CONSOLIS

DW SYSTEMBAU

SONDERDRUCK

Prinzipien des nachhaltigen Konstruierens bei Geschossbauten

auf Grundlage der Dissertation von Dr.-Ing. Christopher Kämereit (2019)

1 Prinzipien des nachhaltigen Konstruierens bei Geschossbauten

auf Grundlage der Dissertation von Dr.-Ing. Christopher Kämereit (2019)

Dem Bauwesen kommt als energie- und materialintensiver Wirtschaftszweig eine besondere Rolle bei der Reduktion des Energie- und Rohstoffverbrauchs sowie des Schadstoffausstoßes zu. Weil größere Einsparpotentiale durch mehr Energieeffizienz in der Anlagentechnik und erhöhte Dämmstandards nicht mehr signifikant zu erwarten sind, muss sich zukünftig der Fokus im Bausektor vertiefend auf die Herstellung und Instandhaltung der Konstruktionen richten. Zentrale Bedeutung bei der Steigerung der Nachhaltigkeit eines Gebäudes besitzt die Konstruktion. Tragwerke, die auf Prinzipien des nachhaltigen Konstruierens basieren und eine lange Lebensdauer des Gebäudes sicherstellen, leisten einen wesentlichen Beitrag zur Einsparung von schädlichen Umwelteinwirkungen. Sie garantieren damit den langfristigen Erhalt der bei ihrer Herstellung investierten Energie und steigern die Ressourceneffizienz durch die dauerhafte Nutzung der verbauten Werkstoffe.

Dr.-Ing. Christopher Kämereit hat im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Technischen Universität Dortmund seine Dissertation zur „Rolle der Konstruktion in der nachhaltigen Gebäudeplanung" verfasst. Hierbei hat er u. a. Konstruktionsvarianten für ein typisches, innerstädtisches Wohn- und Geschäftshaus untersucht und konventionelle Ortbetonbauweisen (Varianten 1a und 1b) mit modularen Betonfertigteilbauweisen (2a und 2b) verglichen. Dabei legt Dr.-Ing. Kämereit seinen Fokus auf flexible Konstruktionen. Seine Gebäudekonzepte ermöglichen architektonisch und funktional eine Vielzahl von Grundriss- und Nutzungsänderungen (Abb. 4.1).

Dr.-Ing. Christopher Kämereit
geboren **1988** in Hagen

2008-2014 Studium Bauingenieurwesen, Vertiefung Konstruktiver Ingenieurbau, Technische Universität Dortmund

2014-2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Tragkonstruktionen, Technische Universität Dortmund

2019 Promotion zum Dr.-Ing., Dissertation: "Zur Rolle der Konstruktion in der nachhaltigen Gebäudeplanung"

2019-dato BAM Sports GmbH, Stadien- & Sportstättenbau

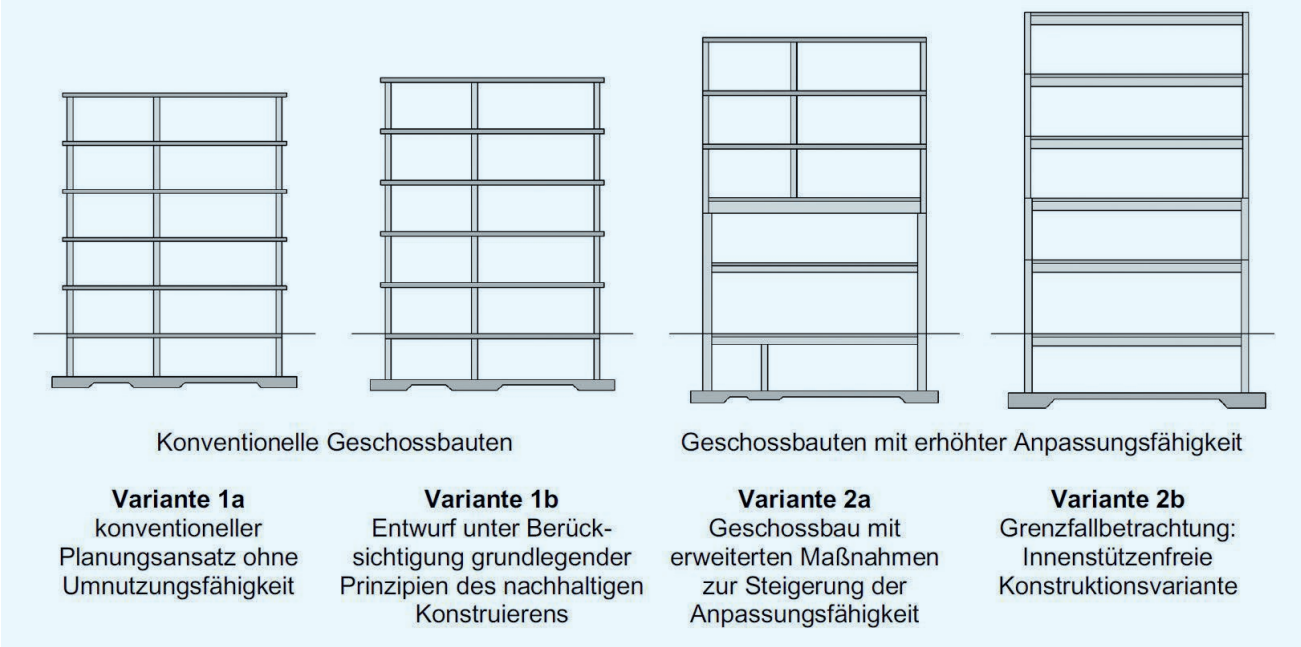


Abbildung 4.1 Konstruktionsvarianten

1.1 Grundlegende Maßnahmen zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit

Durch die Berücksichtigung grundlegender Maßnahmen zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit der Konstruktion lässt sich ein Geschossbau mittels vergleichsweise geringer Mehrinvestitionen in das Tragwerk auf sich verändernde funktionale Anforderungen vorbereiten. Ausgewählte Maßnahmen werden nachfolgend für die Konstruktionsvariante 1b besprochen:

- **Kompakte Baukörper**
  Elementar für einen nachhaltigen Gebäudeentwurf ist ein kompakter Baukörper, der die Anforderungen verschiedener potentieller Nutzungsszenarien im Entwurfsprozess berücksichtigt.
- **Bauart und Konstruktionsraster**
  Eine nachhaltige Konstruktion ist charakterisierbar durch eine hohe Durchlässigkeit, ihren regelmäßigen Aufbau, keine tragenden Innenwände und die strikte Ausbildung des Tragwerks in Skelettbauweise.
- **Ausreichende Geschosshöhen**
  Als vergleichsweise einfach umzusetzende und zugleich hoch wirksame Maßnahme bei nutzungsspezifisch erhöhten Anforderungen (Funktionswechsel) und auch bei Anpassungen an der Gebäudetechnik.
- **Erhöhte Lastansätze**
  Eine hohe Belastbarkeit gilt als wesentliches Attribut einer nachhaltigen Konstruktion. Die Ausstattung der Konstruktion mit angemessenen Tragfähigkeitsreserven geht mit moderaten Investitionen in das Tragwerk einher und rechtfertigt sich durch die gesteigerte Anpassungsfähigkeit.

1.2 Erweiterte Maßnahmen zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit

In der Variante 2a stellt das Konstruktionskonzept die Anpassungsfähigkeit des Tragwerks weitergehend in den Mittelpunkt des Entwurfs. Der Tragwerksentwurf wird neben den vorgenannten grundlegenden Maßnahmen um weitere nachhaltigkeitsspezifische Aspekte ergänzt. Es werden die folgenden entwurfs-bestimmenden Ziele formuliert:

- **Nutzungsflexibilität und Umnutzungsfähigkeit**
  Der Entwurf soll variable Raumnutzungssituationen erlauben und für spätere Lebenszyklusabschnitte die Umnutzungsfähigkeit des Gebäudes fördern
- **Tragwerk mit Adaptierbarkeit**
  Planung eines Tragwerks, das einerseits mit Kapazitäten ausgestattet ist, um charakteristisch wiederkehrende Anpassungen ohne bauliche Eingriffe in die tragende Konstruktion zuzulassen, und andererseits auf ausgewählte Szenarien derart vorbereitet ist, dass konstruktive Eingriffe mit moderatem Aufwand umsetzbar sind.
- **Anpassungsfähigkeit Gebäudetechnik**
  Konstruktionsseitige Berücksichtigung von Anpassungsmöglichkeiten der technischen Gebäudeausrüstung.
- **Erweiterbarkeit der Gebäudestruktur**
  Entwurf einer Konstruktion, die für den Fall des Expansionsbedarfs die Option zur Erweiterung anbietet.
- **Vorhalten von Belastbarkeitsreserven**
  Ausstattung der Konstruktion mit einer großzügigen Tragfähigkeit und konzeptionelle Berücksichtigung von Belastbarkeitsreserven in ausgewählten Bereichen.

Das übergeordnete Ziel stellt die Konzeption einer Konstruktion dar, die eine lange Nutzungsdauer des Gebäudes garantiert und hierdurch einen Beitrag zur Einsparung von Umweltwirkungen leistet. Die angestrebte Nutzungsdauer der entworfenen Konstruktion wird mit ca. 100 Jahren festgesetzt.

1.2.1 Gebäudekonzept und Nutzungsplan

Zur Umsetzung verschiedener Gebäudekonzepte erstellt Dr.-Ing. Kämereit einen Nutzungsplan, den er in drei Zonen unterteilt:

Zone I: Regelgeschosse

Obere Geschosse, die durch die Funktionen Büro, Hotel und Wohnen charakterisierbar sind und in denen nur geringe bauliche Änderungen bei Veränderung des Nutzungskonzepts zu erwarten sind.

Abbildung 4.5 Nutzungsvarianten Regelgeschoss (Zone I)

Zone II: Erdgeschossnaher Bereich

EG und 1.OG kommen im innerstädtischen Bereich eine besondere Bedeutung zu. Sie sind durch Einzelhandel geprägt. Weitreichende Anpassungsmöglichkeiten müssen in diesen Zonen geschaffen werden. Um auf verschiedenartige Nutzungskonzepte vorbereitet zu sein, gehört hierzu auch die Option, einen repräsentativen, eventuell mehrgeschossigen, Eingangsbereich auszubilden zu können.

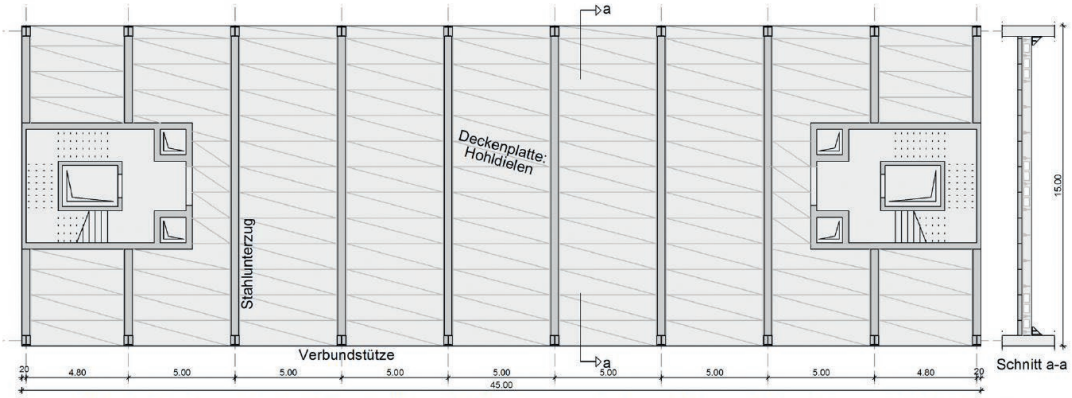


Bild 4 - Deckenuntersicht Decke über EG (Unterzugsdecke: stählerne Unterzüge und Hohldielen)

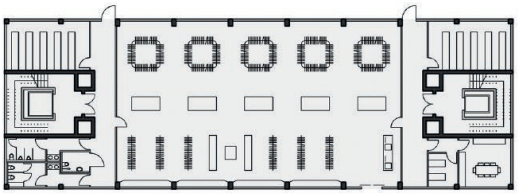


Bild 5 - Erdgeschoss Handelsnutzung

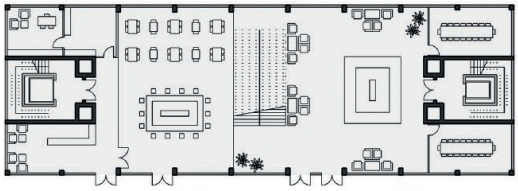


Bild 6 - Erdgeschoss Foyer und Bar

Abbildung 4.6 Nutzungsvarianten Zone II (EG, 1. OG)

Zone III: Untergeschoss

Künstlich belichtete Flächen für sekundäre Nutzungen als Technik- oder Lagerräume und optional als Parkgarage nutzbar.

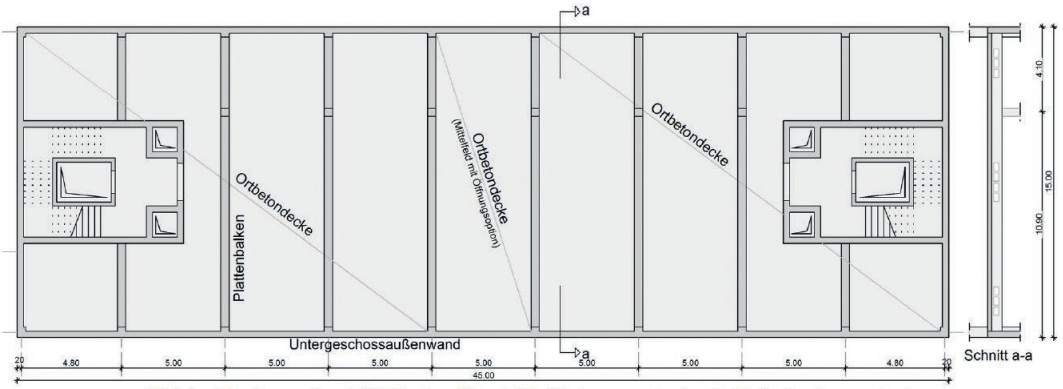


Bild 1 - Deckenuntersicht Decke über UG (Unterzugsdecke in Ortbetonbauweise)

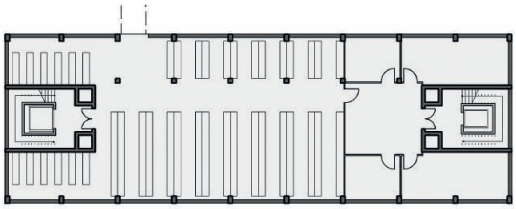


Bild 2 - Untergeschoss,
Nutzungsszenario Lager und Technik

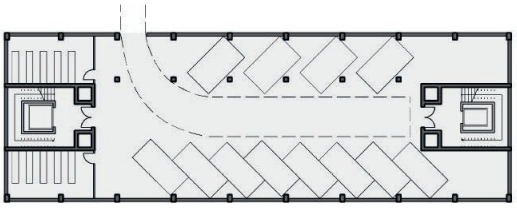


Bild 3 - Untergeschoss,
Nutzungsszenario Tiefgarage

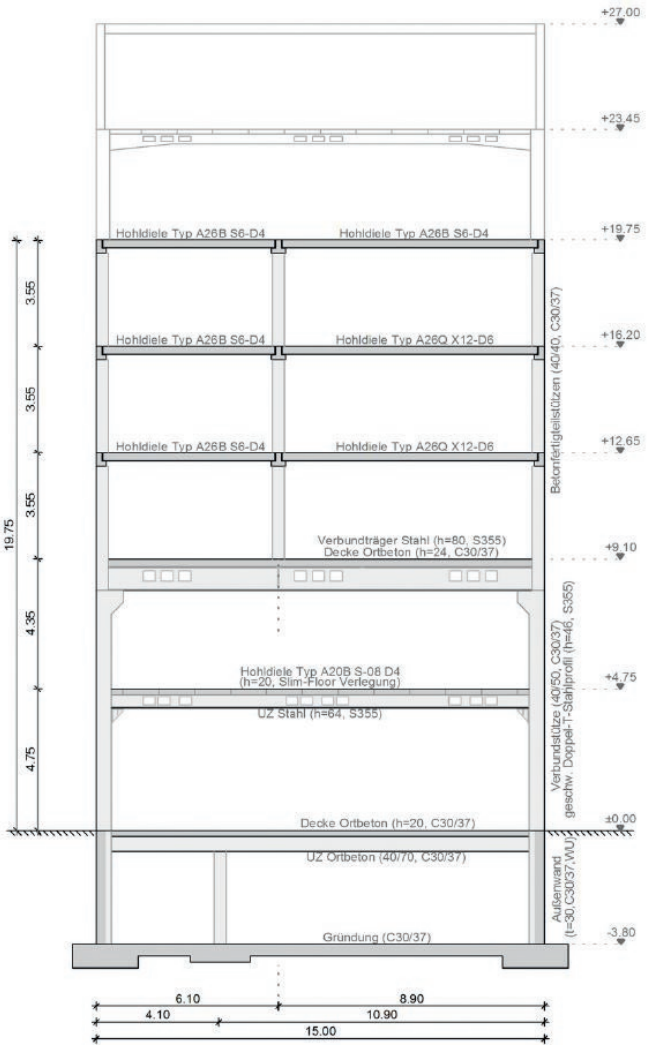
Abbildung 4.7 Nutzungsvarianten Zone III

1.2.2 Konstruktionsentwurf

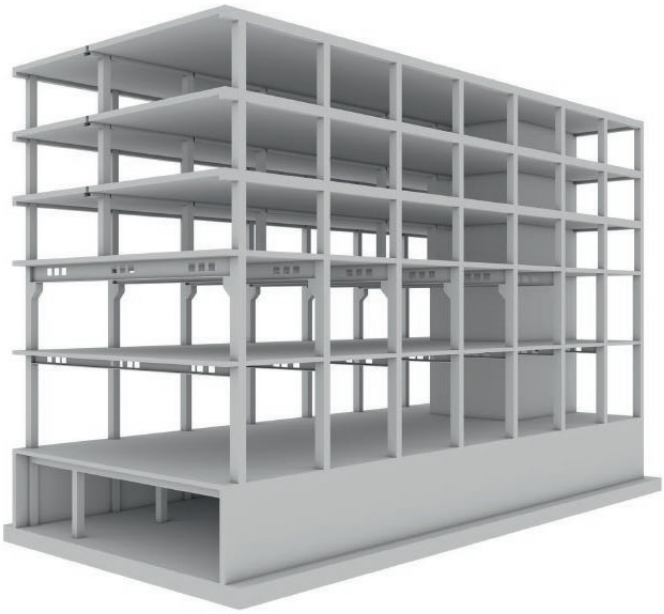
Auf Grundlage des entwickelten Nutzungsplans werden die Anforderungen zonenweise an den Tragwerksentwurf abgeleitet: Im Untergeschoss (Zone III), in dem ein geringer Bedarf an Veränderungen zu erwarten ist, wird eine robuste, langlebige Massivkonstruktion in monolithischer Bauweise vorgesehen.

Die Konstruktion der Regelgeschosse (Zone I) muss moderate strukturelle Modifikationen ermöglichen. Sie wird hierzu als dauerhafte Konstruktion mit modularen Spannbeton-Fertigdecken und einer innenliegenden Stützenreihe zur Begrenzung der Deckenspannweite ausgebildet.

Dem häufigen Nutzer- und Funktionswechsel im EG und 1. OG (Zone II) wird eine sehr anpassungsfähige, zweigeschossige Stahl-Verbundkonstruktion gerecht, die stützenfreie Innenräume schafft und eine hohe Belastbarkeit erlaubt. (Abb. 4.8)



Regelschnitt



Isometrie

Abbildung 4.8 Konstruktionsentwurf

1.2.3 Ausgewählte Maßnahmen zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit

Dr. Ing. Kämereit hat in seiner Dissertation für das Tragwerk folgende Annahmen getroffen, die die Anpassungsfähigkeit der Konstruktionsvariante 2a erhöhen:

a. Geschosshöhe

Die Regelgeschosse (Zone I) und das 1.OG (Zone II) wurden auf 3,30 m, das EG (Zone II) wurde auf 4,10 m und das Untergeschoss (Zone III) auf 3,10 m Nutzhöhe festgelegt. Der damit verbundene größere Höhenbedarf ist durch die vielfältigen realisierbaren Nutzungsvarianten gerechtfertigt.

b. Belastbarkeit

Für die Regelgeschosse (Zone I) wird pauschal mit Verkehrslasten von 3,0 kN/m² + 0,8 kN/m² Trennwandzuschlag gerechnet. Zusätzlich wird je Geschoss ein Mittelstreifen mit einer Verkehrslast von 6,0 kN/m² vorgesehen, um flexibel nutzbare höhere Lastbereiche, z. B. für Großgeräte in Arztpraxen oder Bibliotheks- und Archivbereiche, vorzuhalten.

Das EG und 1.OG (Zone II) besitzen gemäß Nutzungsplan das größte Veränderungspotential und werden mit einer Verkehrslast von 5,0 kN/m² pauschal gerechnet. Durch die elastische Bettung der Bodenplatte ist im Untergeschoss mit verhältnismäßig geringem Aufwand eine hohe Belastbarkeit erzielbar: Für eine Handelsnutzung Verkehrslasten von 5,0 kN/m² und als Lagerflächen Verkehrslasten von 7,5 kN/m². Auch hohe lokale Lasten aus technischen Anlagen oder der nachträglichen Ausrüstung des Gebäudes mit einem Sprinklertank (Änderung Brandschutzkonzept) sind im Untergeschoss umsetzbar. Die Primärstruktur (Stützen und Gründung) verfügt über weitere Lastreserven, die zur Erweiterung durch Aufstockung des Gebäudes um ein Vollgeschoss herangezogen werden können. Mit Kompensationsmaßnahmen bei den Lastansätzen innerhalb der Geschosse wäre auch ein 2. Vollgeschoss oder ein Voll- und ein Staffelgeschoss möglich

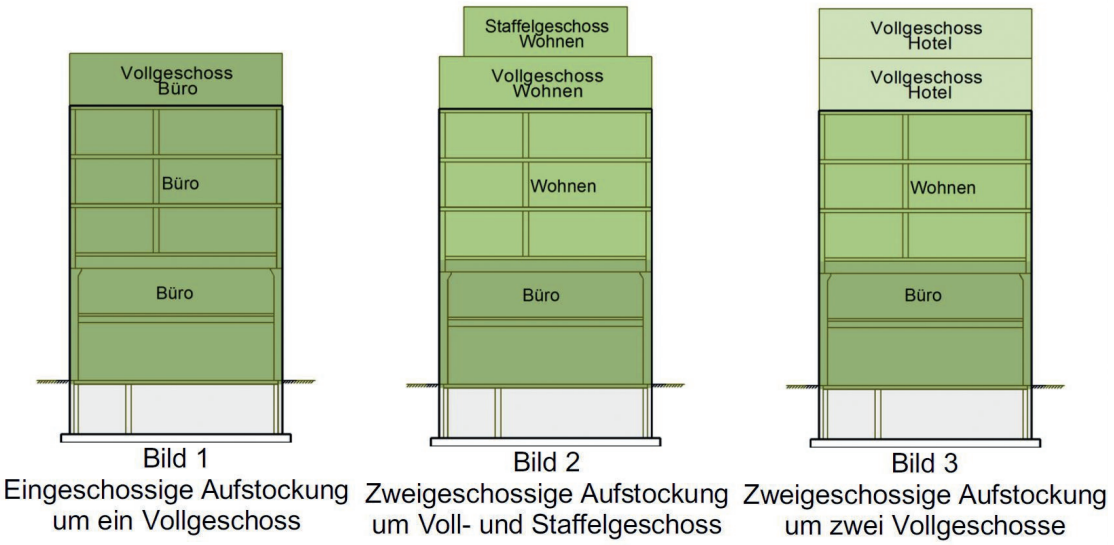
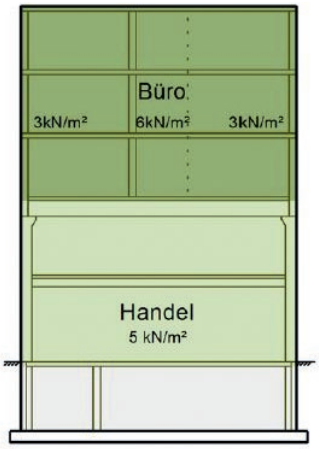


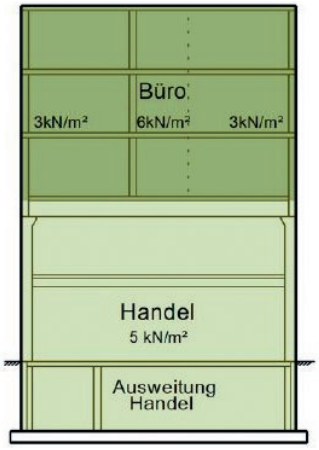
Abbildung 4.11 Erweiterungskonzepte

c. Zonenübergreifende Ausweitung von Nutzflächen

Neben der Möglichkeit zur Erhöhung der Flächenkapazität durch Aufstockung sieht das Gebäudekonzept eine Erweiterungsmöglichkeit von Nutzflächen auf benachbarte Geschosse vor, in denen diejenigen Funktionen zunächst nicht ansässig ist. So ist das Untergeschoss zunächst für Lagerflächen und Technikbereiche geplant, es kann durch seine Ausstattung und Lastansätze aber auch als zusätzliche Verkaufsfläche oder als Parkebene genutzt werden. Die zonenübergreifende Ausweitung der Handelsnutzung ist auch auf das 2. OG denkbar, auch wenn die Decke über dem 1.OG für dieses Szenario ertüchtigt werden müsste.

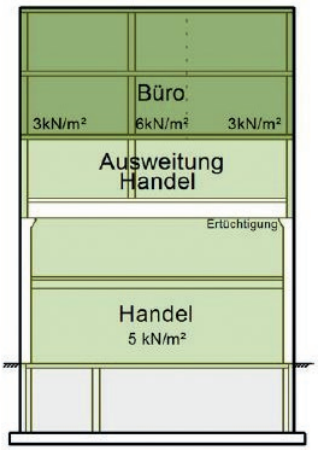


Szenario 0
Ausgangssituation



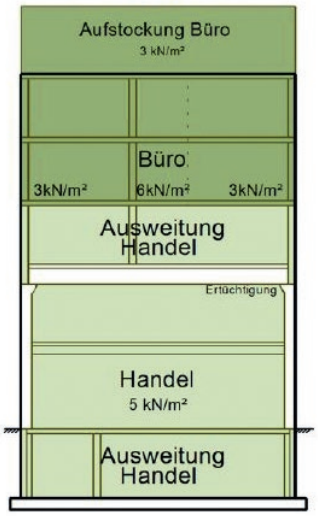
Szenario 1
Ausweitung Handelsnutzung auf Untergeschoss (Expansion Zone II)

Berücksichtigung dieses Szenarios beim Konstruktionsentwurf



Szenario 2
Ausweitung Handelsnutzung auf 2. Obergeschoss (Expansion Zone II)

Primärkonstruktion Handelsnutzung auf 2. Obergeschoss (Expansion Zone II)



Szenario 3
Ausweitung Handelsnutzung auf Untergeschoss und 2. Obergeschoss (Expansion Zone II)

Primär- und Sekundärkonstruktion zu ertüchtigen; ggf. Kompensationsmaßnahmen durch Verzicht auf Aufstockung

Abbildung 4.14 Zonenübergreifende Ausweitung von Nutzflächen und Auswirkungen auf die Konstruktion

d. Großraum im Erdgeschoss

Das entworfene Konstruktionsbeispiel bietet in Zone II (EG und 1.OG) umfangreiche Modifikationsmöglichkeiten und reagiert damit auf die erhöhten Anforderungen an diese Geschosse. Es stellt zwei innenstützenfreie Stockwerke zur Verfügung und eröffnet die Option zur Generierung eines Großraums durch den Ausbau der EG-Decke in einem späteren Lebenszyklusabschnitt. Die Elementgröße der Spannbeton-Fertigdecken sind möglichst gering gehalten (5,0 m x 1,2 m), so dass der Ausbau von Platten eine Vielzahl verschiedener Öffnungsvarianten erlauben. Denkbar sind sowohl einzelne diskrete Öffnungen zur Verbindung von EG und 1.OG (z.B. Erschließung der Handelsnutzung im 1.OG) als auch die Ausbildung eines mehrgeschossigen Großraums in Teilen des Gebäudes oder über die gesamte Grundfläche.

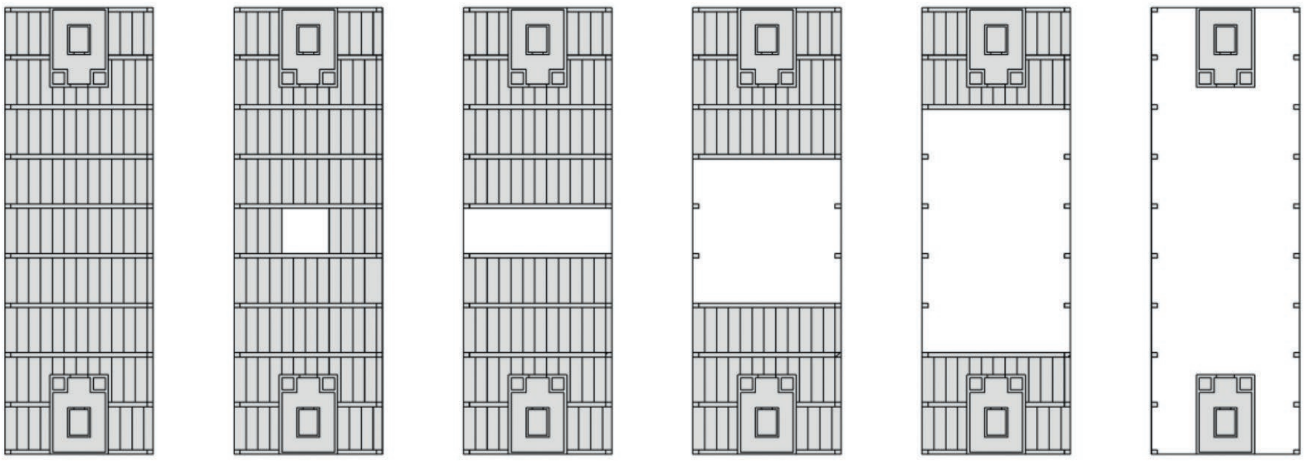


Abbildung 4.16 Gestaltungsvarianten Decke über EG

1.2.4 Freitragende Konstruktionsvariante

Mit der innenstützenfreien Entwurfsvariante 2b zeigt Dr.-Ing. Kämereit eine weitere Konstruktionsvariante mit erhöhter Anpassungsfähigkeit auf. Die Konstruktion wird für das vorliegende Mustergebäude als klassischer Verbundbau mit Ortbetondecke auf geschweißten I-Profilen geplant. Durch den Verzicht auf die bei den anderen Varianten vorgesehene Innenstützenachse gewährt die Verbundkonstruktionen einen frei verfügbaren Grundriss in allen Geschossen.

Der erhöhten Nutzungsflexibilität steht aufgrund der deutlich größeren Konstruktionshöhe des freitragenden Deckensystems eine steigende Geschosshöhe gegenüber. Im Vergleich zur modular aufgebauten Konstruktion der Variante 2a ist die Anpassungsfähigkeit der Verbundkonstruktion im Vertikalen als eingeschränkt zu werten. Auch zeigen die Grundrissvarianten der Konstruktion 2a, dass in den Regelgeschossen überlegt positionierte Innenstützen mit den nutzungsspezifischen Anforderungen vereinbar sind. Das Angebot stützenfreier Räume im EG und 1.OG erlaubt darüber hinaus die Integration von Funktionen mit erhöhten Anforderungen.

Die Variante 2a kann im direkten Vergleich mit Konstruktionsentwurf 2b bestehen. Sie stellt in den entsprechenden Gebäudezonen die benötigte Grundrissflexibilität bedarfsgerecht zur Verfügung. Gleichzeitig begrenzt dieser Ansatz den bei Herstellung hervorgerufenen ökologischen Footprint und die Kosten auf ein verträgliches Maß.

1.3 Vergleich von Konstruktionsvarianten

Um die Nachhaltigkeit der beschriebenen Tragwerksvarianten ganzheitlich zu beurteilen, sind zum einen die ökologischen Wirkungen, die mit dem Bau der Konstruktion einhergehen, zu betrachten. Zum anderen gilt es den Nutzen, den die jeweilige Konstruktion durch ihre Anpassungsfähigkeit für spätere Lebenszyklusabschnitte bereithält, einzuschätzen und das Potential zur Verlängerung der Lebensdauer zu bewerten.

1.3.1 Umweltwirkungen

Die werkstoffbezogene Betrachtung zeigt, dass der Beton nicht nur den größten Masseanteil an den untersuchten tragenden Konstruktionsvarianten besitzt, er benötigt zur Herstellung auch die meiste Energie und verursacht den Großteil der Schadstoffemissionen bei Gebäudeherstellung. Bei der bauteilbezogenen Auswertung zeigt sich außerdem, dass die Decken mit ihrem hohen Masseanteil auch den größten Anteil am Primärenergiebedarf und Treibhausgaspotential besitzen (Abb. 4.20).

Zur Bewertung des ökologischen Fußabdrucks ist neben dem Energieverbrauch und Schadstoffausstoß die Eignung der verbauten Ressourcen zur (Wieder-)Verwertung am Lebenszyklusende in die Betrachtung einzubeziehen. Stahl trägt durch seine Recyclingfähigkeit im geschlossenen Kreislauf zur Ressourceneffizienz der Konstruktion bei. Die Verwertung des Betons, wenn es sich nicht um Betonfertigteile handelt, ist hingegen in der Regel mit Downcycling-Prozessen behaftet, sodass aufgrund des hohen Betonanteils keine uneingeschränkte Verwertung der Konstruktion möglich ist.

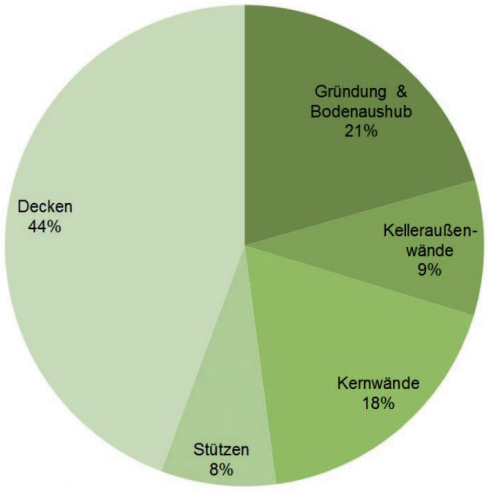


Bild 1 - Primärenergiebedarf Total

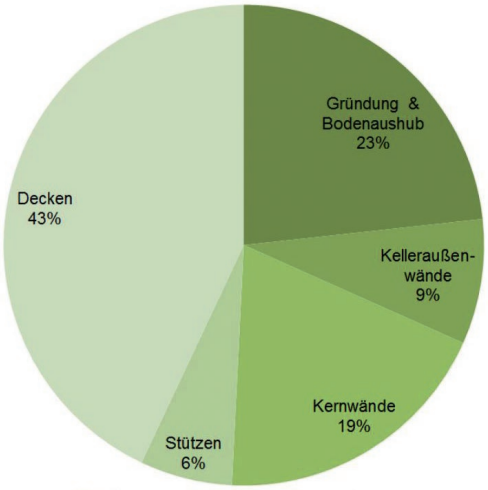


Bild 2 - Treibhausgaspotential

Abbildung 4.20 Bauteilbezogene Auswertung der Indikatoren der Variante 2a zur ökobilanziellen Bewertung

1.3.2 Integration der Nutzungsdauer in die Betrachtung

Die Integration der Gebäudenutzungsdauer in die Bewertung der Umweltverträglichkeit verdeutlicht das Potential der Konstruktionen mit Anpassungsfähigkeit. Da bei Variante 1a prospektiv im Rahmen der Planung keine Möglichkeit zur Änderung der Nutzung über den Lebenszyklus berücksichtigt wurde, ist für diese Entwurfsvariante von einer beschränkten Nutzungsdauer von nicht mehr als 50 Jahren auszugehen. Die Varianten 2a und 2b bereiten den Geschossbau konstruktionsseitig auf eine Nutzungsänderung vor und ermöglichen dem Gebäude damit eine wesentlich höhere Lebensdauer (prognostizierter Ansatz von 100 Jahren).

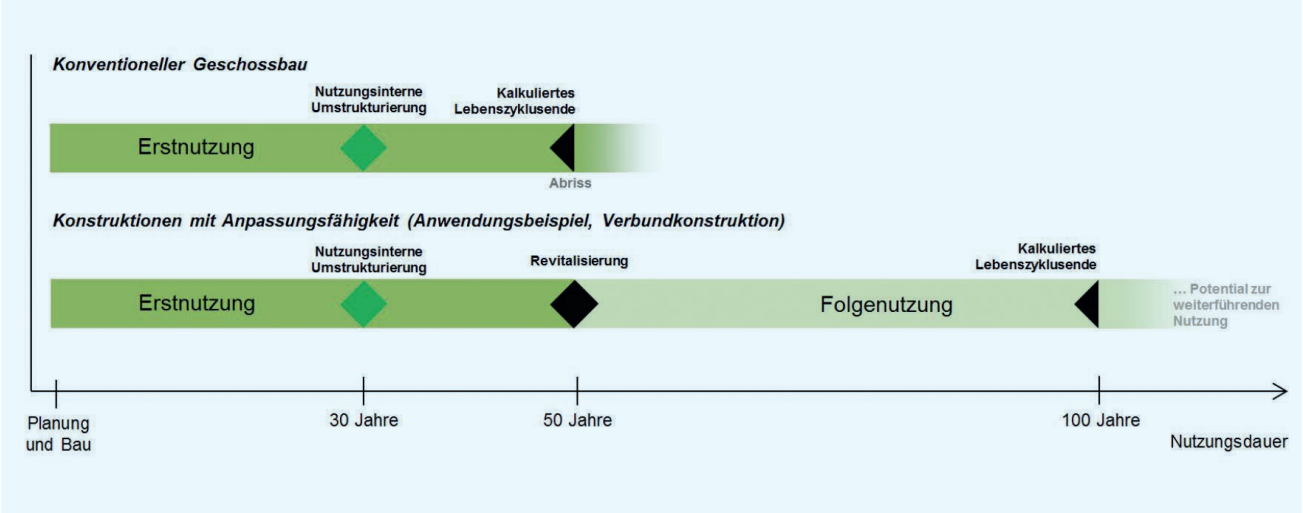


Abbildung 4.24 Lebenszyklusbetrachtung der Entwurfsvarianten

Das Potential der Lebenszyklusverlängerung zur Einsparung ökologischer Wirkungen zeigt sich signifikant bei der Bezugnahme des Treibhauspotentials (GWP) auf die Lebenszyklusdauer. Die im Rahmen der Konstruktionsherstellung der Variante 2a zusätzlich entstehenden ökologischen Belastungen amortisieren sich bereits bei einer Standzeitverlängerung von 8 Jahren. Für die prognostizierte Standzeit von 100 Jahren gelingt es bei Entwurfsvariante 2a das GWP, verglichen zur konventionellen Variante 1a, um 42% zu senken (Abb. 4.25 und 4.26).

Für die Entwurfsvarianten mit Anpassungsfähigkeit erscheinen auch noch größere Lebensdauern (>100 Jahre) durch die ausgeprägte Anpassungsfähigkeit der Konstruktion möglich.

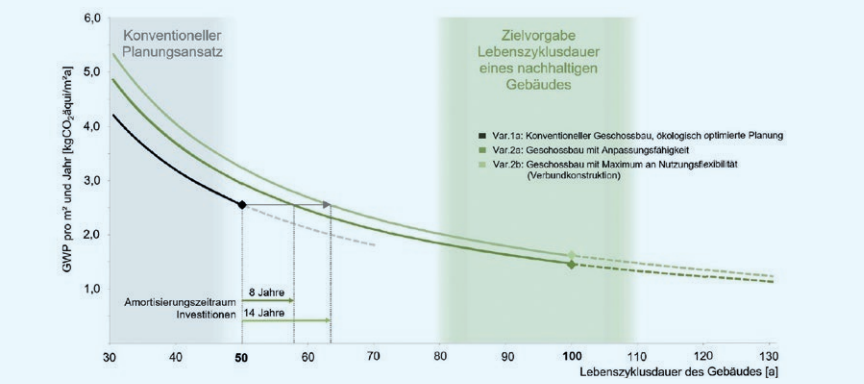


Abbildung 4.25 Treibhausgaspotential unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer

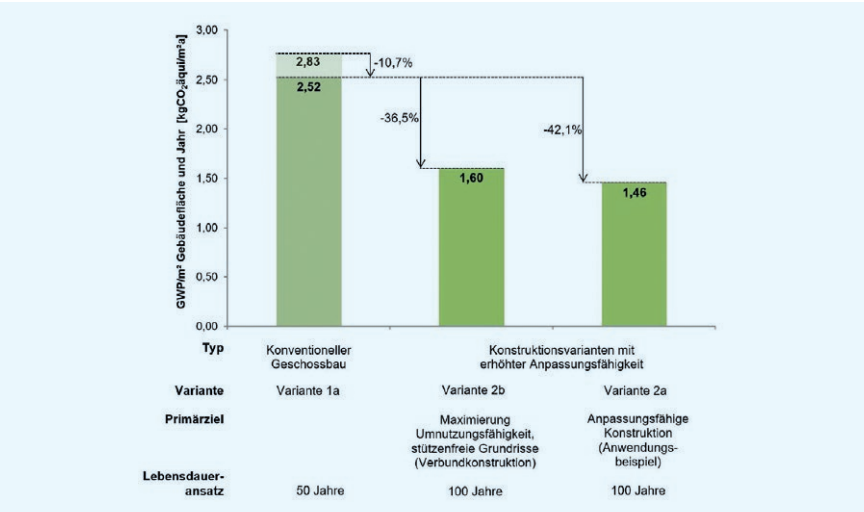


Abbildung 4.26 Treibhausgaspotential der betrachteten Entwurfsvarianten unter Berücksichtigung der prognostizierten Lebensdauer

1.3.3 Ökobilanzieller Vergleich der Konstruktionsvarianten

Das Tragwerk der Variante 2a verursacht mit seiner erhöhten Anpassungsfähigkeit höhere Baukosten und ca. 16 % mehr Treibhausgasemissionen als die konventionelle Konstruktion der Variante 1a in Ortbeton. Die Erhöhung ist vor allem auf den Massezuwachs der vertikal lastabtragenden Bauteile zurückzuführen. Aufgrund der erhöhten Verkehrslastannahme und der geringeren Anzahl zur Verfügung stehender Stützen (Stützenfreiheit EG und 1.OG) sind die Stützen und die Gründung mit einer höheren Tragfähigkeit auszustatten, die einen steigenden Materialbedarf hervorruft. Weitergehend verursacht die bereitgestellte Geschosshöhenreserve, die die Nutzungsflexibilität wesentlich begünstigt, einen erhöhten Baustoffbedarf vor allem bei den Wandkonstruktionen.

Durch die Verwendung von Spannbeton-Fertigdecken in Variante 2a kann trotz der zur Abfangung der Mittelstützenreihe über dem 1.OG erforderlichen Verbundkonstruktion der auf die Deckenkonstruktion bezogene Ressourcenverbrauch und die Treibhausgasemissionen gegenüber dem konventionellen Geschossbau (Variante 1a) reduziert werden (Abb. 4.23). Gleichzeitig fördert die modulare Bauart in Fertigteilbauweise die Veränderbarkeit der Tragstruktur zum späteren Lebenszykluszeitpunkt.

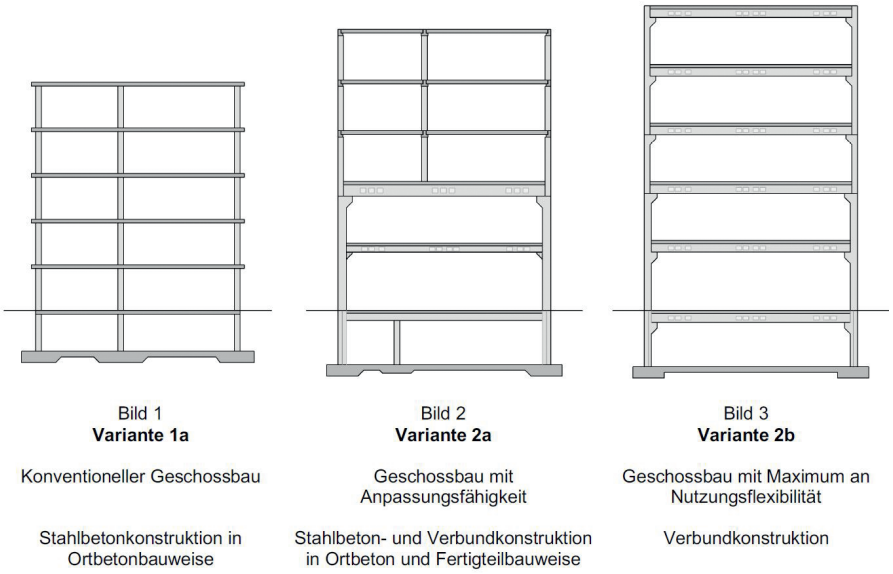


Abbildung 4.21 Untersuchungsobjekte

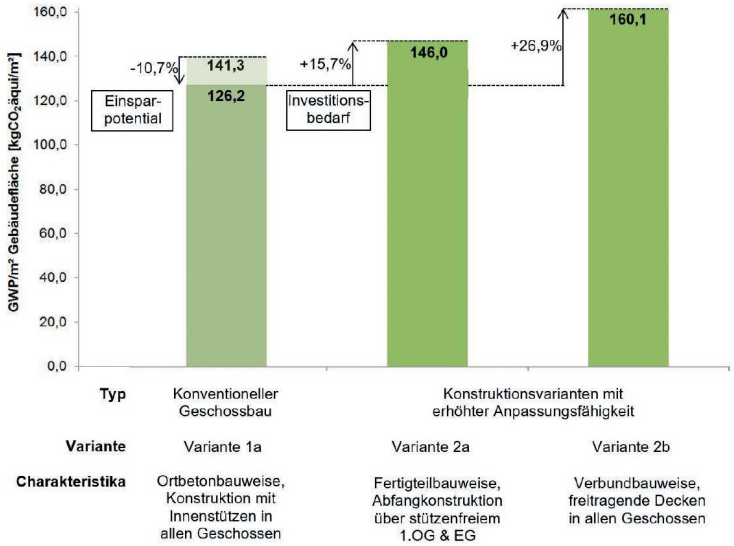


Abbildung 4.22 Vergleich der Untersuchungsbjekte anhand des Treibhauspotentials (GWP/m² Gebäudefläche

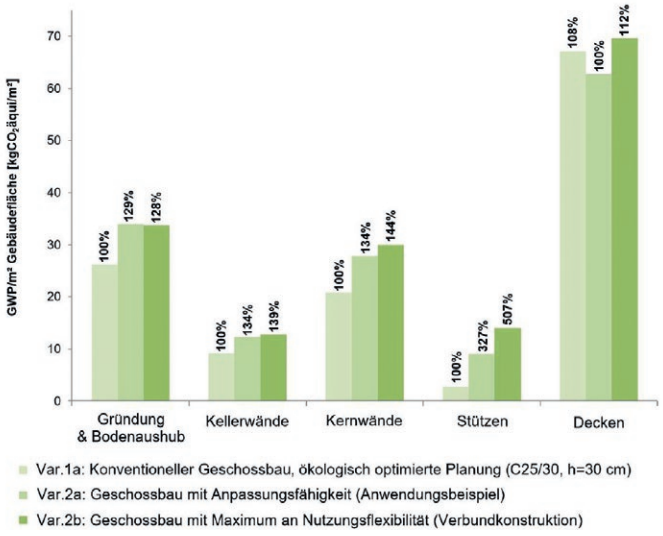


Abbildung 4.23 Bauteilbezogener Variantenvergleich auf Grundlage des Traibhauspotentials

1.4 Bewertung und Zusammenfassung

Die vorstehende Analyse von Dr.-Ing. Kämereit belegt den positiven Effekt der Konstruktionsvarianten mit Anpassungsfähigkeit auf die lebenszyklusbasierte Betrachtung der Umweltwirkungen. Das beste Gesamtergebnis erzielt der Konstruktionsentwurf 2a mit den erweiterten Maßnahmen zur Steigerung der Anpassungsfähigkeit (Tab. 4.6). Neben der Reduktion des ökologischen Fußabdrucks zeichnet sich diese Entwurfsvariante dadurch aus, dass sie konstruktionsseitig umfangreiche Veränderungen am Gebäude und Tragwerk zulässt.

Merkmale für nachhaltige Entwurfskonzepte sind die strikte Umsetzung der Skelettbauweise, der Einsatz von Spannbeton-Fertigdecken und die Verwendung nichttragender Innenwände - und Fassadenelemente. Weitere wichtige Indikatoren für das Veränderungspotential eines Gebäudes sind großzügige Geschosshöhen und Lastannahmen, Aufstockungsmöglichkeiten und die Aufrüstbarkeit der Gebäudetechnik.

	Anpassungsfähigkeit:	gering	moderat	erhöht	erhöht
	Variante:	1a	1b	2a	2b
Kriterium	Wichtung	Konvent. Bauweise	Konvent. Bauweise	Hybrider Konstruktions entwurf	Freitragende Verbund-konstruktion
Nutzungsflexibilität im Horizontalen - Grundriss					
Veränderbare Grundrissorganisation, Umnutzungsfähigkeit, Funktionsänderung	3,0	teilweise erfüllt (1/3)	überwiegend erfüllt (2/3)	überwiegend erfüllt (2/3)	erfüllt (3/3)
Konzeptionelle Berücksichtigung von Sonderbereichen (Kapazitäten bei Spannweite, z.B. Sockelgeschoss)		nicht erfüllt (0/3)	nicht erfüllt (0/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
		ø=0,5 (1,5)	*ø=1,0 (3,0)*	*ø=2,5 (7,5)*	*ø=3,0 (9,0)*
Anpassungsfähigkeit im Vertikalen - Aufriss					
Geschosshöhe ausgelegt auf unterschiedliche Nutzungen, Vorhaltung von Reserven	2,0	teilweise erfüllt (1/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
Möglichkeit zur späteren Installation von Deckenöffnungen verschiedener Größe, Variationsmöglichkeiten Position		teilweise erfüllt (1/3)	überwiegend erfüllt (2/3)	erfüllt (3/3)	teilweise erfüllt (1/3)
Wirtschaftlichkeit der Konstruktionshöhe des Deckenpakets, Einfluss auf die Geschosshöhe		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	teilweise erfüllt (1/3)	teilweise erfüllt (1/3)
Konzeptionelle Berücksichtigung der Option zur Ausbildung von Nutzungseinheiten		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
Dimensionierung und Positionierung der Erschließungseinheiten vor dem Hintergrund der Veränderbarkeit des Gebäudes		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
		ø=2,2 (4,4)	*ø=2,8 (5,6)*	*ø=2,6 (5,2)*	*ø=2,2 (4,4)*
Anpassungsfähigkeit Ausbaukonstruktionen					
Konstruktion als Skelettbau unter Verzicht tragender Wände außerhalb der Kerne, strikte Trennung tragender und raumbildender Bauteile	3,0	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
Möglichkeit zur Modernisierung der Fassadenkonstruktion durch Austausch		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
		ø=3,0 (9,0)	*ø=3,0 (9,0)*	*ø=3,0 (9,0)*	*ø=3,0 (9,0)*
Belastbarkeit und Dauerhaftigkeit					
Robustheit, Dauerhaftigkeit der Konstruktion gegenüber Umwelteinflüssen	3,0	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
gute Zugänglichkeit der Konstruktion zu Inspektions- und Wartungszwecken		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
Vorhaltung von Lastreserven für erhöhte Anforderungen (Zonierung Belastbarkeit)		nicht erfüllt (0/3)	überwiegend erfüllt (2/3)	erfüllt (3/3)	teilweise erfüllt (1/3)
Eignung der Konstruktion zur nachträglichen Ertüchtigung		nicht erfüllt (0/3)	nicht erfüllt (0/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
Tragkonstruktive Vorbereitung der Konstruktion zur nachträglichen Erweiterung durch Aufstockung		nicht erfüllt (0/3)	nicht erfüllt (0/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
		ø=1,2 (3,6)	*ø=1,6 (4,8)*	*ø=3,0 (9,0)*	*ø=2,6 (7,8)*

Kriterium	Wichtung	Anpassungsfähigkeit: gering Variante: 1a Konvent. Bauweise	moderat 1b Konvent. Bauweise	erhöht 2a Hybrider Konstruktions entwurf	erhöht 2b Freitragende Verbund-konstruktion
Kompatibilität Konstruktion und Technik					
Erreichbarkeit und Revisionierbarkeit TGA	2,0	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
Veränderbarkeit des Technikkonzepts, Kompatibilität TGA und Konstruktion, insbesondere Verlegung von Leitungen großen Durchmessers		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	überwiegend erfüllt (2/3)	überwiegend erfüllt (2/3)
Möglichkeit zur autarken Versorgung verschiedener Nutzungseinheiten durch separierte Technikschächte		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
Vorhaltung von Reserven bei der Dimensionierung der Erschließungsschächte		erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)	erfüllt (3/3)
		ø=3,0 (6,0)	*ø=3,0 (6,0)*	*ø=2,8 (5,5)*	*ø=2,8 (5,5)*
Modularität der Konstruktion					
elementierte Durchbildung der Konstruktion zur Förderung der Veränderbarkeit	2,0	nicht erfüllt (0/3)	nicht erfüllt (0/3)	erfüllt (3/3)	teilweise erfüllt (1/3)
Einsatz reversibler Fügetechnik für zerstörungsfreien Ein- und Ausbau von Bauteilen		nicht erfüllt (0/3)	nicht erfüllt (0/3)	erfüllt (3/3)	teilweise erfüllt (1/3)
		ø=0,0 (0,0)	*ø=0,0 (0,0)*	*ø=3,0 (6,0)*	*ø=1,0 (2,0)*
Lebenszyklusdauer					
Potential für lange Nutzugsdauer der Konstruktion (langfristiger Erhalt der investierten Ressourcen und Energie)	4,0	gering (1/3)	moderat (2/3)	hoch (3/3)	hoch (3/3)
		ø=1,0 (4,0)	*ø=2,0 (8,0)*	*ø=3,0 (12,0)*	*ø=3,0 (12,0)*
Ökobilanzielle Bewertung *(bei Herstellung)*					
Energieeffizienz (Indikator PE)	3,0	moderat (2/3)	moderat (2/3)	gering (0/3)	gering (0/3)
Schadstoffausstoß (Indikator GWP)		gering (3/3)	gering (3/3)	moderat (2/3)	durch-schnittlich (1/3)
Ressourceneffizienz (Indikator Masse)		durch-schnittlich (1/3)	durch-schnittlich (1/3)	hoch (3/3)	moderat (2/3)
		ø=2,0 (6,0)	*ø=2,0 (6,0)*	*ø=1,7 (5,0)*	*ø=1,0 (3,0)*
Herstellung und Rückbau					
Herstellungsaufwand	1,0	moderat (3/3)	moderat (3/3)	hoch (1/3)	hoch (1/3)
Berücksichtigung Rückbaufähigkeit im Entwurf		nicht erfüllt (0/3)	nicht erfüllt (0/3)	erfüllt (3/3)	teilweise erfüllt (2/3)
Demontagefreundlichkeit, Aufwand Rückbau		ungünstig (1/3)	ungünstig (1/3)	günstig (3/3)	durch-schnittlich (2/3)
		ø=1,3 (1,3)	*ø=1,3 (1,3)*	*ø=2,3 (2,3)*	*ø=1,7 (1,7)*
Recyclingpotential					
Eignung der Konstruktion hinsichtlich Bauteil- und Werkstoffrecycling, Vermeidung Downcycling	2,0	nicht erfüllt (0/3)	nicht erfüllt (0/3)	wenig erfüllt (1/3)	teilweise erfüllt (2/3)
		ø=0,0 (0,0)	*ø=0,0 (0,0)*	*ø=1,0 (2,0)*	*ø=2,0 (4,0)*
Auswertung					
gewichtete Punkte		**35,8 Pkt.**	**43,7 Pkt.**	**65,0 Pkt.**	**58,4 Pkt.**

Tab. 4.6 Bewertung der 4 Konstruktionsvarianten anhand von Nachhaltigkeitskriterien ergänzt um Aspekte, die das ganze Gebäude betreffen

Bildnachweise:
Seite 2 und 15: Thomas Bocian

Klimaneutral
Druckprodukt
ClimatePartner.com/12518-1907-1001

DW SYSTEMBAU GMBH
Werk **BRESPA** Schneverdingen
Stockholmer Straße 1
D-29640 Schneverdingen
Tel. +49 (0) 5193 85 0
www.dw-systembau.de

Werk **VBI** Huissen
Looveer 1
NL-6851 AJ Huissen
Tel. +31 (0) 26 379 79 79
www.vbi.nl

Mitglied und aktiv in der

DGNB
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
German Sustainable Building Council

THIRD-PARTY VERIFIED EPD
ISO 14025 and EN 15804
Institut Bauen und Umwelt e.V.

DGNB Navigator

FERTIGDECKEN Spannbeton

Stand Oktober 2020 DW 057 001