49, 50 - 62, 66

Michael Heinrich: Abb. 20, 75, Foto S. 2

Andreas Löwenhauser: Abb. 3, 4, 14, 73, 76

Julia Knop: Abb. 68, 78

Monika Schwarz: Abb. 42, 43

Folgende Abbildungen wurden von den Projektbeteiligten erstellt:

bogevischs buero: Abb. 64, 65; Abb. 1, 17, 18, 19, 22, 32 (bearbeitet)

Energie System Technik GmbH: Abb. 45, 47; Abb. 48 (bearbeitet)

Kathrin Schäfer: Abb. 72, 74, Titelfoto (im Auftrag der Obersten Baubehörde)

henke rapolder frühe Ingenieurgesellschaft mbH: Abb. 29, 31

wagnis eG, Elisabeth Hollerbach: Abb. 44 (bearbeitet)

Alle weiteren Abbildungen wurden durch den Lehrstuhl ENPB erstellt.

Projektbeteiligte

Wohnbaugenossenschaft wagnis eG
Elisabeth Hollerbach, Projektleitung
Jörg Knorre, PAG Nachhaltigkeit

bogevischs buero architekten &
stadtplaner GmbH

Dipl.-Ing. Julius Klaffke

Dipl.-Ing. Rainer Hofmann

Dipl.-Ing. Cornelia Müller

Schindler | Hable Architekten GbR

Dipl.-Ing. Walter Hable

Dipl.-Ing. Udo Schindler

Planung in Zusammenarbeit mit

Architekturbüro Christian Köhler

ARGE bauchplan Auböck/Kárász

Steger & Partner GmbH

henke rapolder frühe

Ingenieurgesellschaft mbH

Dipl.-Ing. Thomas Linder

Dr.-Ing. Peter Henke

Energie System Technik GmbH

Dipl.-Ing. Michael Brünner

Dipl.-Ing. Michael Wittmer

Dipl. Wirtsch. Phys. Stefan Moosreiner

Technische Universität München

Lehrstuhl für energieeffizientes und

nachhaltiges Planen und Bauen

Prof. Dr.-Ing. Werner Lang

Dipl.-Ing. Patricia Schneider

Lilly Brauner, cand.arch.

Jürgen Priesner, B.Sc.

Oberste Baubehörde

im Bayerischen Staatsministerium des

Innern, für Bau und Verkehr

Sachgebiet Technische Angelegenheiten

des Wohnungsbaus, Experimenteller

Wohnungsbau

Dipl.-Ing. Karin Sandeck

Dipl.-Ing. Florian Plajer

Dipl.-Ing. Franziska Spreen

Impressum



Herausgeber Oberste Baubehörde
im Bayerischen Staatsministerium des Innern,
für Bau und Verkehr
Sachgebiet Technische Angelegenheiten des
Wohnungsbaus, Experimenteller Wohnungsbau
Franz-Josef-Strauß-Ring 4
80539 München
www.innenministerium.bayern.de

Auftraggeber Wohnbaugenossenschaft wagnis eG
Petra-Kelly-Straße 29
80797 München
www.wagnis.org

Verfasser Technische Universität München
Lehrstuhl für energieeffizientes und nachhaltiges
Planen und Bauen
Prof. Dr.-Ing. Werner Lang
Dipl.-Ing. Patricia Schneider
Arcisstr. 21
80333 München
www.enpb.bgu.tum.de

Gestaltung, Satz und Layout Dipl.-Ing. Patricia Schneider
Dipl.-Ing. Florian Plajer

Redaktion des Herausgebers Dipl.-Ing. Karin Sandeck
Dipl.-Ing. Florian Plajer

Titelfoto Kathrin Schäfer, München

Druck Gebr. Geiselberger, Altötting
gedruckt auf umweltzertifiziertem Papier.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Experimenteller
Wohnungsbau



Weitere Informationen zum Experimentellen Wohnungsbau stehen im Internet zur Verfügung: www.experimenteller-wohnungsbau.bayern.de

© Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr, alle Rechte vorbehalten.

München, im Januar 2017

Hinweis

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Wollen Sie mehr über die Arbeit der Bayerischen Staatsregierung erfahren?

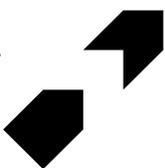
BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung.

Unter Telefon 089 12 22 20 oder per E-Mail an direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.





Experimenteller
Wohnungsbau



Bayern.
Die Zukunft.

www.innenministerium.bayern.de