

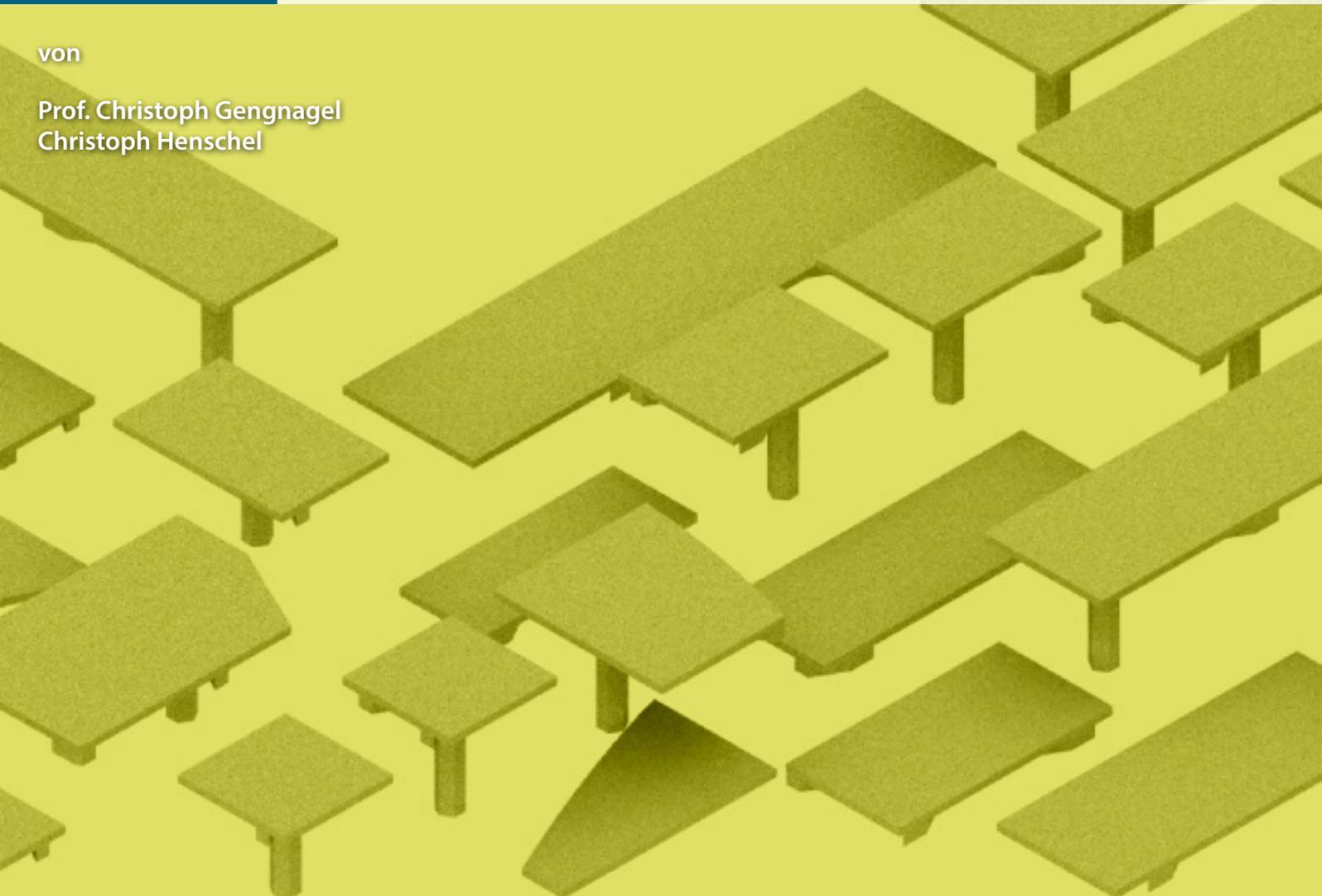
BBSR-
Online-Publikation
61/2024

Abbau Aufbau

Entwicklung eines Cradle-to-Cradle- Prozesses für Ortbetonelemente

von

Prof. Christoph Gengnagel
Christoph Henschel



Abbau Aufbau

Entwicklung eines Cradle-to-Cradle-Prozesses für Ortbetonelemente

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

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

Aktenzeichen: 10.08.18.7-22.20

Projektlaufzeit: 10.2022 bis 03.2024

IMPRESSUM

Herausgeber

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

Fachbetreuer

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 3 „Forschung und Innovation im Bauwesen“
Daniel Wöffen
daniel.woeffen@bbr.bund.de

Autoren

Universität der Künste Berlin
Prof. Dr.-Ing. Christoph Gengnagel (Projektleitung)
gengnagel@udk-berlin.de

Christoph Henschel, M. A. (Projektbearbeitung)
c.henschel@udk-berlin.de

Redaktion

Universität der Künste Berlin
Fachgebiet Konstruktives Entwerfen und Tragwerksplanung (KET)
Christoph Henschel

Stand

April 2024

Gestaltung

Universität der Künste Berlin
Fachgebiet Konstruktives Entwerfen und Tragwerksplanung (KET)
Christoph Henschel

Bildnachweis

Titelbild: Christoph Henschel
sonstige Abbildungen siehe Abbildungsverzeichnis, Seite 38

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

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

Zitierweise

Gengnagel, Christoph; Henschel, Christoph, 2024: Abbau Aufbau: Entwicklung eines Cradle-to-Cradle-Prozesses für Ortbetonelemente. BBSR-Online-Publikation 61/2024, Bonn.

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung	5
2. Abstract	6
3. Einführung	7
4. Problemstellung	8
5. Zielstellung	10
6. Forschungsdesign	11
6.1 Arbeitshypothesen und methodischer Ansatz	11
6.2 Projektteam und Organisation, Kooperationspartner	12
6.3 Arbeitspakete	12
7. Projektverlauf	13
7.1 AP1 - Ökobilanzierung und Ressourcenverbrauch	13
7.2 AP2 - Digitalisierung und Skalierbarkeit der Abbau- und Aufbauplanung	19
7.3 AP3 - Leitfaden für Muster-Bauablauf	24
7.4 AP4 - Vorbereitung für Experimentalgebäude	26
8. Ergebnisse	32
9. Mitwirkende	34
10. Kurzbiografien	35
11. Literaturverzeichnis	36
12. Abbildungsverzeichnis	38
13. Anlagen	39
13.1 Mengenermittlung u. Materialaufstellung für Ökobilanz u. Primärressourcenbedarfsberechnung in AP1	39
13.2 Ergebnis des AP3: "Handbuch zur Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus dem Rückbau von Gebäuden"	40

1. Kurzfassung

Die Bauwirtschaft in Deutschland verursacht durch den Neubau insbesondere von Stahlbetongebäuden einen bedeutenden Anteil der jährlichen CO₂-Emissionen. So ist die Zementindustrie allein zum Beispiel für etwa 7% der globalen Emissionen verantwortlich. Gleichzeitig wird durch den Abbruch von bestehenden Gebäuden jedes Jahr eine enorme Menge an mineralischen Bauabfall produziert, der zum Teil zwar zu Recyclingbeton verwertet werden kann, zu einem Großteil aber im Straßenbau als Füllmaterial eingesetzt oder sogar deponiert wird.

Vor diesem Hintergrund schlägt das Forschungsprojekt Abbau Aufbau eine Bauweise vor, bei der Stahlbetonelemente aus Gebäuden, die zum Abriss bestimmt sind, behutsam als statisch funktionierende Bauteile entnommen und in Neubauten wieder eingesetzt werden sollen. Der besondere Fokus des Forschungsprojektes liegt auf der Beschäftigung mit Gebäuden in Ortbetonbauweise, da diese für die Elemente-basierte Wiederverwendung erst durch Betonsägeverfahren in wiederverwendbare Bauteile zerlegt werden müssen und der Prozess daher komplexer ist, als bei Gebäuden aus Stahlbetonfertigteilen. Die Vorteile der vorgeschlagenen Bauweise liegen auf der Hand: es können CO₂-Emissionen durch die Vermeidung des Einsatzes neuen Zements und Stahls eingespart werden, des weiteren kann der Abbau von Primärrohstoffen verhindert werden, die für die Herstellungen von neuem Stahlbeton benötigt würden und zuletzt wird durch die Wiederverwendung der Gebäudesubstanz das Aufkommen an mineralischem Bauabfall verringert.

Für die Umsetzung der Bauweise in der Praxis fehlt es allerdings noch an einigen Grundlagen, die im Rahmen dieses Forschungsprojektes erarbeitet werden sollen. Als erstes soll die Ermittlung des Einsparpotenzials durchgeführt werden. Dabei sollen sowohl CO₂-Emissionen als auch Primärressourcen betrachtet werden, um festzustellen, wie groß der Beitrag der vorgeschlagenen Bauweise zur Erreichung der Klima- und Umweltschutzziele sein könnte. Im Anschluss soll ein digitales Tool entwickelt werden, dass bei der Planung mit den gebrauchten Stahlbetonelementen assistieren kann. Dabei soll sowohl die Erstellung der Zuschnittplanung des Bestandsgebäudes durch parametrische Variantenerstellung erleichtert werden, aber auch die Inventarisierung und Anwendung der Elemente im Neubau durch automatisch generierte Bauteilkataloge unterstützt werden. Daraufhin soll ein Planungsleitfaden erstellt werden, in dem entwerferische, konstruktive und rechtliche Handlungsempfehlungen gegeben werden und die Durch- bzw. Ausführung eines Bauvorhabens unter Verwendung gebrauchter Stahlbetonelemente Schritt für Schritt mit Hinweisen angeleitet und unterstützt wird. Zuletzt soll ein Reallabor vorbereitet werden, bei dem in einem Folgeprojekt ein Experimentalgebäude errichtet werden soll, um die zuvor erlangten theoretischen Erkenntnisse in der Praxis zu überprüfen.

Als Ergebnisse der in diesem Projekt durchgeführten Grundlagenforschung steht ein ermitteltes Einsparpotenzial von ca. 36% der CO₂-Emissionen und 33% der Primärressourcen im Vergleich zu einem Gebäude aus neuem Stahlbeton. Somit bietet die Bauweise mit gebrauchten Stahlbetonelementen ein sehr hohes Potenzial für die Reduzierung der negativen Klima- und Umwelteinwirkungen des Bausektors.

Neben der wissenschaftlichen Untersuchung der Ökobilanz und der Materialintensität stehen zwei Ergebnisse des Forschungsprojekts, die durch Planer:innen direkt angewendet und genutzt werden können: zum einen ein Softwaretool für die Softwarekombination Grasshopper/Rhino3D, mit dem die Planung unterstützt werden kann und zum anderen ein Handbuch, in dem der Leitfaden für einen musterhaften Bauablauf eines Bauvorhabens mit gebrauchten Stahlbetonelementen niedergeschrieben wurde. Beide sind auf der Projektwebsite kostenlos zum Download zu finden.

Im Anschluss und auf Grundlage dieser Vorarbeiten wurde eine Projektskizze für das Experimentalgebäude erstellt, für die bereits ein Spendergebäude gefunden werden konnte. Gemäß der Skizze könnte - sofern die finalen Zusagen von allen Projektbeteiligten vorliegen - ab Juli 2024 mit dem Folgeprojekt Reallabor Abbau Aufbau gestartet werden.

2. Abstract

The construction industry in Germany causes a significant proportion of annual CO₂ emissions as a result of new construction, particularly of reinforced concrete buildings. The cement industry alone, for example, is responsible for around 7% of global carbon emissions. At the same time, the demolition of existing buildings produces an enormous amount of mineral construction waste every year, some of which can be recycled into recycled concrete, but much of which is used as filling material in road construction or even dumped.

Against this background, the Abbau Aufbau research project proposes a construction method in which reinforced concrete elements are carefully removed from buildings destined for demolition as structurally functioning components and reused in new buildings. The particular focus of the research project is on in-situ concrete buildings, as these first have to be split into reusable components using concrete sawing processes for element-based reuse and the process is therefore more complex than for buildings made of precast reinforced concrete elements. The advantages of the proposed construction method are obvious: CO₂ emissions can be saved by avoiding the use of new cement and steel, the extraction of primary raw materials that would be required for the production of new reinforced concrete can be prevented and, finally, the reuse of the building fabric reduces the amount of mineral construction waste.

However, there is still a lack of basic knowledge for the implementation of this construction method in practice, which is to be established as part of this research project. The first step is to determine the savings potential. Both CO₂ emissions and primary resources are to be considered in order to determine the extent to which the proposed construction method could contribute to achieving climate and environmental protection goals. Subsequently, a digital tool is to be developed that can assist in planning with the used reinforced concrete elements. The aim is to facilitate the creation of the cut-to-size planning of the existing building through parametric variant creation, but also to support the inventory and application of the elements in the new building through automatically generated component catalogs. Subsequently, a planning guide is to be created in which design, construction and legal recommendations are given and the implementation and execution of a construction project using used reinforced concrete elements is guided and supported step by step with instructions. Finally, a building laboratory is to be planned, in which an experimental building is to be erected in a follow-up project in order to test the theoretical knowledge previously gained in practice.

The results of the fundamental research carried out in this project show a potential saving of approx. 36% of CO₂ emissions and 33% of primary resources compared to a building made of new reinforced concrete. This means that building with used reinforced concrete elements offers a very high potential for reducing the negative climate and environmental impacts of the construction sector.

In addition to the scientific investigation of the life cycle assessment and material intensity, there are two results of the research project that can be directly applied and used by planners: firstly, a software tool for the Grasshopper/Rhino3D software combination, which can be used to support the planning, and secondly, a manual in which the guidelines for an exemplary construction process for a building project with used reinforced concrete elements have been documented. Both can be downloaded free of charge from the project website.

Subsequently and on the basis of this preliminary work, a project outline for the experimental building was drawn up, for which a donor building has already been found. According to the outline, the follow-up project Reallabor Abbau Aufbau could start in July 2024, provided that the final commitments have been received from all project participants.

3. Einführung



Foto: Christoph Henschel

Abbildung 1: Modelle (M1:20) von wiederverwendbaren Stahlbetonelementen aus einem Ortbetongebäude

Im vorliegenden Forschungsprojekt soll der Einsatz von gebrauchten Elementen aus dem Rückbau von Ortbetonbauten als Bauteile in Neubauten untersucht werden. Ziel ist es, die Kreislaufwirtschaft im Bausektor voranzutreiben, um vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels und der zunehmenden Rohstoffknappheit den Herstellungsenergie- und Ressourcenaufwand für Neubauten so weit wie möglich zu reduzieren. Die erheblichen Materialmengen aus dem Gebäudeabriss sollen nicht mehr als Abfall, sondern endlich als Ausgangsmaterial für die Gebäude von morgen betrachtet werden.

Die Besonderheit des Forschungsprojektes liegt zum einen in der Fokussierung auf die Rohbaustuktur bzw. die tragenden Bauteile und zum anderen in der spezialisierten Betrachtung der Ortbetonbauweise. Das zirkuläre Bauen mit Ausbauteilen und die Wiederverwendung von gebrauchten Bauprodukten wie Fassadenbekleidungen, Fenster, Türen, Sanitärobjekten, etc. sind in der Praxis längst angekommen und können relativ niederschwellig durch Planer:innen in Neubauvorhaben integriert werden. Ebenso gibt es in Deutschland erste Pilotprojekte zur Wiederverwendung von Stahlbetonfertigteilen, deren Eigenschaft, bereits im ersten Lebenszyklus als eigenständiges Bauteil entwickelt worden zu sein, eine Wiederverwendung wesentlich einfacher macht als bei einem Ortbetonbauwerk, bei dem eine Zerlegung in wiederverwendbare Elemente ursprünglich nicht vorgesehen war. Neue Erkenntnisse aus diesem Projekt sind daher vor allem die rechnerische Ermittlung des Energie- und Ressourceneinsparungspotential durch die Ausbildung des Tragwerks eines Neubaus mit gebrauchten Betonbauteilen und die konstruktiven Möglichkeiten der Wiederverwendung einer in Teile zerlegten Ortbetonstruktur.

4. Problemstellung

Der Gebäudesektor ist einer von sechs Sektoren, die im Klimaschutzgesetz des Bundes beschrieben sind¹ und für die strenge Reduktionsziele für den Ausstoß von CO₂ und CO₂-Äquivalenten festgelegt wurden, um das 1,5-Grad-Ziel gemäß des Pariser Abkommens von 2015 zu erreichen und Deutschland bis 2045 klimaneutral zu machen. Der Anteil der Gebäude an den Gesamtemissionen in Deutschland wird derzeit auf 30-40% beziffert,² wobei im öffentlichen Diskurs häufig übersehen wird, dass diese Zahl allein den Betrieb der Gebäude, also deren Versorgung mit Wärme und Elektrizität widerspiegelt. Hinzu kommen also noch die Treibhausgasemissionen, die bei der Errichtung der Gebäude entstehen. Diese werden nach dem deutschen Klimaschutzgesetz dem Industriesektor zugerechnet und können daher nicht trennscharf als spezifische Emissionen der Bauindustrie beziffert werden. Klar ist aber beispielsweise, dass allein die Herstellung von Zement, der als Grundstoff vor allem für Beton eingesetzt wird, bis zu 7% der globalen Treibhausgasemissionen verursacht.³ Rechnet man noch den Rohstoffabbau und die Herstellung von Bewehrungsstahl sowie die Emissionen für den Transport hinzu, wird schnell deutlich, dass der Neubau von Gebäuden, insbesondere in Stahlbetonbauweise, einen erheblichen Anteil an Deutschlands Treibhausgasemissionen ausmacht. Neben den Treibhausgasemissionen ist auch der Ressourcenverbrauch für die Errichtung von Stahlbetonbauten äußerst intensiv. So müssen für die Herstellung von einem Kubikmeter Beton die 4,75-fache Menge an Ressourcen gewonnen und verarbeitet werden.⁴

Das Forschungsprojekt Abbau Aufbau setzt genau hier an: So soll durch den Einsatz von gebrauchten statt neuen Bauteilen die Treibhausgasemissionen und den Primärressourcenverbrauch von neu zu errichtenden Gebäuden reduziert werden.

Als Quelle für gebrauchte Bauteile soll der massive Strom an Bauabfällen dienen. Das Aufkommen an mineralischen Reststoffen, die als Abfall entsorgt und mehr oder weniger gut recycelt werden, betrug im Jahr 2020 in Deutschland beachtliche 221 Millionen Tonnen.⁵ Diese Zahl zu reduzieren und die Begriffe „Bauabfall“ bzw. „Müll“ langsam in „Ressource“ bzw. „Rohstoff“ umzuwandeln, sind weitere Ziele des vorliegenden Forschungsprojektes.

Nicht zuletzt spielt auch das Vorkommen von Gebäudeleerstand als potenzielle Quelle für wiederverwendbare Bauteile eine Rolle. So werden in Regionen mit Bevölkerungsrückgang vermehrt Gebäude abgerissen, die als Ressource für die verstärkte Bautätigkeit in Regionen mit hohem Neubaubedarf dienen könnten. Ein Beispiel hierfür ist die Diskrepanz zwischen dem Flächenland Brandenburg mit einer Wohnungsleerstandsquote von

1 KSG, 2019

2 Dena, 2022

3 International Energy Agency, 2018

4 Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, 2014

5 Kreislaufwirtschaft BAU, 2023

4,6 %⁶ und der Metropole Berlin mit einer Quote von 0,8 %.⁷ Diese Diskrepanz lässt vermuten, dass die Bereitstellung von gebrauchten Bauteilen aus Brandenburg für den Bedarf durch Neubauprojekte in Berlin allein eine Frage der Logistik wäre.

Zum Zeitpunkt der Antragstellung für das vorliegende Forschungsprojekt gab es in Deutschland hinsichtlich der Wiederverwendung von Bauteilen ausschließlich Projekte bei denen entweder nicht-tragende Bauteile wie Fassadenbekleidungen, Fenster, Türen, Sanitäröbekte, etc. eingesetzt wurden oder aber gebrauchte Betonfertigteile als tragende Bauteile eingesetzt wurden.

Als Beispiel für die Verwendung von gebrauchten nicht-tragenden Bauteilen kann die Freiluftbibliothek in Magdeburg-Salbke genannt werden. Bei dem im Jahr 2010 fertiggestellten Bauwerk wurden gebrauchte modulare Aluminium-Formteile verwendet, die zuvor in der Fassade des ehemaligen Horten-Kaufhauses in Hamm verbaut waren.⁸ Ein weiteres Beispiel ist der Neubau des Betriebsgebäudes der Stadtwerke Neustadt in Holstein, der im Jahr 2018 fertiggestellt wurde. Für den Innenausbau konnten 2.000 m² Bürotrennwände aus einem Rückbau in Hamburg geborgen und im Neubau wiederverwendet werden. Hierdurch wurden 8t Abfall vermieden und 60.000 kWh Energie für die Herstellung neuer Trennwände vermieden.⁹

Für den Einsatz von gebrauchten Stahlbetonfertigteile als tragende Bauteile sind vor allem die Projekte von Prof. Angelika Mettke an der BTU Cottbus und von Claus Asam im Rahmen seiner Forschung an der TU Berlin zu nennen. Beide konnten bereits in den 2000er Jahren Neubauprojekte realisieren bzw. wissenschaftlich begleiten, bei denen gebrauchte Stahlbetonelemente aus den industriellen Wohnungsbauprogrammen der DDR wiederverwendet wurden. Ein Beispiel für die Arbeit von Prof. Mettke ist das Vereinshaus des Kolkwitzer Sportverein 1896 e.V., das in den Jahren 2008 bis 2010 errichtet wurde. Hier wurden 20 Außenwände, 20 Innenwände und 40 Deckenplatten aus einem Rückbau des Wohngebäudetyps P2 in Cottbus gewonnen und im ca. 10km entfernten Neubau eingesetzt.¹⁰ In Berlin-Mitte konnte mit Unterstützung von Claus Asam ein Galeriepavillon aus gebrauchten Betonfertigteilen der Wohnungsbauserie 70 (WBS 70) errichtet und 2009 fertiggestellt werden, der sogenannte Plattenpalast.¹¹

Die genannten Beispiele zeigen, dass sowohl die Wiederverwendung von nichttragenden Bauteilen im Allgemeinen als auch von tragenden Stahlbetonfertigteilen in der Vergangenheit bereits in Forschungsvorhaben und realen Projekten erprobt und erfolgreich umgesetzt wurde. Als Schlussfolgerung besteht Forschungsbedarf daher nur noch bei der Wiederverwendung von gebrauchten, tragenden Stahlbetonbauteilen aus Ortbetonbauten. Hier setzt das vorliegende Forschungsprojekt an.

6 Statista, 2022 - 1

7 Statista, 2022 - 2

8 Detail, 2010

9 Dechantsreiter et al., 2016

10 Mettke, 2010

11 wiewiorra hopp architekten, 2008

5. Zielstellung

Um die Forschungslücke in Bezug auf das Bauen mit gebrauchten Stahlbetonelementen aus dem Rückbau von Ortbetonstrukturen zu schließen, sind zunächst zwei sehr konkrete Aufgaben zu bewältigen: Zum einen muss berechnet werden, wieviel CO₂-Einsparpotenzial die Bauweise tatsächlich bietet und zum anderen wieviel Primärressourcen durch die Wiederverwendung der gebrauchten Stahlbetonelemente eingespart werden kann. Mit den Ergebnissen der Berechnung der Einsparpotenziale von CO₂-Äquivalenten-Emissionen und Primärressourcen und der Einordnung im Vergleich zum konventionellen Bau mit neuem Stahlbeton soll für zukünftige Projekte eine Referenz zur Bestimmung der potenziell vermiedenen Emissionen und des verhinderten Ressourcenabbaus bereitgestellt werden, die im besten Fall zur Entscheidungsfindung des Materialeinsatzes bei Neubauvorhaben verwendet werden kann.

Darüber hinaus sollen im Forschungsprojekt Möglichkeiten zur Unterstützung der Planung untersucht werden. So sollen mit Hilfe geeigneter Software die Erstellung von Zuschnittvarianten vereinfacht werden, eine automatische Inventarisierung der resultierenden Elemente erfolgen und Hilfestellungen für die Logistik, wie z.B. automatisch berechnete Gewichtsangaben, generiert werden. Neben der Fokussierung auf die Konzeption und Handhabung der gebrauchten Bauteile sind aber auch im Rahmen der eigentlichen Planungsarbeiten Forschungsziele auszumachen: So gilt es zu klären, wie die gebrauchten Elemente zugelassen werden können, wie die Verbindungen mehrerer Elemente untereinander oder auch von gebrauchten zu neuen Bauteilen konstruktiv gelöst werden kann oder wie die speziell benötigten Bauleistungen bei einem Bauvorhaben ausgeschrieben werden sollten. Durch die Bereitstellung von Software Tools und Handreichungen zu Planungsfragen soll die Arbeit von Architekt:innen und Tragwerksplaner:innen bei Projekten, bei denen gebrauchte Stahlbetonelemente in Frage kommen erleichtert werden.

Nicht zuletzt besteht die Zielstellung im Forschungsprojekt die Grundlage für die Realisierung eines konkreten Pilotprojektes in Form eines Real Labors zu schaffen. Dafür sollen mögliche Rück- und Neubauvorhaben gefunden und miteinander verbunden werden. Durch eine direkte Verknüpfung der im vorliegenden Forschungsprojekt durchgeführten Grundlagenforschung mit einem Praxisprojekt kann zum einen eine direkte Übermittlung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgen und zum anderen können die theoretischen Grundlagen durch praktische Erfahrungen komplettiert werden.

6. Forschungsdesign

6.1 Arbeitshypothesen und Methodischer Ansatz

Als grundlegende Arbeitshypothese kann angenommen werden, dass die Wiederverwendung von gebrauchten Stahlbetonelementen weniger Treibhausgasemissionen und Ressourcenabbau verursacht, als das bei neu herzustellenden Stahlbetonfertigteilen der Fall wäre.

Dies soll durch die Berechnung der Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) und des Primärressourcenverbrauchs (Materialintensität, MI) bewiesen werden. Anhand eines Gebäudeentwurfs, der im Rahmen einer Masterarbeit im Jahr 2020 an der Universität der Künste Berlin erarbeitet wurde, werden diese beiden Berechnungen durchgeführt. Dabei werden ein ReUse- und ein Neubau-Case erstellt und miteinander verglichen. Beim ReUse-Case sollen die im Entwurf als gebrauchte Elemente vorgesehenen Bauteile als gebrauchte Elemente in die Berechnungen einfließen, wohingegen beim Neubau-Case diese Bauteile durch neue Stahlbetonfertigteile ersetzt werden. Damit ist ein direkter Vergleich der Bauweise mit gebrauchten Elementen und einer Bauweise mit konventionellem neuen Stahlbeton im Verhältnis zum gesamten Gebäude inkl. Fundamenten, thermischer Hülle und Innenausbau möglich.

Darüber hinaus ist anzunehmen, dass die Bauweise mit gebrauchten Stahlbetonelementen, aufgrund der Beschaffung dieser aus Rückbauten, mit einem hohen planerischen, organisatorischen und logistischen Aufwand verbunden ist. Sowohl die Planung des Zuschnitts des Bestandsgebäudes als auch die Inventarisierung der erzeugten Elemente verursachen Mehraufwand bei den Planungsleistungen, der so zuvor in konventionellen Bauvorhaben nicht erbracht werden musste. Diese zusätzlichen Planungsleistungen können allerdings durch digitale Werkzeuge und die Implementierung digitalisierter Arbeitsabläufe vereinfacht werden. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll daher ein digitales (Software-)Werkzeug entwickelt werden, das Planer:innen bei der Zuschnittplanung und der Inventarisierung unterstützen kann. Durch eine Reihe von Beratungsworkshops mit potenziellen Anwender:innen aus Planungsbüros während der Entwicklung des Tools sollen dessen benötigte Funktionen ermittelt und eingegrenzt werden.

Neben den neuen Planungsaufgaben durch die besondere Beschaffung der Baumaterialien ist auch mit Mehraufwand bei der Genehmigungs- und Ausführungsplanung des Neubaus zu rechnen. Die Entwurfsaufgabe beinhaltet hier nun auch die Anpassung des Gebäudeentwurfs an die zur Verfügung stehenden Elemente, deren konstruktive Fügung sowie deren bauaufsichtliche Zulassung. Die Arbeitshypothese hierfür ist, dass durch die Erstellung eines Leitfadens für alle Besonderheiten in den Planungsphasen des Neubaus die Schwelle für eine Umsetzung eines Projektes mit dieser Bauweise gesenkt werden kann. Als Methodik für die Bearbeitung dieses Ansatzes wird zum einen auf Eigenerfahrung des Forschungsteams zurückgegriffen, zum anderen werden Interviews mit relevanten Ansprechpartner:innen durchgeführt und zuletzt wird dem Leitfaden eine umfassende Literaturrecherche zugrunde gelegt.

6.2 Projektteam und Organisation

Das Projektteam an der Universität der Künste Berlin ist am Lehrstuhl für Konstruktives Entwerfen und Tragwerksplanung verortet und setzt sich aus Prof. Dr.-Ing. Christoph Gengnagel und dem Wissenschaftlichen Mitarbeiter Christoph Henschel zusammen. Herr Gengnagel ist als Projektleiter für die Koordination und die Leitung der Durchführung des Projekts zuständig, während Herr Henschel als Projektbearbeiter hauptsächlich für die Umsetzung der in den Arbeitspaketen festgelegten Aufgaben zuständig ist.

6.3 Arbeitspakete

Die Arbeitspakete gliedern sich wie folgt auf:

AP1 – Ermittlung des Emissions- und Primärressourceneinsparpotenzials

In diesem Arbeitspaket sollen die Berechnungen zur Ermittlung der Einsparpotenziale im Bereich der CO₂-Emissionen und der Primärressourcen anhand der ReUse- und Neubau-Cases durchgeführt werden. Dafür muss zunächst ein detailliertes 3D-Modell zur Mengenermittlung der einzelnen Baumaterialien erstellt werden. Auf dieser Grundlage werden dann Datensätze von sowohl Umwelteinwirkungen als auch von Materialintensitätsfaktoren mit den ermittelten Mengen verknüpft, um die Ökobilanz und die Materialintensitätsberechnung aufzustellen.

AP2 – Digitalisierung und Skalierbarkeit der Abbau- und Aufbauplanung

Im Rahmen des zweiten Arbeitspakets soll ein Software-Tool entwickelt werden, das die Planung für die Bauweise mit gebrauchten Stahlbetonelementen vereinfacht. Zum einen soll ein parametrischer Algorithmus entwickelt werden, mit dessen Hilfe schnell eine Vielzahl an möglichen Zuschnittvarianten erstellt werden kann und zum anderen soll das Tool die Inventarisierung und Verwendung der gebrauchten Elemente im weiteren Planungsprozess vereinfachen indem automatisiert Bauteileigenschaften wie Gewicht und Dimensionen ermittelt und jedes einzelne Element mit einer individuellen ID versehen wird.

AP3 – Leitfaden für Muster-Bauablauf

Im dritten Arbeitspaket soll ein schriftlicher Leitfaden für den musterhaften Bauablauf eines Projektes, bei dem gebrauchte Stahlbetonelemente eingesetzt werden, erarbeitet werden. Hierbei soll auf alle thematischen Schwerpunkte, die im Zusammenhang mit der Bauweise auftreten, eingegangen werden. So werden rechtliche Fragen beleuchtet, entwerferische und konstruktive Handlungsempfehlungen erarbeitet und alle Teilschritte vom Rückbau des Bestands bis zur Fertigstellung des Neubaus systematisch beschrieben.

AP4 – Vorbereitung für Experimentalgebäude

Im letzten Arbeitspaket sollen Projektpartner, ein Spendergebäude und ein Neubauvorhaben gefunden werden, um im Rahmen eines Folgeprojektes ein Experimentalgebäude in der Bauweise mit gebrauchten Stahlbetonelementen zu errichten.

7. Projektverlauf

7.1 AP1 - Ökobilanzierung und Ressourcenverbrauch

Das erste Arbeitspaket wurde vom 01. Oktober 2022 bis zum 01. Dezember 2022 bearbeitet und mit der Veröffentlichung des Auswertungsberichts auf der Projektwebsite abgeschlossen.

Aufgabenstellung

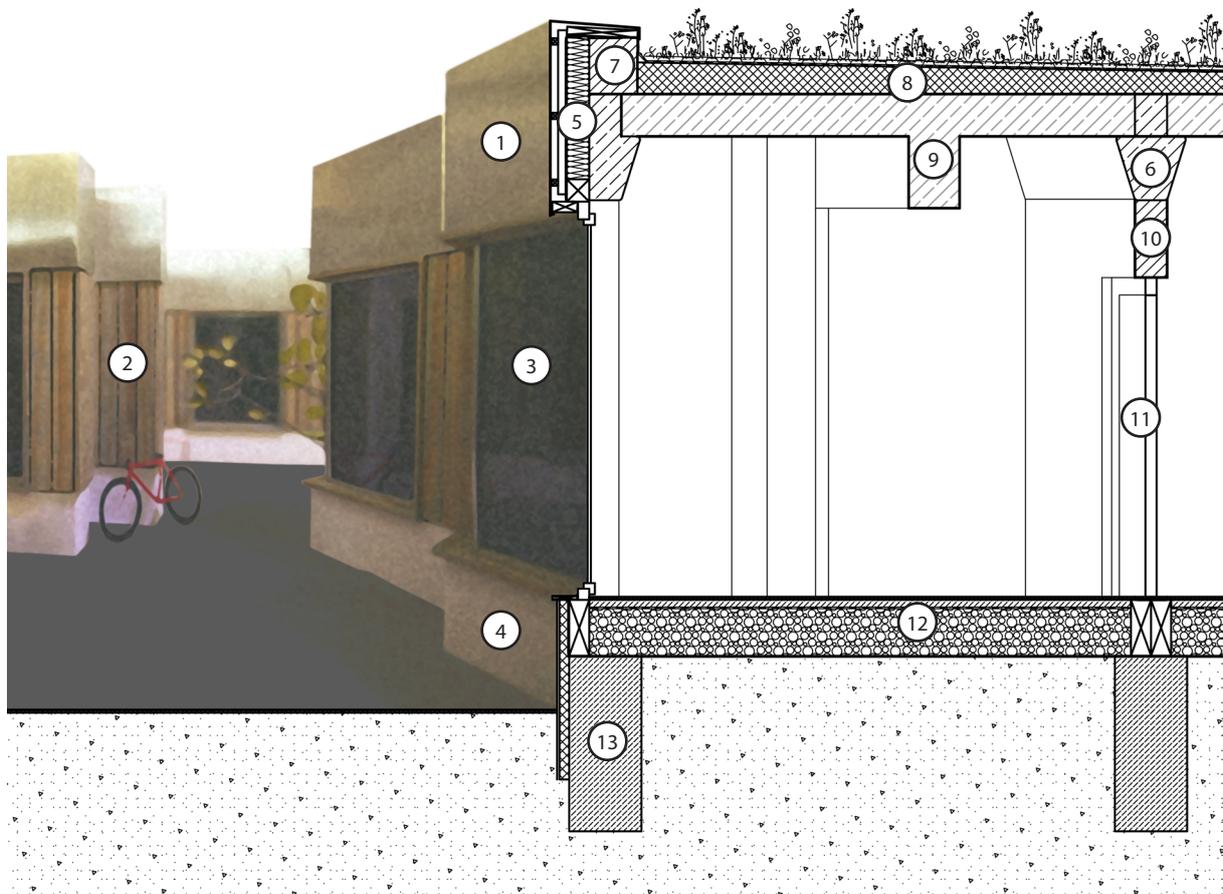
Im AP1 des Forschungsprojektes wurden für die zu untersuchende neue Bauweise mit wiederverwendeten Ortbetonelementen eine vergleichende Ökobilanz erstellt und der Ressourcenverbrauch im Vergleich zum konventionellen Stahlbetonbau ermittelt. Grundlage dafür war das Musterprojekt „Abbau Aufbau“, ein Gebäudeentwurf, bei dem Ortbetonelemente aus dem zum Abriss bestimmten Rathaus in Ahlen (Nordrhein-Westfalen) entnommen und an anderer Stelle zu einem Wohngebäude zusammengesetzt werden. Für die Erstellung der Ökobilanz musste zunächst die Baukonstruktion festgelegt werden, sodass spezifische Baumaterialien den jeweiligen Bauteilen und Schichten zugeordnet werden konnten.

Baukonstruktion

Das Mustergebäude ist ein teils ein- und teils zweigeschossiges Wohngebäude mit 23 Wohnungen auf einer Nettogrundfläche von insgesamt ca. 3685 m². Die Rohbaukonstruktion wird als Stahlbetonskelett mit aussteifenden Stahlbetonwänden ausgebildet. Der Großteil des Rohbaus besteht aus wiederverwendeten Betonelementen (Decken-, Unterzug-, Stützelemente) aus dem Rathaus Ahlen. Die aus dem zerschnittenen Spendergebäude in einheitlicher Breite vorliegenden Elemente werden seitlich von neu hergestellten Stahlbetonunterzügen getragen und über einen nachträglichen Bewehrungsanschluss mit diesen verbunden. Das Gebäude ist auf einem bewehrten Betonstreifenfundament gegründet. Die Fußbodenkonstruktion im Erdgeschoss ist mit tragenden Holzbalken und dämmender Schaumglasgranulat-Schüttung geplant. Innenwände und Ausfachungen werden aus Ziegelmauerwerk mit Kalkputz hergestellt. Die Fassade besteht aus großen Fenster-/Türelementen für die transparenten Flächen sowie Holzfaserdämmung und Bekleidungen aus Holz und Titanzinkblech bei den geschlossenen Flächen. Das Dach ist als Warmdachkonstruktion mit EPS-Gefälledämmung und Kunststoffdachbahn vorgesehen.

Szenario Mustergebäude (ReUse) und Szenario Referenzgebäude (Neue Materialien)

Die durchgeführten Untersuchungen in Bezug auf Treibhausgasemissionen im Herstellungsprozess (LCA Module A1-3) und Transport (LCA Modul A4) sowie der Primärressourcenverbrauch für die Bereitstellung von Baustoffen und -produkten basieren auf zwei Szenarien: Das Mustergebäude unter Verwendung der beschriebenen gebrauchten Betonelemente (ReUse-Case) und das Referenzgebäude, für das genau die gleiche Baukonstruktion angenommen wird, die Betonelemente jedoch aus neuem Stahlbeton hergestellt werden. Für die gebrauchten Betonelemente werden für den Herstellungsprozess keine CO₂-Emissionen und kein Primär-



Zeichnung: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 2: Übersicht der Baukonstruktion des Musterentwurfs. Bauteile: (1) Fassadenbekleidung - Titanzinkblech; (2) Fassadenbekleidung - Holz; (3) Fenster - 3fach Glas und Holzrahmen; (4) Sockeldämmung - EPS; (5) Fassadendämmung - Holzfaserdämmung; (6) tragende Wände, Unterzüge, Stützen - Stahlbeton C25/30 neu; (7) Attika - Ziegelmauerwerk; (8) Dampfbremse, Gefälledämmung, Dachbahn - PET, EPS, PP-FPO; (9) Stützen-Decken-Elemente - Stahlbeton C25/30 gebraucht; (10) Innenwände, Ausfachungen - Ziegelmauerwerk; (11) Innentüren - Holz; (12) Fußbodenaufbau - Parkett, Fliesen, Estrich, Holzbalken, Dämmschüttung; (13) Fundament - Stahlbeton C25/30 neu

ressourcenverbrauch angenommen, da die Elemente bereits einen Lebenszyklus (50 Jahre) abgeschlossen haben. Lediglich der Transport von der Rückbaubaustelle bis zum Wiederaufbau (Modul A4) wird berücksichtigt.

Modellierung, Mengenermittlung

Zur Mengenermittlung wurde ein detailliertes 3D-Modell erstellt. So konnten die Volumen- bzw. Flächengrößen der Baustoffe ausgelesen werden. Die ermittelten Mengen wurden in einer MS Excel-Tabelle für die weitere Verwendung für die Ökobilanz und die Ressourcenverbrauchsermittlung festgehalten.

Methodik – LCA

Für die Ökobilanzierung wurden die Bilanzierungsregeln nach dem vereinfachten Verfahren gemäß des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) angewendet.¹ Es wurden folgende Bauteile berücksichtigt: Au-

¹ Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen 2015

ßenwände, Fenster, Außenbeschichtungen, Dach, Geschossdecken, Fußbodenaufbau, Fußbodenbeläge, Geschossdecken, Fundamente, Innenwände einschließlich Beschichtungen, Stützen, Türen.

Über ein Plug-In² für Grasshopper (visuelle Programmierschnittstelle für die 3D-Software Rhinoceros) wurde das 3D-Modell des Mustergebäudes mit LCA-Daten der internationalen Ökobilanzierungsplattform One-Click-LCA referenziert. Jedem der Bauteile wurde ein spezifischer Materialdatensatz (EPD oder Ökobaudat-Datensatz, siehe Anhang) zugeordnet. Nach dem Export aus der 3D-Umgebung in die Web-Oberfläche von One-Click-LCA konnten die Berechnungen der LCA exportiert und analysiert werden.

Die Systemgrenzen für die vorliegende Ökobilanzierung wurden auf die Module A1-4 (Herstellung und Transport) festgelegt, da die restlichen Module für die vorliegende Forschung unerheblich sind. Der Fokus wurde auf das Einsparpotenzial bei der Herstellung der Baustoffe und -produkte des Gebäudes gesetzt. Die Errichtung (Modul A5), der Betrieb (Modul B) und der Rückbau (Modul C) sind unabhängig vom Produktursprung (gebraucht oder neu) und daher für beide Szenarien gleichwertig.

Zur Vereinfachung der Auswertung wurden nur die Daten der Umwelteinwirkungskategorie Global-Warming-Potential (in kg CO₂-Äq.) betrachtet. Daten zu den weiteren Umwelteinwirkungskategorien (Versauerung, Überdüngung, Ozonschichtabbau, Ozonbildung, Verwendung von Primärenergie und biogener Kohlenstoffspeicherung) liegen vor, werden hier aber nicht weiter betrachtet.

Methodik – Primärressourcenverbrauch

Für die Berechnung des Primärressourcenverbrauchs wurde die bereits für die Ökobilanzierung berücksichtigte, oben beschriebene Baukonstruktion auf ihre stoffliche Zusammensetzung hin analysiert und der Bedarf an Primärressourcen für die Herstellung der einzelnen Baustoffe und -produkte ermittelt. Basierend auf der „Tabelle zu Materialintensität (MIT) von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen und Lebensmitteln“³, die vom Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie im Jahr 2014 veröffentlicht wurde, konnte der Verbrauch von abiotischen und biotischen Rohstoffen sowie Wasser und Luft pro Tonne Bauprodukt ermittelt und auf die aus dem 3D-Modell ermittelten Mengen des Mustergebäudes bezogen werden. Auch hier wurde das ReUse-Szenario mit dem Neubau-Szenario verglichen, wobei für die gebrauchten Betonelemente kein erneuter Primärressourcenverbrauch angesetzt wurde, da diese bereits einen Lebenszyklus abgeschlossen haben.

Auswertung

Für das untersuchte Global-Warming-Potential (Emissionen von CO₂ und CO₂-Äquivalenten) kann festgestellt werden, dass durch die Verwendung von gebrauchten Betonelementen für den Rohbau 36,15% der Emissionen im Vergleich zum entsprechenden Referenzgebäude in konventioneller Bauweise mit neuem Ortbeton eingespart bzw. vermieden werden können. Die Gesamtsumme der vermiedenen Emissionen beträgt 550,30 t CO₂-Äq., was zum Beispiel ca. 1.700.000 Fahrkilometern mit einem durchschnittlichen Benziner-Pkw oder 550 Flügen von Berlin nach New York (eine Person, One-Way, Economy) entspricht.⁴

Auf den Quadratmeter Nettogrundfläche bezogen, verursacht die Herstellung des Gebäudes im Neubau-Szenario das Global-Warming-Potential von 413,22 kg CO₂-Äq. /m²-NGF für die Module A1-4. Beim ReUse-Szenario sind es nur 263,83 kg CO₂-Äq. /m²-NGF. Zur Einordnung kann eine Studie des DGNB herangezogen werden, in der 50 Neubauten auf ihren CO₂-Ausstoß (GWP) hin untersucht wurden.⁵ Die Studie umfasst Büro- und Wohngebäude und kommt auf einen Mittelwert von ca. 365 kg CO₂-Äq. /m²-NGF für die Bauwerkherstellung. Da hier

² OneClickLCA 2022

³ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie 2014

⁴ MyClimate 2024

⁵ Braune, Ekhaiva und Quante 2021

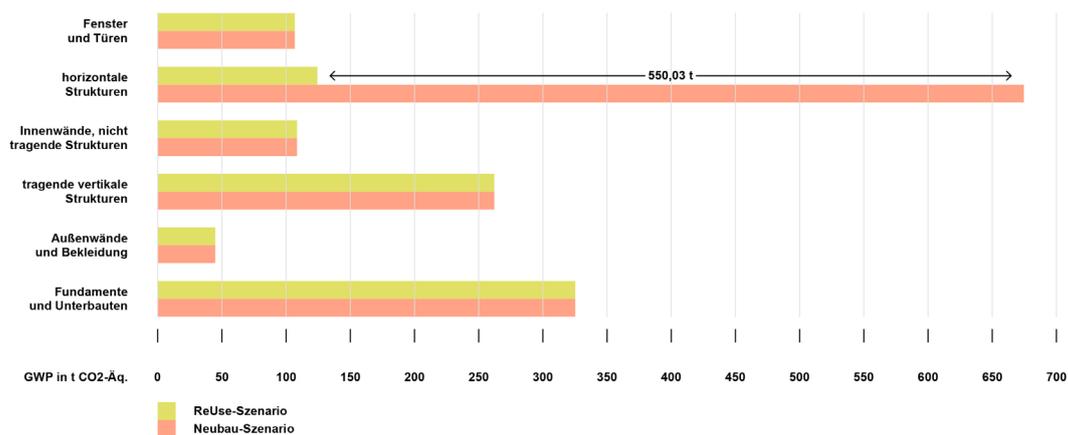


Diagramm: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 3: Auswertung der Ökobilanz des Mustergebäudes nach Bauteilen aufgegliedert. Die grünen Balken stellen anteilig das GWP für das ReUse-Szenario dar, die orangen Balken die Werte des Neubau-Szenarios.

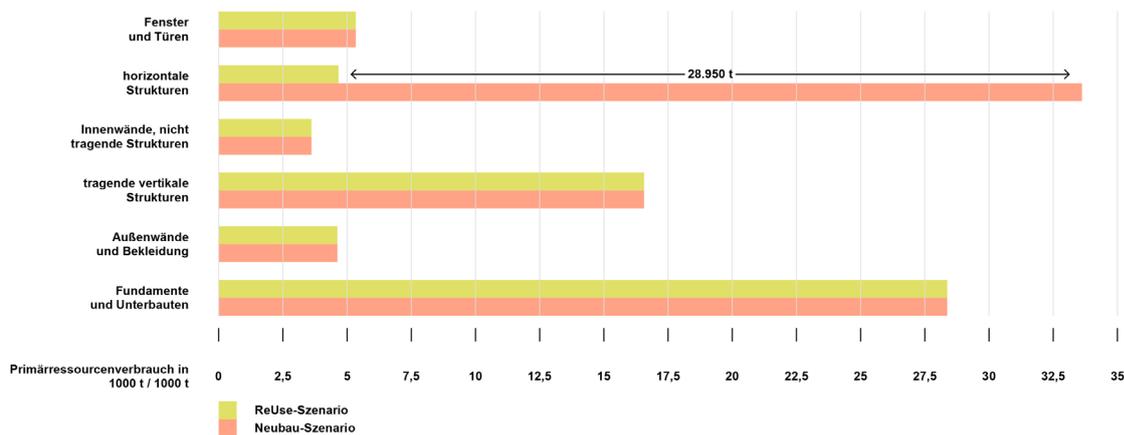


Diagramm: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 4: Auswertung der Primärressourcenverbrauch des Mustergebäudes nach Bauteilen aufgegliedert. Die grünen Balken stellen anteilig den Primärressourcenverbrauch für das ReUse-Szenario dar, die orangen Balken den des Neubau-Szenarios.

nur die Module A1 bis A3 dargestellt wurden, muss für die Vergleichbarkeit zu den in diesem Forschungsprojekt ermittelten Daten das Modul A4 addiert werden. Der hierfür ermittelte Wert liegt für Muster- und Referenzgebäude bei ca. 14,8 kg CO₂-Äq. /m²-NGF.

Erweitert man nun also den GWP-Mittelwert der real durchgeführten Bauvorhaben um den Referenzwert für Modul A4 von ca. 15 kg CO₂-Äq. /m²-NGF, würde im Neubau-Szenario das flächenbezogene GWP um ca. 33 kg CO₂-Äq. /m²-NGF überschritten. Das entspricht ca. 9% des Mittelwerts der DGNB-Studie. Im Falle des ReUse-Szenarios würde es um ca. 117 kg CO₂-Äq. /m²-NGF unterschritten, etwa 31% des DGNB-Mittelwerts.

Beim Primärressourcenverbrauch ist durch die Wiederverwendung der gebrauchten Betonelemente eine Einsparung von 33,10% der benötigten Primärressourcen möglich. Das entspricht einer Menge von ca. 28.950 t Rohstoffe, die nicht abgebaut bzw. verbraucht werden müssen. Für die Herstellung von einer Tonne Beton werden 4,79 t Rohstoffe benötigt. Vor allem wird Wasser benötigt: 3,42 t Frischwasser pro t Beton. Aber natürlich müssen auch abiotische (v.a. mineralische) Rohstoffe wie Kalkstein und Sand bereitgestellt werden. Sie belaufen sich auf 1,31 t abiotischer Rohstoffe pro Tonne neuen Betons.

Um eine Vorstellung über die Ausmaße des eingesparten Materialvolumens zu bekommen, kann dementsprechend angenommen werden, dass 30% der eingesparten Primärressourcen abiotische Rohstoffe (d.h. 8.685 t) sind und die restlichen 70% Wasser (d.h. 20.265 t).

Nimmt man für die eingesparten abiotischen Rohstoffe an, dass es sich vor allem um Sand handelt, kann über die Dichte ($1,5 \text{ t / m}^3$) das Volumen (5.790 m^3) ermittelt werden. Das entspricht ungefähr einem Zylinder von 17m Durchmesser und 25 m Höhe. Daneben kann das eingesparte Wasser (Dichte: $0,997 \text{ t / m}^3$) mit einem Zylinder von ungefähr 32 m Durchmesser und 25 m Höhe dargestellt werden.

Einordnung / Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen im Bauwesen

Zur Einordnung der Größe des Potenzials zur Einsparung von CO₂-Emissionen durch die Wiederverwendung von Betonelementen sollen eine Reihe anderer aktueller Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen bei der Errichtung von Gebäuden betrachtet werden. Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen fokussieren dabei auf die sogenannte Graue Energie, also die Energie, die für die Herstellung von Baumaterialien und die Errichtung von Gebäuden (LCA-Modul A) verwendet wird. Die Einsparung von Betriebsenergie (LCA-Modul B) und damit verbundene Maßnahmen zur Energieeffizienz (Wärmedämmung, Solarthermie, Photovoltaik, etc.) sollen hier nicht weiter betrachtet werden, da sie unabhängig von bzw. in Kombination mit den nachfolgend beschriebenen Maßnahmen ausgeführt werden können.

Beim Recyclingbeton bestehen die Zuschlagstoffe aus recyceltem mineralischem Bauschutt (min. 25 bis max. 45% des Betonvolumens). So kann der Abbau von natürlichen Rohstoffen wie Sand und Kies sowie deren Weitertransport vermieden werden. Durch den Transport und das Zerkleinern des wiederverwendeten Bauschutts wird jedoch auch Energie verbraucht und CO₂ freigesetzt. Die Klimabilanz hängt also stark vom Transportweg zwischen Abbruch- und Wiedereinbauort ab. Zudem muss für RC-Beton neuer Zement verwendet werden, dessen Herstellung bekanntlich sehr energieaufwendig und CO₂-Emissions-intensiv ist. Der Vorteil von RC-Beton liegt damit eher in der Reduzierung des Primärressourcenverbrauchs.

Laut eines Datensatzes aus der Ökobaudat-Datenbank wird für die Herstellung (Module A1-3) des RC-Betons ein Global-Warming-Potential von 230 kg CO₂-Äq. pro Kubikmeter RC-Transportbeton freigesetzt.⁶ Im Vergleich dazu liegt neuer Transportbeton bei 234,4 kg CO₂-Äq. pro Kubikmeter.⁷ RC-Beton spart demnach in der Herstellung nur unbedeutende ca. 2% der CO₂-Emissionen im Vergleich ein und stellt damit keine wirklich klimafreundlichere Alternative zu herkömmlichem Beton dar.

Die Zementindustrie forscht seit einigen Jahren sehr intensiv an klimafreundlichen Produktionsweisen für Zement. Ein Ergebnis dieser Bemühungen ist das Verfahren zur Abscheidung von CO₂ während des Brennvorgangs der Zementklinker (Zwischenstadium bei der Zementherstellung). Heidelberg Cement, einer der größten Hersteller von Zement in Europa und seit 2022 in Heidelberg Materials umbenannt, veröffentlichte im Mai 2022 eine Presseinformation, in der der Bau einer CO₂-Abscheideranlage im Werk Hannover mit geplanter Fertigstellung im Jahr 2025 angekündigt wurde. Diese Anlage soll 20% der CO₂-Emissionen während der Herstellung abscheiden können.⁸ Setzt man diese Reduzierung für den herkömmlichen Transportbeton voraus, könnte für die Herstellung (LCA-Module A1-A3) eines Kubikmeters Transportbeton ein Global-Warming-Potential von 187,52 kg CO₂-Äq. angenommen werden. Mit diesem Wert würde die gesamte Einsparung an Emissionen von CO₂-Äq. für das Neubau-Szenario (Mustergebäude mit gesamtem Rohbau aus neuem Beton) ca. 13,34 % betragen. Also weniger als die Hälfte dessen, was durch die Wiederverwendung der Betonelemente erreicht werden könnte. Zudem stellt die Verwendung von klimafreundlicherem Zement eine Option dar, die auch im Reuse-Szenario zusätzlich für die Bauteile angewendet werden kann, die ohnehin aus neuem Beton

⁶ ÖkobauDat 2021 - 1

⁷ ÖkobauDat 2021 - 2

⁸ Heidelberg Materials 2022

hergestellt werden müssten (Fundamente, Unterzüge, Stützen, etc.). Darüber hinaus ist die Abscheidetechnik erst in der Zukunft verfügbar.

Ein anderes Instrument für die Einsparung von Treibhausgasen bei der Errichtung von Gebäuden ist das Bauen mit Holz. Eine 2017 veröffentlichte Studie von Prof. Anette Hafner et. al. von der Ruhr Universität Bochum kommt zu dem Schluss, dass ein Holzbau im Vergleich zu einem Gebäude gleicher Größe aus mineralischen Baustoffen (Beton, Ziegel, etc.) von 9% bei Mehrfamilienhäusern bis zu 56% bei Ein- und Zweifamilienhäusern des Global-Warming-Potentials einsparen kann.⁹ Dies bedeutet, dass der Holzbau vor allem für kleinere Gebäude unbedingt angewendet werden sollte und hier auch das in diesem Forschungsprojekt berechnete CO₂-Einsparpotenzial durch die Wiederverwendung von Betonelementen übersteigt. Für größere Gebäude hingegen stellt sich dieses Potenzial geringer dar, was für diese Gebäudeart für die mineralische Bauweise mit wiederverwendeten Betonelementen spricht.

Zudem ist die lokale Holzwirtschaft durch die natürliche Grenze des Waldwachstums eingeschränkt. Sollte durch eine überhöhte Nachfrage Bauholz aus fernen Orten nach Deutschland transportiert werden, reduziert sich durch den Transportaufwand die positive Auswirkung auf die Ökobilanz.

Optimierungspotenzial der Methodik

Während der Bearbeitung des AP1 sind einige Punkte aufgefallen, die als Optimierungspotenzial für die Methodik zur Ermittlung der vorliegenden Ergebnisse genannt werden können:

Zum einen sind die Datensätze für das Global-Warming-Potential, die in der Datenbank von One-Click-LCA hinterlegt sind und für die vorliegenden Berechnungen verwendet wurden, teilweise veraltet und teilweise sogar nicht mehr gültig. Da die Herstellungsprozesse der Baustoffe und -materialien sich in den letzten Jahren nicht grundlegend verändert haben, sind die Ergebnisse trotzdem als aussagekräftig zu bewerten. Eine Aktualisierung bzw. Austausch von veralteten Datensätzen wäre aber in zukünftigen Berechnungen anzustreben.

Ähnlich verhält es sich mit der Datengrundlage für die Berechnung des Primärressourcenverbrauchs. Die MIT-Tabelle des Wuppertal Instituts wurde zuletzt im Jahr 2014 aktualisiert. Allerdings ist auch hier nicht von bedeutenden Veränderungen in der Materialgewinnung und Baustoffherstellung auszugehen.

Es muss zudem erwähnt werden, dass der Energieaufwand, der für den Rückbau der Betonelemente aufgewendet werden muss, nicht in die Ökobilanzierung aufgenommen wurde. Dies lässt sich dadurch begründen, dass dem Projekt die Annahme zugrunde liegt, dass das Gebäude sowieso rückgebaut worden wäre. Die CO₂-Emissionen für den Rückbau könnten dann also in der Klimabilanz des vorherigen Gebäudes unter Modul C (Entsorgung) verbucht werden. In der Zukunft könnte aber eine genaue Aufnahme des Energieverbrauchs einer Rückbaumaßnahme durchgeführt werden, um diesen Energieverbrauch als Herstellungsaufwand für die gebrauchten Betonelemente zu berücksichtigen.

Zuletzt muss benannt werden, dass der Vergleich zwischen Mustergebäude (Reuse-Szenario) und dem Referenzgebäude (Neubau-Szenario) insofern nur bedingt belastbar ist, dass er nur explizit auf der Materialebene ansetzt. Ein konventioneller Neubau, der zwar die gleichen Wohnungsgrößen und -konfigurationen beinhaltet, aber nicht aus wiederverwendeten Betonelementen zusammengesetzt wäre, würde eine andere, wahrscheinlich rationalere Form annehmen, wodurch sowohl die Gebäudeform als auch das Tragwerk materialsparender und effizienter geplant werden könnten.

9 Hafner et al. 2017

7.2 AP2 - Digitalisierung und Skalierbarkeit der Abbau- und Aufbauplanung

Das zweite Arbeitspaket wurde vom 01. Dezember 2022 bis zum 1. Juli 2023 bearbeitet und mit der Veröffentlichung des Software-Tools, einer Anleitung und eines Video-Tutorials auf der Projektwebsite abgeschlossen.

Aufgabenstellung

Im AP2 des Forschungsprojektes sollte ein Software-Tool entwickelt werden, das das Entwerfen und Planen mit wiederverwendeten Stahlbetonelementen im digitalen Planungsprozess erleichtert. Hierfür wurde die Softwarekombination von Rhinoceros (3D-Modellierungssoftware) und Grasshopper (visuelle Programmierschnittstelle) ausgewählt. Als grundlegender Ansatz für das zu entwickelnde Tool wurde das Ziel bestimmt, eine automatisierte und auf Parametern basierende Zuschnittsfunktion für 3D-Modelle von Bestands-Stahlbetonstrukturen zu programmieren. Durch die Verwendung von Parameter-Inputs soll die Möglichkeit geschaffen werden, schnell eine Reihe von Zuschnitt-Varianten generieren zu können. Die so generierten Elemente sollten dann wiederum individuell identifizierbar in einer Art Bauteilbibliothek erscheinen, sodass die Übersicht über die Anzahl verfügbarer Elemente für die nächsten Planungsschritte leicht gewährleistet werden kann.

Version 1

Bei der ersten Version des Tools sollte das 3D-Modell einer Stahlbeton-Struktur durch das Überlagern mit einem parametrisch veränderbaren Rechteck-Raster in rechteckige Elemente zerlegt werden. Herausforderungen wie das Zerteilen der Struktur in einzelne Geschosse bei mehrgeschossigen Gebäuden sowie das Vermeiden von Vertikal-Schnitten durch Stützen mussten beachtet und gelöst werden. Eine weitere Voraussetzung für die Ausgangsgeometrie war die sorgfältige Modellierung des zu bearbeitenden 3D-Modells, da bei der Arbeit mit 3D-Volumenkörpern (Polysurfaces) in der Software Rhinoceros häufig Probleme mit Kanten (z.B. non-manifold edges) oder nicht planaren Flächen auftreten. Diese Modellierungungenauigkeiten führen dann zu Fehlermeldungen bei der Verwendung der Geometrien mit Grasshopper.

Das Script in der Grasshopper-Oberfläche ist in Inputs auf der linken Seite, Funktionscluster in der Mitte und Outputs auf der rechten Seite gegliedert. Als Input dient das zuvor beschriebene 3D-Modell (Brep) sowie eine Reihe von Parametern, die das Zuschnittergebnis bestimmen. Im Script-Cluster werden die Inputs dann verarbeitet und der Zuschnitt gemäß den angegebenen Parametern erstellt. Als Outputs werden das Schnittraster (2D) in der Bestandsgeometrie sowie eine sortierte Übersicht der Elemente mit individuellen IDs, Gewicht und Volumen bereitgestellt.

Auf der Rhinoceros Oberfläche erscheinen die mit dem Grasshopper-Script generierten Geometrien als 3D-Strukturen. Sobald durch die Veränderung der Parameter ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht wurde, können die Elemente in Grasshopper „gebacken“ (bake-Funktion) werden und stehen damit als 3D-Geometrie (Polysurface) in Rhinoceros zur weiteren Verwendung bereit.

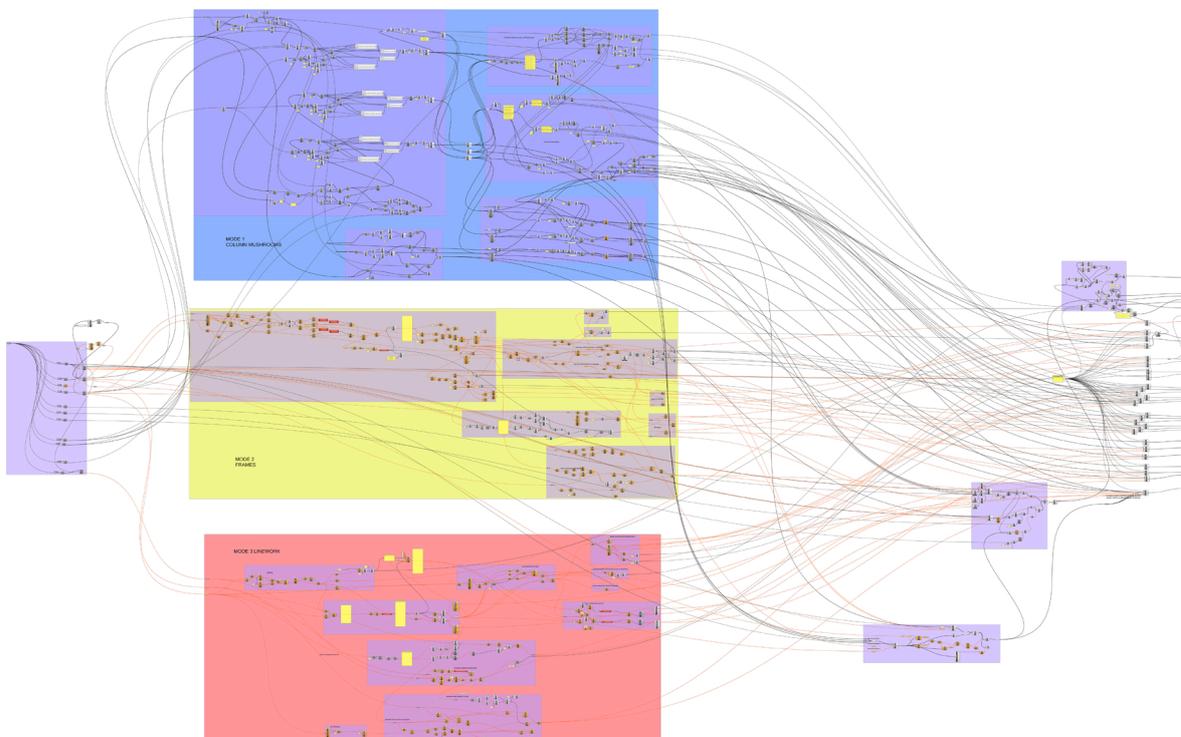
Beratungsworkshops

Um die Verwendbarkeit und Relevanz des Tools für Planerinnen und Planer sicher zu stellen, wurden eine Reihe von Beratungsworkshops mit Vertretern von Planungsbüros abgehalten. Bei diesen Workshops wurde der jeweils aktuelle Stand des Tools vorgestellt und diskutiert.

Der erste Beratungsworkshop fand am 10.02.2023 mit Giovanni Betti vom Architekturbüro HENN statt. Sein Feedback bestand hauptsächlich darin, dass die Input-Geometrie, statt einer 3D-Geometrie, besser eine 2D-Geometrie sein sollte. Dies würde die Arbeit mit komplexeren Gebäudegrundrissen vereinfachen und die Leistung des Tools verbessern, da die Geometrieverarbeitung dann nur in 2D abläuft und so die Rechenleistung verringert werden kann. Außerdem gab Herr Betti zu bedenken, dass das Entwerfen des Zuschnittsmusters mehr durch die Gebäudestruktur selbst geprägt sein sollte, als dies bei der Version 1 mit dem generischen rechtwinkligen Raster der Fall war. Die Rasterposition und -größe könnte z.B. von der Position von Stützen abhängig sein.

Der zweite Beratungsworkshop fand am 03.03.2023 mit Jamie Queisser vom Architekturbüro Staab statt. Herr Queissers Augenmerk lag hauptsächlich auf den Möglichkeiten, die sich aus der Erstellung der Elemente ergeben. So könnte ein automatisierter Gebäudeentwurf, der sich aus den (durch Zuschnitt) gewonnenen Elementen zusammensetzt, wiederum Rückschlüsse (durch Algorithmen generierte Parameter) für eben jenen Zuschnitt liefern. Eine so generierte Rückkopplung könnte durch die Anwendung von Optimierungsalgorithmen zu einer Vielzahl an Varianten von optimierten bzw. „optimalen“ Zuschnittsmustern führen. Theoretisch sind diese Ansätze sehr interessant und wären für Büros oder Forschungsinstitute, die sich mit dem Themenbereich des generativen Designs beschäftigen, auch möglich zu bearbeiten. In diesem Forschungsprojekt bieten jedoch weder der Zeitrahmen noch die Programmierfähigkeiten des Teams einen ausreichenden Rahmen, um diese Fragestellungen zu untersuchen.

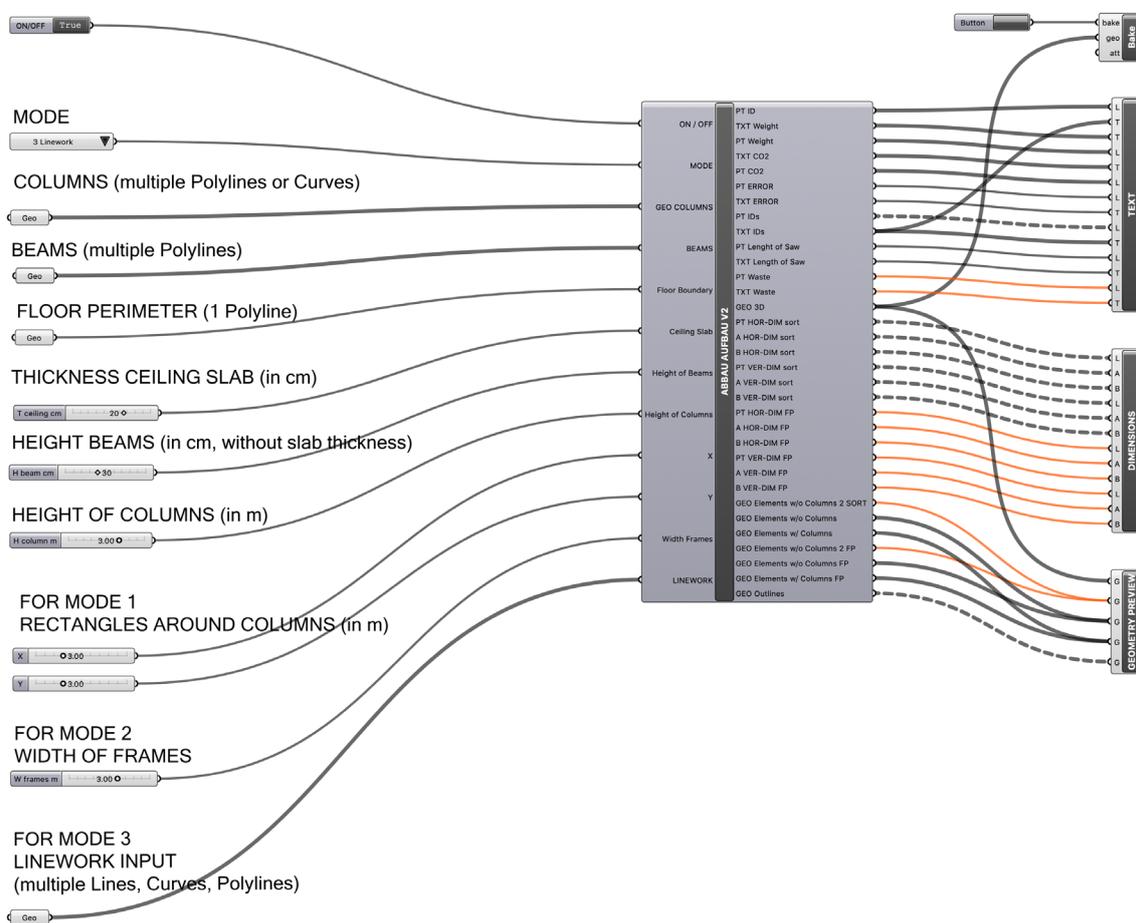
Ein weiterer Beratungsworkshop fand am 14.04.2023 mit Diego Apellániz vom Büro EDD statt. In der Zwischenzeit wurde bereits eine erste Variante der auf dem Feedback von Herrn Betti und Herrn Queisser basierenden zweiten Version des Tools entwickelt. Das Feedback von Herrn Apellániz bezog sich bereits auf die im Nachfolgenden beschriebenen neuen Funktionen und umfasste eher kleinere technische Vorschläge und Änderungen im Grasshopper-Script, die im Nachgang des Workshops dann direkt eingearbeitet wurden.



Darstellung: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 5: Screenshot des Clusterinhalts des Grasshopper-Scripts für das Abbau-Aufbau-Tool.

Alle drei Planer reagierten grundsätzlich sehr positiv auf den generellen Ansatz des Forschungsprojektes und auf die Entwicklung eines Grasshopper-Tools zur Digitalisierung des Planungsprozesses und signalisierten generelles Interesse an einer Anwendung des Tools in ihren jeweiligen Planungsbüros.



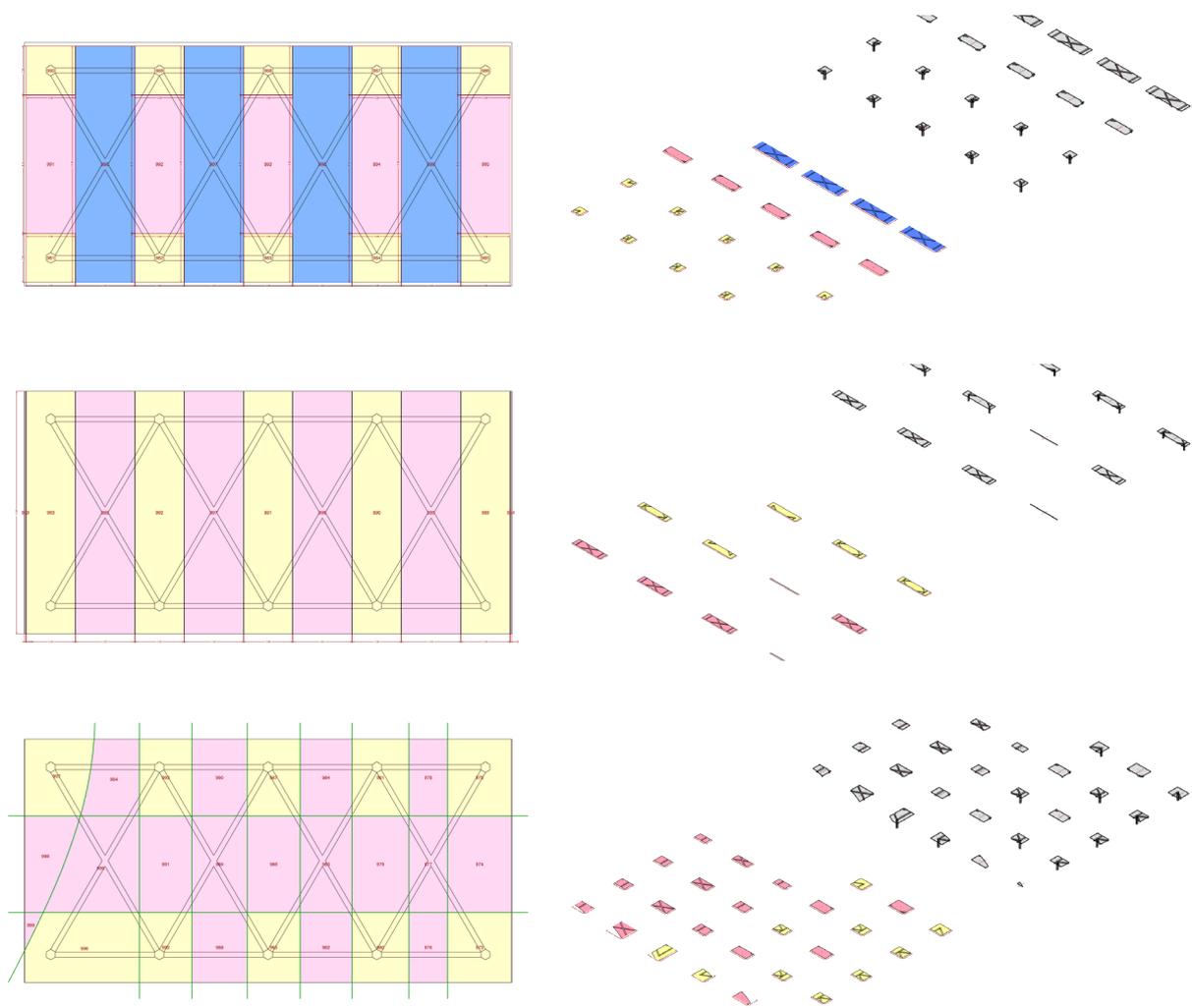
Darstellung: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 6: Screenshot des Abbau-Aufbau-Cluster-Components in Grasshopper mit Input-Parametern (links) und Outputs (rechts).

Version 2

Auf Grundlage des Feedbacks der Beratungsworkshops wurde die zweite Version des Tools entwickelt. Das generelle Layout des Scripts wurde von der Version 1 übernommen, so dass wieder verschiedene Inputs auf der linken Seite in ein Funktionscluster einspeisen und auf der rechten Seite eine Reihe von Outputs die generierten Geometrien von Zuschnittelementen und zusätzlichen Informationen bereitstellen. Abweichend von der Version 1 sind die Funktionen in der Version 2 nun in englischer Sprache betitelt, um das Tool einem größeren Publikum anbieten zu können.

Im Unterschied zur Version 1 kann bei der Version 2 zwischen drei unterschiedlichen Zuschnittmodi ausgewählt werden. Modus 1 mit dem Namen „Stützenpilze“ (engl. „Column Mushrooms“) generiert variabel große Rechtecke jeweils um die Stützen im Grundriss. Das daraus resultierende Raster generiert Schnittlinien, mit denen der Rest des Geschosses in rechtwinklige Elemente zerlegt wird.



Darstellung: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 7: Screenshots von der Anwendung der verschiedenen Modi des Abbau-Aufbau-Tools in Grasshopper. Dargestellt sind jeweils links die Zuschnittkonfigurationen im Ausgangsgrundriss und rechts die erzeugten Teile als 2D- und 3D-Teilekataloge in der Perspektivansicht in Rhino3D. Oben: Modus 1 - Stützenpilze, mittig: Modus 2 - Rahmen, unten: Modus 3 - Linienmuster.

Im Modus 2 („Rahmen“ / engl. „Frames“) werden immer zwei naheliegende Stützen zusammen mit dem sie verbindenden Deckenbereich zu einer Art Rahmenelement zusammengefasst. Die Breite des Rahmens ist variabel und bestimmt den Zuschnitt der verbleibenden Deckenbereiche.

Im Modus 3 („Linienmuster“ / engl. „Linework“) kann ein zuvor erstelltes beliebiges Linienmuster über den Grundriss des zu bearbeitenden Geschosses gelegt werden, nach dem der Zuschnitt dann generiert wird.

Die 2D-Geometrien werden unterteilt in Stützen, Balken und Geschossrand im Grasshopper-Script referenziert. Um die Elemente für die weitere Verarbeitung auch als 3D-Geometrie generieren zu können, müssen Kennwerte wie Deckenstärke, Balkenhöhe und Stützenhöhe per Variable dem Script zugeführt werden. Für jeden der drei Modi gibt es zudem auf der linken Seite verschiedene Inputs (Parameter oder referenzierte Geometrien) durch die das Zuschnitttraster bestimmt werden kann.

Nachdem die Geometrie im Cluster verarbeitet wurde, werden die Zuschnittergebnisse sowohl als 2D-Darstellung im Bestandsgrundriss, als auch als Teilebibliothek neben dem Bestandsgrundriss aufgelistet. Darüber

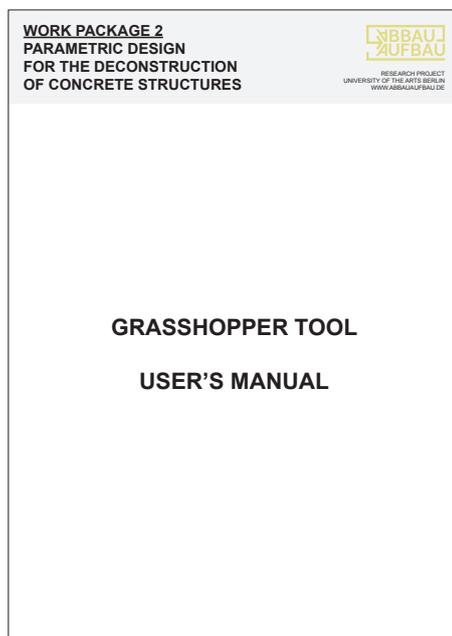
hinaus wird neben der 2D-Teilebibliothek eine 3D-Teilebibliothek erstellt, die durch einen Button im Grasshopper-Script „gebacken“ werden kann und damit zur weiteren Verwendung in Rhino zur Verfügung steht.

Die Elemente werden je nach Lage im Grundriss bzw. nach besonderer Eigenschaft in der 2D-Darstellung eingefärbt (z.B.: gelb = enthält Stütze). Jedes Element verfügt über eine individuelle ID, um eine genaue Zuordnung zur Position im Bestandsgrundriss zu gewährleisten. Die Maße der Elemente werden im 2D sowohl im Grundriss als auch in der Teilebibliothek angezeigt. Zusätzlich werden die Längen der Sägeschnitte addiert und ausgegeben. Des Weiteren erscheint eine Information über möglicherweise entstehenden Abfall durch nicht vollständige Ausnutzung der Geschossfläche.

Das Volumen, das Gewicht und die enthaltene graue Energie aus der ursprünglichen Herstellung (in CO₂-Äq.) werden neben den 3D-Elementen angezeigt und können den Elementen später als Attribute zugeordnet werden.

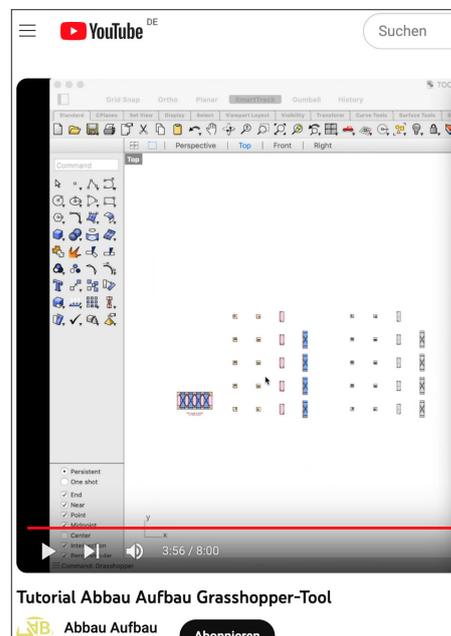
Veröffentlichung

Das Tool wurde als Grasshopper-Datei zusammen mit einem Handbuch und einem Anleitungsvideo am 01.07.2023 auf der Projektwebsite (www.abbauaufbau.de) veröffentlicht. Sowohl das Handbuch als auch das Tutorial-Video sind in englischer Sprache verfasst, um die sehr große und aktive Gemeinschaft internationaler Grasshopper-User zu erreichen. Da das Tool als Open-Source-Script öffentlich gemacht wurde und bearbeitbar bleibt, können Interessierte am Tool weiterarbeiten und weitere Funktionen nach Bedarf hinzufügen.



Darstellungen: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 8: Titelseite der Anleitung zum Abbau-Aufbau-Tool.



Darstellungen: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 9: Screenshot des Anleitungsvideos auf YouTube.com.

7.3 AP3 - Leitfaden für Muster-Bauablauf

Das zweite Arbeitspaket wurde vom 01. Juli 2023 bis zum 1. November 2023 bearbeitet und mit der Veröffentlichung des Leitfadens als PDF-Publikation auf der Projektwebsite abgeschlossen. Der im dritten Arbeitspaket verfasste Leitfaden für ein musterhaftes Bauvorhaben soll als umfassende Handreichung für Planer:innen dienen, die sich mit der Bauweise mit gebrauchten Stahlbetonelementen befassen wollen. Dabei wurde systematisch dem Fortschritt eines hypothetischen Bauprojektes gefolgt, beginnend bei der Akquise eines Spendergebäudes und eines Neubauvorhabens bis hin zur Fertigstellung des neuen Gebäudes. Für jeden Teilschritt wurde beleuchtet, welche Unterschiede und Herausforderungen sich im Vergleich zum konventionellen Neubau ergeben und welche Lösungsmöglichkeiten sich anbieten.

Dabei konnte sich zum einen auf Eigenerfahrung des Forschungsteams im Bereich der Ausführungs- und Genehmigungsplanung sowie der statischen Anforderungen und konstruktiven Problemstellungen und auf Vorarbeiten im Bezug auf die Erstellung von Zuschnittrastern für der Zerlegung von Rohbaustrukturen und Entwurfstechniken für die Wiederverwendung berufen werden. Zum anderen wurden Interviews mit verschiedenen relevanten Akteur:innen wie z.B. einem 3D-Laserscan-Büro und dem Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) durchgeführt. Darüber hinaus basiert der Leitfaden auf einer umfassenden Literaturrecherche.

Folgende Themenschwerpunkte werden im Leitfaden besprochen:

Bestandsaufnahme Spendergebäude und Untersuchung auf Wiederverwendbarkeit

Hierfür wurden Methoden zur Bestandsaufnahme wie die Erstellung von Planunterlagen auf Basis von verschiedenen Aufmaß- und Dokumentationstechniken vorgestellt. Außerdem konnten grundlegende Maßnahmen zur Bestimmung der statischen Eigenschaften der Struktur und der potenziellen Elemente, wie Betonfestigkeit, Bewehrungslage oder Karbonatisierungsgrad zusammengestellt und als Handlungsempfehlungen aufbereitet werden.

Gebäudezertifizierung

Da im Bereich des nachhaltigen Bauens die Zertifizierung der Gebäude mehr und mehr an Bedeutung gewinnt, wurde dieser Thematik im Leitfaden ein Kapitel gewidmet, in dem die wichtigsten Punkte vorgestellt werden, bei denen die Wiederverwendung von tragenden Bauteilen eine Rolle spielt.

Entwurfsplanung

Im Bereich der Entwurfsplanung liegt das Augenmerk vor allem auf der Erstellung des Zuschnittplans. Hier werden die Auswirkungen des Zusammenspiels der Anforderungen des Neubaus und der Eigenschaften des Bestandsgebäudes genauer beleuchtet. Ebenso werden logistische Vorgaben wie Transportgröße und grundlegende Ansätze für die Kostenplanung dargelegt.

bauaufsichtliche Zulassung der gebrauchten Stahlbetonelemente

Um die Genehmigungsfähigkeit für Projekte mit der erforschten Bauweise zu gewährleisten, müssen die Elemente bauaufsichtlich zugelassen werden. Diese Thematik wird in Tiefe im Leitfaden erläutert und mit Empfehlungen für einen bestmöglichen Zeitplan im Rahmen eines Bauvorhabens ergänzt.

Bauteilkatalog und Logistik

Im Bereich der Inventarisierung und Logistik wurden Handlungsempfehlungen verfasst, die die Planung mit den gebrauchten Elementen vereinfachen sollen.

Genehmigungsplanung (inkl. Statik-, Brandschutz- und bauphysikalischen Anforderungen)

Für die Genehmigungsplanung wurden die bauordnungsrechtlichen Vorgaben analysiert und mit den Eigenschaften bzw. Besonderheiten der erforschten Bauweise abgeglichen. Auf dieser Basis konnte eine umfassende Hilfestellung für die Erstellung der Genehmigungsplanung verfasst werden.

Ökobilanz

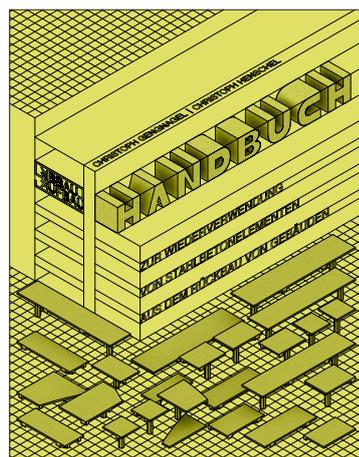
Die Ökobilanz (LCA) gewinnt zunehmend an Bedeutung bei der Entwicklung von Bauvorhaben und wird daher im Leitfaden erläutert. Als grundlegende Arbeitsanleitung soll das Kapitel dazu dienen, die Vorteile der Bauweise im Bereich der Einsparung von CO₂-Emissionen schnell und einfach ermitteln zu können.

Planung, Ausschreibung, Ausführung Rückbau

Ein großer Themenbereich ist die Planung und Ausführung des Rückbaus. Schwerpunkte sind hier vor allem die Statik und die Einhaltung der Vorgaben der Arbeitssicherheit, Schadstofffreiheit und der Abfallwirtschaft, für die es gilt, besonders auf eine korrekte Dokumentation zu achten.

Planung, Ausschreibung, Ausführung Neubau

In den Kapiteln zu Planung, Ausschreibung und Ausführung des Neubaus werden besonders die Herausforderungen im Bereich der Logistik und Bauablaufplanung, aber auch Themen wie Gewährleistung und Versicherung beleuchtet.



Darstellung: Christoph Henschel, UdK Berlin.

Abbildung 10: Titelseite der e-Publikation "Handbuch zur Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus dem Rückbau von Gebäuden".

Der Leitfaden wurde unter dem Titel "Handbuch zur Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus dem Rückbau von Gebäuden" am 01.11.2023 als e-Publikation mit 244 Seiten, die sowohl Text als auch eine Vielzahl an Zeichnungen und Darstellungen enthalten, auf der Projektwebsite veröffentlicht und kann dort kostenfrei heruntergeladen werden.

7.4 AP4 - Vorbereitung für Experimentalgebäude

Im vierten Arbeitspaket des Forschungsprojektes (01.11.2023 bis Projektende) sollten Projektpartner:innen für die Umsetzung eines Experimentalgebäudes (Reallabor) gefunden werden. Dies umfasst zum einen die oder den Eigentümer:in eines Gebäudes mit einer Rohbaustruktur aus Ortbeton, das abgerissen werden soll - das sogenannte Spendergebäude. Und zum anderen musste ein:e Bauherr:in für einen Neubau gefunden werden, bei dem die Elemente eingesetzt werden können. Darüber hinaus war es angestrebt bereits im Vorfeld Kontakte zu Abbruch- und Betonsägefirmaen sowie zu Tragwerksplanungsbüros zu etablieren, um diese bereits vor dem Beginn der eigentlichen Arbeiten am Bauvorhaben für die erforschte Bauweise zu sensibilisieren.

Umfrage Baufirmen

Zunächst wurde eine Umfrage mit Abbruchfirmen durchgeführt. Dafür wurden im Raum Berlin und Umgebung 35 Firmen, im Raum Hamburg 14 Firmen, im Raum Stuttgart 10 Firmen und im Raum Köln 10 Firmen teils telefonisch, oder bei Nichterreichbarkeit per E-Mail angefragt.

Den Firmen wurde im Rahmen der Anfrage ein Link zu einer Online-Umfrage zugestellt, die folgende Fragen enthielt:

- a) Wie viel Vorlauf haben Sie üblicherweise für Rückbau- oder Abbruchvorhaben?
- b) Wie viele Rückbauten bzw. Abbrüche von Stahlbetongebäuden, insbesondere Ortbeton, führen Sie pro Jahr durch? (Ergänzend: weiterführende Angaben zu Größe und Nutzung)
- c) In welchen Regionen, Städten oder Stadtteilen führen Sie besonders oft Rückbauten oder Abbrüche von Stahlbetonbauten durch?
- d) Gibt es in Ihrem Betrieb die Möglichkeit zur Einlagerung von rückgebauten, zur Wiederverwendbaren geeigneten Baustoffen /-produkten?
- e) Hätten Sie Interesse daran, sich zukünftig mehr auf die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen (Wiederverwendung statt Entsorgung) zu fokussieren?

Von den 69 angefragten Firmen haben nur drei Firmen das Umfrageformular ausgefüllt und abgeschickt. Zwei davon aus dem Berliner Raum und eine mit Sitz in Hamburg. Die Antworten der drei Firmen waren bis auf die Anzahl der Abbruch- bzw. Rückbauaufträge sehr ähnlich: So gaben alle drei Firmen an, dass die Vorlaufzeit vor einem Abbruch bzw. Rückbau 2-6 Monate beträgt und dass sie - wenn auch begrenzt - Möglichkeiten zur Einlagerung von gebrauchten Bauteilen auf dem Firmengelände hätten. Auch die Frage ob Interesse am Thema der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen besteht, beantworteten alle drei Firmen mit ja, wobei eine Firma dabei betont, dass zum Zeitpunkt der Befragung noch Unsicherheit wegen der bevorstehenden Mantelverordnung und der darin festgelegten Bestimmungen besteht. Eine der drei Firmen betonte, dass die Kreislaufwirtschaft für sie eine große Rolle spielt, da sie darin eine Möglichkeit zur Sicherung einer wettbewerbsfähigen Position am Markt sieht.

Aus der Befragung und den überraschend geringen Rückmeldungen lässt sich schlussfolgern, dass der überwiegende Anteil der befragten Firmen kein Interesse an einer Auseinandersetzung mit dem Thema der Kreislaufwirtschaft hat. Bei vielen der telefonischen Anfragen wurde darauf verwiesen, dass man keine Zeit hätte, sich damit zu beschäftigen, da man im laufenden Geschäft bereits sehr eingespannt wäre. Daraus lässt sich

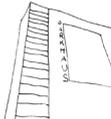
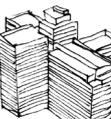
ableiten, dass für die meisten Unternehmen noch kein wirtschaftlicher Druck besteht, den Status Quo zu überdenken.

Recherche und Kontaktaufnahme Spendergebäude (Abbau)

Im zweiten Schritt wurde versucht mögliche Spendergebäude im Raum Berlin zu finden. Dafür wurden Zeitungsberichte und Online-Foren durchsucht und gleichzeitig wurden die aktuellen Baugenehmigungslisten der Berliner Bezirke gesichtet und überprüft, ob für eines der geplanten Neubauprojekte ein Bestandsgebäude weichen muss. Als Ergebnis konnten 17 Gebäude in Ortbetonbauweise gefunden werden, für die in absehbarer Zeit der Abriss geplant ist oder diskutiert wird.

Für diese wurden im nächsten Schritt der oder die Eigentümer:in oder die Entwicklerfirma ermittelt. Und bei ausgewählten Gebäuden, bei denen eine besondere Eignung für eine potenzielle Zusammenarbeit festgestellt wurde, wurden diese dann auch kontaktiert.

		Objekt	Nutzung	Eigentümer:in	Status (Stand Januar 2024)
1		Hotel Mondial Kurfürstendamm 47 Berlin-Charlottenburg	ehemaliges Hotel	Atrium Development Group	Leerstand seit ca. Herbst 2022. Keine Reaktion auf Anfrage per E-Mail.
2		Kaufland Brunnenstr. 105-109 Berlin-Wedding	Supermarkt	Hines Immobilien GmbH	Diskussion um Abriss läuft noch.
3		Rathenowerstr. 15-18 Berlin-Moabit	Jugendzentrum, Moschee	WBM (staatlich)	Abriss erfolgte im Januar 2023.
4		Schlüterstraße 44 Berlin-Charlottenburg	Wohn- und Geschäftshaus	Dr. Thomas Bscher Grundstücksverwaltungs GmbH	Abriss erfolgte im Juli 2023.
5		Umlandstraße 77 Berlin-Wilmersdorf	Wohn- und Geschäftshaus	Berliner Häuser Baumanagement LenzWerk Holding GmbH	Abriss steht kurz bevor.
6		Leiser Schuhhaus Tauentzienstraße 20 Berlin-Schöneberg	Geschäftshaus	Signa Gruppe	Mietverträge laufen noch bis März 2024.
7		Prinzenallee 85 Berlin-Wedding	Geschäftshaus	HoBo Vermögensverwaltungsgesellschaft mbH	Unklar, welcher Gebäudeteil abgerissen werden soll.

8		Sheraton Hotel Lützowufer 15 Berlin-Tiergarten	Hotel	Deutsche Finance International Cells Group	Unklar, welcher Gebäudeteil abgerissen werden soll.
9		Park-Center Am Treptower Park 14 Berlin-Treptow	Einkaufszentrum	Kintyre Management GmbH	Diskussion um (Teil-)Abriss läuft noch.
10		Karstadt Wilmsdorfer Str. 118 Berlin-Wilmersdorf	Warenhaus	Redevco B.V.	"Der Mietvertrag [von Karstadt] läuft Anfang 2024 aus. Der Vermieter Redevco hat angekündigt, das Haus abreißen und dort neu bauen zu wollen." Tagesspiegel, 08.09.2023 André Görke
11		Tal-Center Oberweißbacher Str. 7 Berlin-Marzahn	Einkaufszentrum	GEWOBAG (staatlich)	"Auf Nachfrage teilte die Gewobag mit, dass Anfang 2026 der Baubeginn erfolgen soll." Berliner Woche, 16.01.2023 Philipp Hartmann
12		Steglitzer Kreisel (Sockelgebäude) Albrechtstr. 2 Berlin-Steglitz	Geschäfte, Hotel und diverse weitere Nutzungen	Adler Group	Weitere Entwicklung derzeit unklar.
13		Hotel President An der Urania 16-18 Berlin-Schöneberg	Hotel	Becken Holding GmbH	Zwischennutzung als Geflüchtetenunterkunft.
14		Hotel Sylter Hof Kurfürstenstraße 114-116 Berlin-Tiergarten	Hotel	Soravia Investment Holding GmbH	Diskussion um Abriss läuft noch.
15		An der Urania 4-10 Berlin-Schöneberg	Bürogebäude	BIM (staatlich)	Diskussion um Abriss läuft noch.
16		Holzmarktstraße 51	Schwimmhalle	Berlinovo (staatlich)	Abriss steht bevor.
17		ehem. Nixdorf-Fabrik Gustav-Meyer-Allee 1 Berlin-Wedding	Fabrik	Coros Management GmbH	Abriss für das Frühjahr 2025 geplant.

Leider blieben die Kontaktversuche erfolglos: alle Anfragen per Email und Briefen blieben unbeantwortet. Dies lässt zum einen darauf schließen, dass die Beteiligten Parteien kein Interesse an einer Veränderung der gängigen Abbruch- und Ersatzneubautätigkeit haben und zum anderen, dass Kontakte zu Immobilieneigentümer:innen nur sehr schwer ohne vorher bestehende Vernetzung oder gemeinsame Bekannte entstehen kann. So ist zum Beispiel Thomas Bscher, Eigentümer des Objekts Schlüterstraße 44, einer der reichsten Männer Deutschlands,¹ der wegen seines großen Vermögens wohl eine gewisse Anonymität im Bezug auf seine Bautätigkeit in Berlin vorzieht und daher eher nicht auf die Anfrage einer Berliner Universität reagiert.

Im November 2023 konnte allerdings doch - durch persönliche Beziehungen - Kontakt zu einem Eigentümer eines potenziellen Spendergebäudes hergestellt werden: der ehemaligen Nixdorf Computerfabrik. Das Gebäude befindet sich in Berlin-Wedding, diente zunächst als Fabrik von Nixdorf und zuletzt als Sitz der Berliner Sparkasse und soll im Frühjahr 2025 rückgebaut werden. Die Eigentümergesellschaft signalisierte gegenüber dem Forschungsprojekt Abbau Aufbau die Absicht einer möglichst ökologischen Beseitigung des Gebäudes und die Übernahme der dadurch entstehenden erhöhten Rückbaukosten. Weitere Gespräche stehen Mitte Februar 2024 an.

Recherche und Kontaktaufnahme Neubauvorhaben (Aufbau)

Parallel zu den Bemühungen, ein Spendergebäude zu finden, wurde nach einem möglichen Aufbauprojekt gesucht. Hierfür wurden zunächst auch die Eigentümer:innen der zum Abriss bestimmten Gebäude angefragt. Im Zuge dessen wurden die Atrium Development Group, die Dr. Thomas Bscher Grundstücksverwaltungs GmbH, die Kintyre Management GmbH, die GEWOBAG und die WBM angeschrieben. Leider haben alle fünf Unternehmen nicht auf die Anfragen des Abbau-Aufbau-Teams reagiert.

Als möglicher Partner wurde daraufhin noch das Immobilienunternehmen UTB Projektmanagement GmbH kontaktiert, da dieses sich mit einem starken Fokus auf nachhaltiger Stadtentwicklung und klimafreundlicher Bauwirtschaft präsentiert. Auch hier gab es keine Rückmeldung.

Durch einen zuvor bestehenden Kontakt stand dann im November 2023 eine Kooperation mit der HTW Berlin für einen Neubau des sogenannten "Haus der Transformation" im Raum. Dieses soll als Ort für studentisches Engagement am Standort Berlin-Schöneeweide in möglichst zirkulärer Bauweise errichtet werden. Bevor allerdings erste konkrete Gespräche über eine mögliche Projektpartnerschaft geführt werden konnten, signalisierte das Team der HTW, dass das Gebäude lieber in Holz- und Stahlbauweise errichtet werden soll, womit die Aussicht auf eine Zusammenarbeit wieder hinfällig war.

Im Dezember 2023 kam die Projektentwicklungsgesellschaft EPEA auf das Forschungsteam zu, um eine mögliche Kooperation für einen Schulbau in Dresden vorzuschlagen. Das Projekt ist im Hinblick auf die angestrebte Bauweise mit gebrauchten Stahlbetonelementen für das Forschungsprojekt sehr interessant, allerdings ist es im Umfang zu groß, der Anteil an gebrauchten Elementen am Neubau zu gering und der Ausführungszeitraum zu spät bzw. zu lang für das angestrebte Real Labor als Folgeprojekt im Rahmen einer ZukunftBau-Förderung. Dennoch wird der Kontakt zu EPEA aufrechterhalten und das Forschungsteam steht bei Bedarf für Fragen und Austausch zur Verfügung.

Ebenfalls im Dezember 2023 bemühte sich das Forschungsteam um eine Kooperation mit der Nachbarschaftsinitiative "Lokal Labor e.V.". Der Verein organisiert Angebote für die Vernetzung von Nachbarschaften in den Berliner Bezirken Tempelhof und Schöneberg. Im Frühjahr 2023 musste der Verein seine bisherigen Räumlichkeiten verlassen und suchte nach einem neuen Standort. Ab Mitte 2024 wird der Platz der Luftbrücke umfangreich umgebaut. In diesem Zusammenhang wurde die Idee geboren, im Bereich des Platzes einen kleinen

¹ ZDF 2023

Quartierstreff als Reallabor in der Abbau-Aufbau-Bauweise zu errichten. Bei dem für die Umgestaltung beauftragten städtischen Projektentwicklungsunternehmen GrünBerlin konnte durch einen ersten digitalen Pitch der Teams vom Lokal Labor e.V. und Abbau Aufbau bereits Interesse geweckt werden. Am 15.02.2024 findet eine vertiefende Vorstellung der Projektidee und eine Diskussion über die Machbarkeit statt.

Eine weitere Möglichkeit ergab sich ebenfalls im Dezember 2023 durch eine Anfrage des Architekturbüros Kombinativ. Dieses ist verantwortlich für den Umbau und die Sanierung eines ehemaligen Krematoriums zum Veranstaltungsort "Silent Green" in Berlin-Wedding. Die Eigentümer wünschen sich für den geplanten Erweiterungsbau eine möglichst nachhaltige Bauweise. Am 10.01.2024 fand ein erstes Gespräch für eine potenzielle Kooperation statt, aus dem hervorging, dass der Bauherr generell Interesse an einer Kooperation und Erprobung der Abbau-Aufbau-Bauweise hat, dass er aber eine Zusammenarbeit im Rahmen eines Folgeprojektes zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht zusagen kann.

Projektskizze und Projektpartner:innen

Zur Vorbereitung des Folgeantrags für das Experimentalgebäude im Rahmen eines Reallabors wurde eine Projektskizze erstellt. Diese beinhaltet die Aufgaben der beteiligten Partner, den Projektablauf und den Kostenplan für das Folgeprojekt.

Als bereits feststehender Partner ist zunächst der Lehrstuhl Konstruktives Entwerfen und Tragwerksplanung der UdK Berlin unter der Leitung von Prof. Christoph Gengnagel zu nennen. Hier sind für das Folgeprojekt zwei Stellen für wissenschaftliche Mitarbeiter:innen vorgesehen, die die Bearbeitung des Forschungsprojektes durchführen sollen, wobei eine Stelle für eine:n Architekt:in und die andere für eine:n Bauingenieur:in vorgesehen ist. Durch die Beteiligung beider Disziplinen können sowohl gestalterische und konstruktive Fragen als auch Fragen der Statik und Standsicherheit durch das Forschungsteam fachlich unterstützt und beantwortet werden. Neben der Unterstützung der Planungsaufgaben sollen die wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen das Projekt wissenschaftlich begleiten und dokumentieren. Aus dieser Dokumentation sollen fortlaufend kürzere Projektupdates veröffentlicht werden und am Ende des Projektes eine zusammenfassende Publikation in Buchform realisiert werden.

Als zweiter gesicherter Partner ist die Coros GmbH als Eigentümerin des Spendergebäudes (Nixdorf-Fabrik, Berlin-Wedding) zu nennen. Coros hat bereits die Bereitstellung von Eigenmitteln in Höhe von mindestens 80.000 € signalisiert, um die Arbeiten im Rahmen des Rückbaus zur Bereitstellung der gebrauchten Stahlbetonteile durchführen zu können.

Für den Rückbau wurde bisher kein Bauunternehmen bestimmt. Die Coros GmbH wird diese Leistung vergeben und somit liegt die Entscheidung, welches Unternehmen beauftragt wird, bei ihr. Das Forschungsteam empfiehlt jedoch, jenes Berliner Unternehmen für den Auftrag in Betracht zu ziehen, das im Rahmen der oben beschriebenen Befragung eine zukünftige verstärkte Ausrichtung auf die zirkuläre Bauweisen bekundet hatte.

Aufgrund der bereits bestehenden Zusammenarbeit zwischen der Coros GmbH und dem Tragwerksplanungsbüro 'Circular Structural Design' unter der Leitung des Geschäftsführers Prof. Dr.-Ing. Patrick Teuffel hat sich das Ingenieurbüro zu einer Kooperation im Rahmen des Forschungsprojektes bereit erklärt. Auf diese Weise können sowohl die Untersuchungen am Bestand als auch die statische Berechnung für den Neubau aus einer Hand durchgeführt werden.

Noch offen ist die Position des Bauherrn für den Neubau. Es wird erwartet, dass dies bis spätestens Ende Februar 2024 feststeht. Ebenso ist das Architekturbüro, das mit den Planungsleistungen für den Neubau beauftragt wird, noch nicht benannt. Es wird durch den Bauherren des Neubaus beauftragt und sollte möglichst bereits Vorerfahrungen im Bereich des zirkulären Bauens besitzen bzw. die Absicht haben, sich in Zukunft darauf vermehrt zu fokussieren.

Der Zeitplan sieht vor, dass das Projekt im Juli 2024 beginnt und bis Ende Juni 2026 läuft. Dies entspricht einer Laufzeit von 24 Monaten. Im ersten Arbeitspaket (Monat 1 bis 3) sollen die Bestandserfassung des Spendergebäudes und die Untersuchung der Qualität der Stahlbetonsubstanz erfolgen. Im zweiten Arbeitspaket (Monat 2 bis 8) soll zunächst die Entwurfsplanung für den Rückbau und anschließend für den Neubau durchgeführt werden. Im dritten Arbeitspaket (Monat 6 bis 9) erfolgt die Genehmigungsplanung für Rückbau und Neubau. Im vierten Arbeitspaket (Monat 8 bis 12) wird die Ausführungsplanung erstellt. Der Rückbau soll als Teil des fünften Arbeitspakets im Zeitraum von März bis Mai 2025 (Monat 9 bis 11) durchgeführt werden. Die Bauarbeiten für den Neubau sollen dann im Juli 2025 beginnen und im Rahmen des sechsten Arbeitspakets (Monat 13 bis 20) bis Februar 2026 abgeschlossen werden. Parallel zum Rück- und Neubau läuft das siebte Arbeitspaket (Monat 9 bis 24), in dem die Dokumentation und Auswertung des Reallabors durchgeführt werden soll.

Die Kosten für das Bauvorhaben belaufen sich nach derzeitiger Planung auf insgesamt etwa 390.000 €. Davon entfallen 80.000 € auf den Rückbau und 200.000 € auf den Neubau. Die verbleibenden 110.000 € sind als Planungskosten für Architektur und Tragwerksplanung angesetzt. Mit diesem Budget sollte ein Gebäude mit einer Bruttogeschossfläche von ca. 100 m² realisierbar sein.

8. Ergebnisse

Das erste wesentliche Zwischenergebnis des vorliegenden Forschungsprojektes war die Ermittlung des CO₂-Einsparpotentials im Bereich der Gebäudeherstellung. Hierbei konnte durch die durchgeführte Ökobilanz eine Einsparung von ca. 36% des Global Warming Potentials im Vergleich zur konventionellen Bauweise mit neuem Stahlbeton erreicht werden. Auf dieser Grundlage konnte festgestellt werden, dass die Weiterverfolgung dieser Bauweise im Hinblick auf die dringend notwendige Bauwende hin zu klimafreundlicheren Bauweisen sehr sinnvoll ist.

Als zweites Zwischenergebnis ist das im zweiten Arbeitspaket entwickelte Softwaretool zu nennen. Neben der Erstellung von Zuschnittsvarianten stellt das Tool hilfreiche Funktionen wie die Inventarisierung von Bauteilen sowie die Ermittlung von deren Abmessungen und Gewichten oder auch die Vergabe von individuellen IDs zur Verfügung. Dadurch kann die Planung wesentlich vereinfacht werden und das Tool schafft somit wichtige Voraussetzungen sowohl für den Rückbau als auch für den Neubau. Bei der Entwicklung des Werkzeugs wurde der Schwerpunkt auf Skelettstrukturen mit rechteckigem Grundrissraster gelegt, da dies die häufigste Konfiguration von Stahlbetontragwerken ist. Für Gebäude, deren Grundriss nicht auf einem rechteckigen Raster basiert oder bei denen anstelle von Stützen und Trägern hauptsächlich Wände verwendet werden, ist nur ein Teil der Funktionen nutzbar, da sich bei der Entwicklung gezeigt hat, dass es nahezu unmöglich ist, ein Werkzeug zu entwickeln, das für alle unterschiedlichen Gebäudestrukturen funktioniert.

Als nächstes Zwischenergebnis ist das im dritten Arbeitspaket erarbeitete "Handbuch zur Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus dem Rückbau von Gebäuden" zu nennen. Wie zuvor beschrieben, enthält es Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Bauvorhaben mit der untersuchten Bauweise. Aufgrund noch fehlender praktischer Erfahrungen ist es sehr allgemeingültig gehalten und könnte in Zukunft ergänzt und erweitert werden.

Zwischenergebnisse, die im vierten Arbeitspaket erarbeitet wurden, sind vor allem die Erfahrungen, die bei der Suche nach potenziellen Spendergebäuden und Bauherren gemacht wurden. Hier lässt sich zusammenfassen, dass die Bereitschaft zur Umsetzung der untersuchten Bauweise in der Immobilienwirtschaft noch nicht ausreichend vorhanden ist. Bei Abbruchunternehmen, Eigentümer:innen von Abbruchobjekten und konventionellen Projektentwickler:innen war es nahezu unmöglich, Gehör für das Bauen mit gebrauchten Stahlbetonelementen zu finden. Sie alle sind noch zu sehr im Status quo verhaftet.

Zusammenfassend lassen sich somit folgende Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt ableiten: Die Bauweise ist sowohl aus Sicht des Klimaschutzes als auch aus Sicht des Umweltschutzes sehr vielversprechend, es fehlt jedoch an praktischen Erfahrungen und positiven Beispielen, um mehr Akteure der Baubranche von der Machbarkeit und Sinnhaftigkeit des Bauens mit gebrauchten Stahlbetonbauteilen zu überzeugen. Eine Herausforderung bleibt auch die Vielfalt und Unvorhersehbarkeit von Bestandskonstruktionen, so dass es nahezu unmöglich ist, aus der Theorie konkrete, allgemein anwendbare Empfehlungen abzuleiten und zu formulieren.

Auch hier gilt, dass eine Reihe von praktischen Versuchen die fehlenden Informationen liefern könnte, die beim derzeitigen Stand der Forschung in Bezug auf das Planungswerkzeug und den Bauleitfaden noch fehlen.

Während der Laufzeit des Forschungsprojektes Abbau Aufbau sind in Deutschland und Europa eine Reihe weiterer Forschungsprojekte entstanden, die sich mit der Thematik des Bauens mit gebrauchten Stahlbetonbauteilen aus Ortbetonbauwerken beschäftigen. Zu nennen ist hier insbesondere das Forschungsprojekt "Fertigteile 2.0", eine Kooperation der TU Darmstadt und der TU Braunschweig. Das Projekt konzentriert sich stark auf den Einsatz von Digitalisierungstechniken und die Entwicklung von CNC-gefrästen Verbindungen der zurückgewonnenen Stahlbetonbauteile. Bisher wurden jedoch noch keine Ergebnisse aus diesem Projekt veröffentlicht. Zum anderen ist das kürzlich gestartete Projekt "concrete.matters" des Kollektivs Baukreisel und der Initiative Bauhaus Erde zu nennen. Hier soll ein konkretes Spendergebäude in Dortmund als Ausgangsmaterial für die Fundamente eines Neubaus dienen. Mit Ergebnissen ist hier voraussichtlich ab Frühjahr 2025 zu rechnen.

Neben den deutschen Forschungsinitiativen ist vor allem das SXL der EPF Lausanne als wichtige Institution im Bereich der ReUse-Forschung zu nennen. Hier konnten bereits erste Versuche zum Einsatz von gebrauchten Stahlbetonelementen als Teile einer Fußgängerbrücke durchgeführt werden. Eine Anwendung der Bauweise im Hochbau wurde hier noch nicht erforscht bzw. wurden dazu noch keine Ergebnisse publiziert.

Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit des Forschungsprojektes Abbau Aufbau wird durch die Veröffentlichung der Ergebnisse auf der Projektwebsite und die damit verbundene freie Zugänglichkeit gewährleistet. Zum einen wird dort die angewandte Methodik der Ökobilanzierung beschrieben, zum anderen wird das Softwaretool im Open-Source-Format kostenfrei zum Download angeboten und schließlich steht das Handbuch ebenfalls zum kostenlosen Download zur Verfügung. So können Forschende auf die im Forschungsprojekt gewonnenen Ergebnisse zurückgreifen und die Bauweise darauf aufbauend weiterentwickeln. Für das Team der UdK Berlin bietet die Vorbereitung des Reallabors die Anschlussfähigkeit im Rahmen eines Folgeprojektes, in dem die zuvor erarbeiteten theoretischen Grundlagen in Form eines realen Bauprojektes angewendet werden können und somit die zuvor beschriebenen Forschungslücken im Bereich der Praxis geschlossen werden können.

9. Mitwirkende

Autoren

Gengnagel, Christoph (Fachgebiet KET, Universität der Künste Berlin)

Henschel, Christoph (Fachgebiet KET, Universität der Künste Berlin)

Fachliche Betreuung

Wöffen, Daniel (BBSR Bonn)

10. Kurzbiographien



Foto: Michael Setzpfandt

Prof. Dr.-Ing. Christoph Gengnagel

Christoph Gengnagel ist Professor für Konstruktives Entwerfen und Tragwerksplanung im Studiengang Architektur an der UdK Berlin. Er studierte Bauingenieurwesen an der Bauhaus-Universität Weimar und Architektur an der Technischen Universität München, wo er 2005 promoviert wurde. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen neuer Struktur- und Werkstoffsysteme, computergestützter Entwurfs- und Fertigungsprozess sowie in der Entwicklung transdisziplinärer Forschungsmethoden. Christoph hatte akademische Positionen an der Technischen Universität München, University of Dundee und der Royal Academy of the Arts Kopenhagen inne. Er erhielt zahlreiche Förderungen für Forschungsprojekte von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Einstein-Stiftung, dem Europäischen Sozialfonds und dem Danish Council for Independent Research. Christoph Gengnagel verfügt über mehr als 25 Jahre Berufserfahrung als Bauingenieur. Er begann seine Berufspraxis bei DYWIDAG München sowie Barthel & Maus und war einer der Gründungspartner von a.k.a. Ingenieure in München. Seit 2013 ist er Beratender Partner bei Bollinger + Grohmann Ingenieure.



Foto: Pablo Hassmann

M.A. Christoph Henschel

Christoph Henschel ist Architekt und wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich zirkuläres Bauen. Er wurde 1991 in Rostock geboren, machte dort das Abitur und absolvierte anschließend eine Ausbildung zum Tischler in Clermont-Ferrand, Frankreich. Danach studierte er Architektur an der Universität der Künste Berlin und Parsons - The New School in New York City und schloss das Studium mit dem Master of Arts im Jahr 2020 ab. Nach zwei Jahren Tätigkeit im Berliner Architekturbüro STUDIOXPO und der wissenschaftlichen Mitarbeit im EU-Forschungsprojekt „ReCreate“ an der BTU Cottbus-Senftenberg begann er im Herbst 2022 die Arbeit im Forschungsprojekt „Abbau Aufbau“ an der UdK Berlin. Seit Dezember 2023 ist Christoph als Architekt in der Architektenliste des Landes Berlin eingetragen.

11. Literaturverzeichnis

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). 2015. "Bilanzierungsregeln für die Erstellung von Ökobilanzen." Zugriff: http://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebaeude/neubau/v_2015/LCA-Bilanzierungsregeln_BNB_BN_2015.pdf [abgerufen am 06.02.2024].

Braune, A.; Ekhvaia, L.; Quante, K.. 2021. Benchmarks für die Treibhausgasemissionen der Gebäudekonstruktion.

Dechantsreiter, U.; Korhammer, S.; Lütkemeyer, I.; Rissmann, C.; Spieß, M.. 2016. "Integration von wiederverwendbaren Bauteilen und Recyclingbaustoffen und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Planungsprozess eines Neubaus der Stadtwerke Neustadt." „Neubau Stadtwerke Neustadt“ Integration von wiederverwendbaren Bauteilen und Recyclingbaustoffen und die Auswirkungen auf den Planungsprozess (Phase 1). Zugriff: <https://www.dbu.de/projektdatenbank/32618-01/> [abgerufen am 06.02.2024].

Dena. 2022. "Gebäudereport 2022." dena-Gebäudereport 2022 - Zahlen, Daten, Fakten. Zugriff: <https://www.gebaeudeforum.de/wissen/zahlen-daten/gebaeudereport-2022/> [abgerufen am 06.02.2024].

Detail Magazin. 2010. "Freiluftbibliothek in Magdeburg." Detail 12/2010.

Hafner, A.; Rüter, S.; Ebert, S., Schäfer, S.. 2017. "Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau)." Zugriff: https://www.ruhr-uni-bochum.de/reb/mam/content/thg_bericht-final.pdf [abgerufen am 06.02.2024].

Heidelberg Materials. 2022. "Grünes Licht für Abscheideprojekt LEILAC 2 im Werk von HeidelbergCement in Hannover." Zugriff: <https://www.heidelbergmaterials.com/de/pi-23-03-2022> [abgerufen am 06.02.2024].

International Energy Agency. 2018. "World Energy Outlook 2018." Zugriff: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018> [abgerufen am 06.02.2024].

Kreislaufwirtschaft BAU. 2023. "13. Monitoring-Bericht (Datenbasis 2020)." Kreislaufwirtschaft Bau - Mineralische Bau- und Abbruchabfälle. Zugriff: <https://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/#Initiative> [abgerufen am 06.02.2024].

Mettke, Angelika. 2010. Material- und Produktrecycling – am Beispiel von Plattenbauten.

MyClimate. 2024. "t-Rechner". Zugriff: https://germany.myclimate.org/de/calculate_emissions [abgerufen am 06.02.2024].

ÖkobauDat (1). 2021. Prozess-Datensatz: Recycling Transportbeton C20/25 (de). Zugriff: https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=6739667a-49d1-4a9c-a4b2-eb542167710c&version=20.21.060&stock=OBD_2021_II&lang=de [abgerufen am 06.02.2024].

ÖkobauDat (2). 2021. Prozess-Datensatz: Transportbeton C20/25 (de). Zugriff: <https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?lang=de&uuid=9702d9ab-2af2-4fdc-9dc99-225583a9ffb7&version=20.19.010> [abgerufen am 06.02.2024].

OneClickLCA. 2022. "OneClickLCA - Grasshopper Integration." Zugriff: <https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360019399220-Grasshopper-Integration> [abgerufen am 06.02.2024].

Statista (1). 2022. "Leerstandsquote von Wohnungen in Berlin." Zugriff: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/258439/umfrage/leerstandsquote-von-wohnungen-in-berlin/> [abgerufen am 06.02.2024].

Statista (2). 2022. "Leerstandsquote von Wohnungen in Brandenburg bis 2021." Zugriff: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/373990/umfrage/leerstandsquote-von-wohnungen-in-brandenburg/> [abgerufen am 06.02.2024].

wiewiorra hopp architekten. 2008. "Plattenpalast." Zugriff: <http://plattenpalast.de/> [abgerufen am 06.02.2024].

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. 2014. "Materialintensität von Materialien, Energieträgern, Transportleistungen, Lebensmitteln." Zugriff: https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2014.pdf [abgerufen am 06.02.2024].

ZDF; Friedrichs, Julia; Breyer, Jochen. 2023. "Die geheime Welt der Superreichen: das Milliardenpiel" Zugriff: <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfzeit/zdfzeit-die-geheime-welt-der-superreichen-100.html> [abgerufen am 06.02.2024].

12. Abbildungsverzeichnis

Titelbild		Christoph Henschel
Abbildung 1	S. 07	Christoph Henschel
Abbildung 2	S. 14	Christoph Henschel
Abbildung 3+4	S. 16	Christoph Henschel
Abbildung 5	S. 20	Christoph Henschel
Abbildung 6	S. 21	Christoph Henschel
Abbildung 7	S. 22	Christoph Henschel
Abbildung 8+9	S. 23	Christoph Henschel
Abbildung 10	S. 25	Christoph Henschel
Abbildungen in Tabelle	S. 28-29	Christoph Henschel
Abbildung 10	S. 25	Christoph Henschel
Foto Gengnagel	S. 35	Michael Setzpfandt
Foto Henschel	S. 35	Pablo Hassmann

13. Anlage

13.1 Mengenermittlung und Materialaufstellung für Ökobilanz und Primärressourcenbedarfsberechnung in AP1

				Global-Warming-Potential (Module A1-A4)		Primärressourcenverbrauch	
	Bauteil	Material	Menge (Einheit)	Emissionen in CO ₂ -Äq.		Verbrauch in t	
Fundamente und Unterbauten	Fundament	Stahlbeton C25/30	833,33 m ³	291,52 t		18.423,72 t	
	Sockeldämmung	EPS	60,24 m ³	5,10 t		171,89 t	
Außenwände und Bekleidung	Fassadendämmung	Holzfaserdämmung	428,48 m ³	8,70 t		529,99 t	
	Fassadenbekleidung	Holz	54,77 m ³	1,93 t		414,95 t	
	Fassadenanstrich	Holzlasur	182,50 kg	0,50 t		K.A.	
	Fassadenbekleidung	Titanzinkblech	11,00 t	33,68 t		3.675,23 t	
tragende vertikale Strukturen	tragende Wände Stützen Unterzüge	Stahlbeton C25/30	749,27 m ³	262,11 t		16.565,28 t	
	Innenwände Ausfachungen Attika	Ziegel-MW	592,33 m ³	67,85 t		2.690,66 t	
	Innenputz	Kalkputz	55,30 m ³	31,46 t		730,34 t	
	Anstrich Innenwände	Kalkfarbe	7.6200,00 m ²	1,22 t		121,62 t	
	Innentüren	Holz	200,75 m ²	8,00 t		70,58 t	
horizontale Strukturen	Stützen-Decken-Elemente	Stahlbeton C25/30	1.309,61 m ³	2,09 t (ReUse)	552,38 t (Neubau)	0 t (ReUse)	28.953,59 t (Neubau)
	FB Aufbau	Holzbalken	63,67 m ³	5,58 t		449,08 t	
		Dämmschüttung	383,45 m ³	23,02 t		9.327,04 t	
	Estrich	Zementestrich	3.683,43 m ²	43,84 t		1.981,80 t	
	Bodenbelag	Fliesen	590,40 m ²	5,62 t		72,86 t	
		Parkett	3.093,03 m ²	29,90 t		632,70 t	
	Dampfbremse	PET	2.782,00 m ²	2,07 t		116,86 t	
	Gefälledämmung	EPS	556,31 m ³	32,18 t		1.587,37 t	
Dachbahn	FPO-PP	2.782,00 m ²	8,68 t		272,72 t		
Fenster und Außentüren	Fenster	3fach Glas und Holzrahmen	1.819,45 m ²	106,78 t		690,36 t	
			Summe:	971,78 t (ReUse)	1.522,08 t (Neubau)	58.525,05 t (ReUse)	87.478,64 t (Neubau)
			pro m ² NGF:	263,83 kg (ReUse)	413,22 kg (Neubau)		
			Einsparung absolut durch ReUse:	550,30 t		28.953,59 t	
			Einsparung relativ durch ReUse:	36,15% der CO ₂ -Emissionen		33,10% der Primärressourcen	

13.2 Ergebnis des AP3: "Handbuch zur Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus dem Rückbau von Gebäuden"



Das Handbuch steht als PDF zum Download auf der Projektwebsite unter folgendem Link zur Verfügung:
<https://www.abbauaufbau.de/handbuch/>



Christoph Gengnagel / Christoph Henschel

HANDBUCH

zur Wiederverwendung von Stahlbetonelementen
aus dem Rückbau von Gebäuden



Diese Publikation umfasst die Ergebnisse des AP3
im Forschungsprojekt "Abbau Aufbau".

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Dieses Forschungsprojekt wird gefördert durch das
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im
Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadt-
entwicklung und Bauwesen aus Mitteln der Zukunft
Bau Forschungsförderung.



Universität der Künste Berlin
FG Konstruktives Entwerfen und Tragwerksplanung

Projektlaufzeit: Oktober 2022 – Januar 2024

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Christoph Gengnagel
Bearbeitung: M.A. Christoph Henschel

W www.abbauaufbau.de
E ch@abbauaufbau.de

©2023 - Alle Rechte vorbehalten.

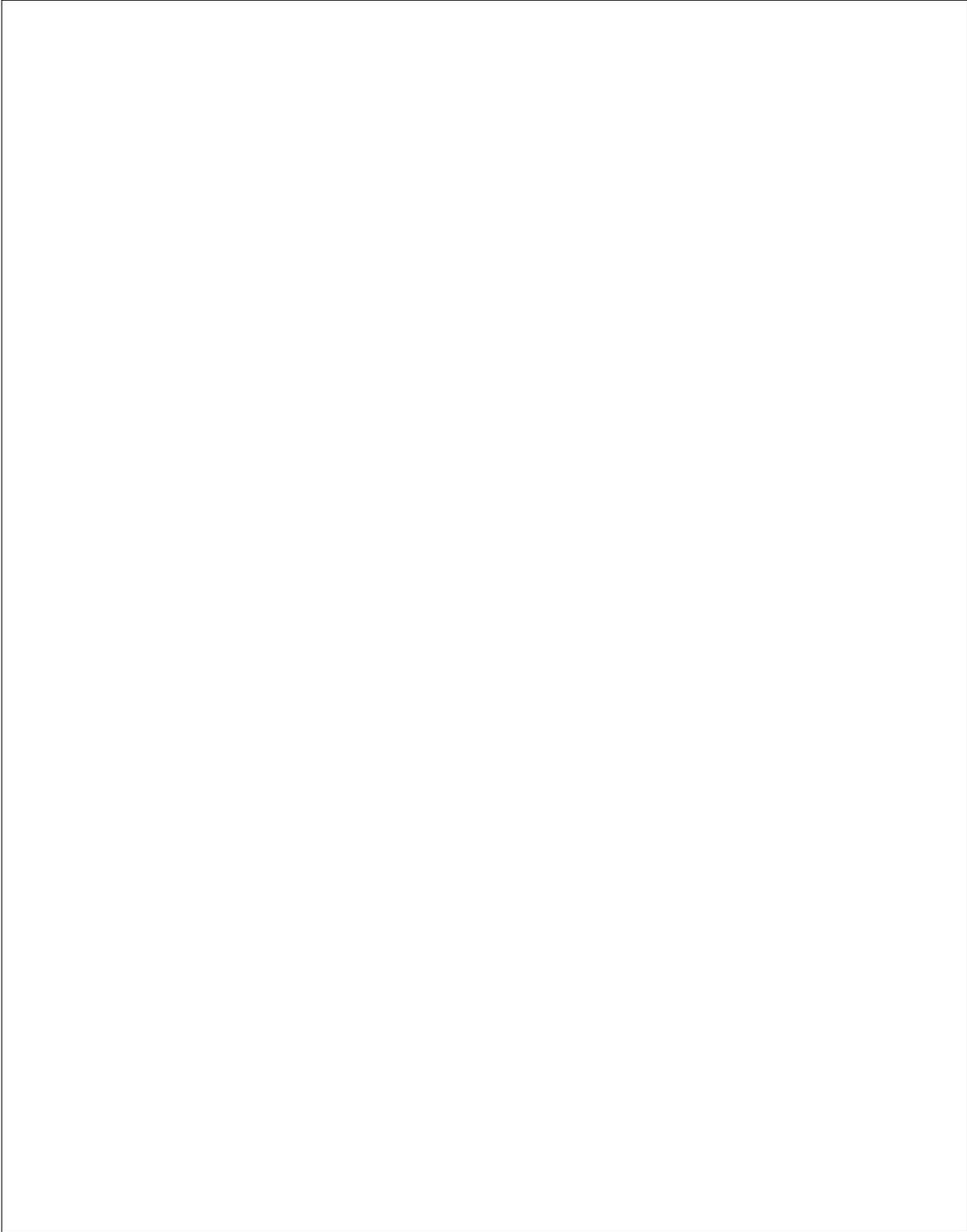
KET
Department for Structural
Design and Engineering

PROF. DR.-ING. CHRISTOPH GENGNAGEL

VORWORT

Das Bauen von Morgen erfordert in vielen Bereichen ein radikales Umdenken und neues Handeln. So wird aus Abbruch Rückbau und aus Abfall Material oder Element. Auf dieser Basis versucht das Projekt Abbau Aufbau mit dem „Handbuch zur Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus dem Rückbau von Gebäuden“ eine einfache Anleitung zu einem neuen konstruktiven Denken und Handeln vorzuschlagen. Die Stahlbetonbauweise als eine konstruktive Entdeckung der Moderne, ist heute mit Abstand die am meisten verbreitete Bauweise für tragende Bauteile weltweit. Beton ist nach Wasser das weltweit meistverwendete Material. Die aktuell damit verbundenen CO₂ Emissionen und der Verbrauch an mineralischen Werkstoffen gefährden das ökologische Gleichgewicht des Planeten grundlegend. Zugleich haben wir in kaum mehr als 100 Jahren aus dem Verbundwerkstoff Stahlbeton ein riesiges Materiallager geschaffen, das unsere Zukunft gefährden aber vielleicht auch sichern kann. Entscheidend wird dabei die Entwicklung eines vielfältigen Umgangs mit dieser vorhandenen Ressource sein. Ein Konzept ist Wiedernutzung von möglichst großformatigen Stahlbetonelementen als Platte, Scheibe, Träger oder Stütze. Die dabei entstehenden Fragen zu rechtlichen Rahmenbedingungen, der Ausstieg aus dem Denk- und Handlungsraum existierender Normen und Vorschriften und die Entwicklungen neuartiger Fügungsprinzipien benötigen eine experimentelle Praxis zur Entwicklung der Transformation der Stahlbetonbauweise. Dafür soll das vorliegende Handbuch eine Grundlage bieten.

5



INHALT

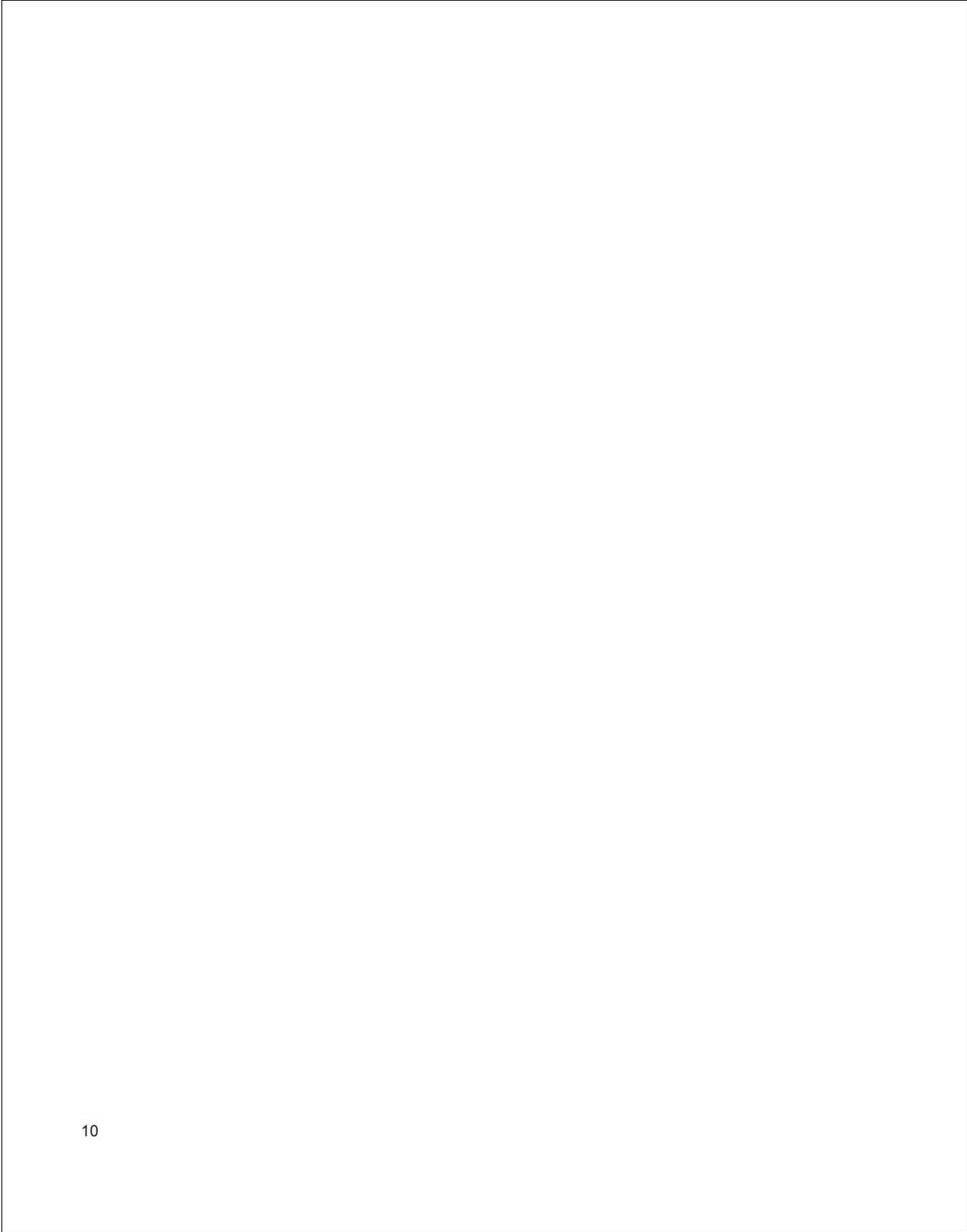
1. BESTANDSGEBÄUDE ALS SPENDERGEBÄUDE FESTLEGEN >>ABBAU<<	013
2. NEUBAUVORHABEN FESTLEGEN >>AUFBAU<<	017
MILESTONE 1 – MATCHMAKING ABBAU AUFBAU	023
3. BESTANDSAUFNAHME	025
4. ANALYSE STATISCHES SYSTEM UND BEWEHRUNGSLAGE	031
5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG	035
MILESTONE 2 – BESTAND GEEIGNET FÜR WIEDERVERWENDUNG	047
6. ENTSCHEIDUNG ZU GEBÄUDEZERTIFIZIERUNG (DGNB / BNB / QNG)	049
7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)	057
MILESTONE 3 - GEBÄUDEENTWURF	069
8. BAUVORANFRAGE	071
9. ANTRAG AUF ZIE ODER vBG	075
MILESTONE 4 – POSITIVER VORBESCHIED	081
10. ÜBERPRÜFUNG ZUSCHNITT + RÜCKBAUKONZEPT	083

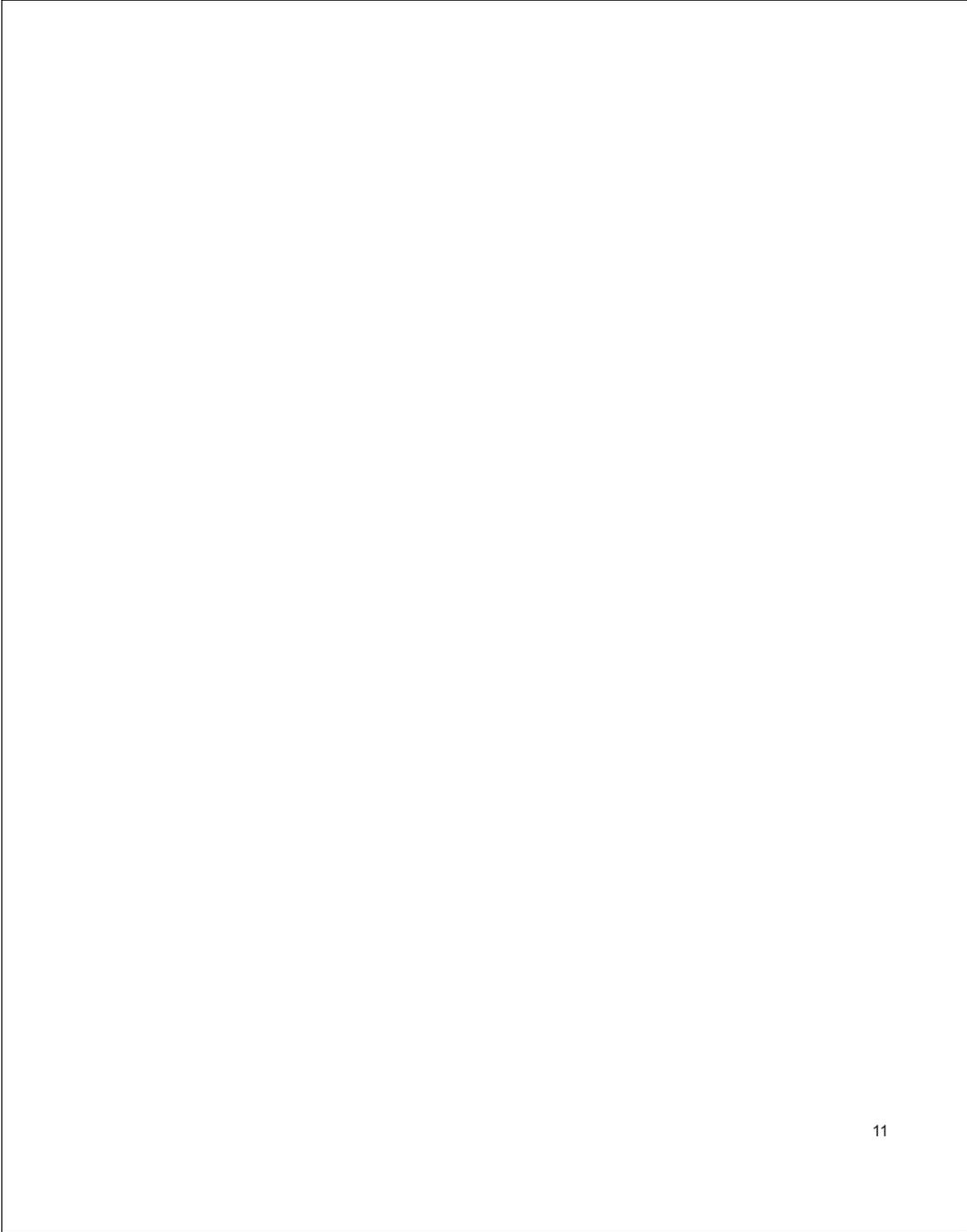
INHALT

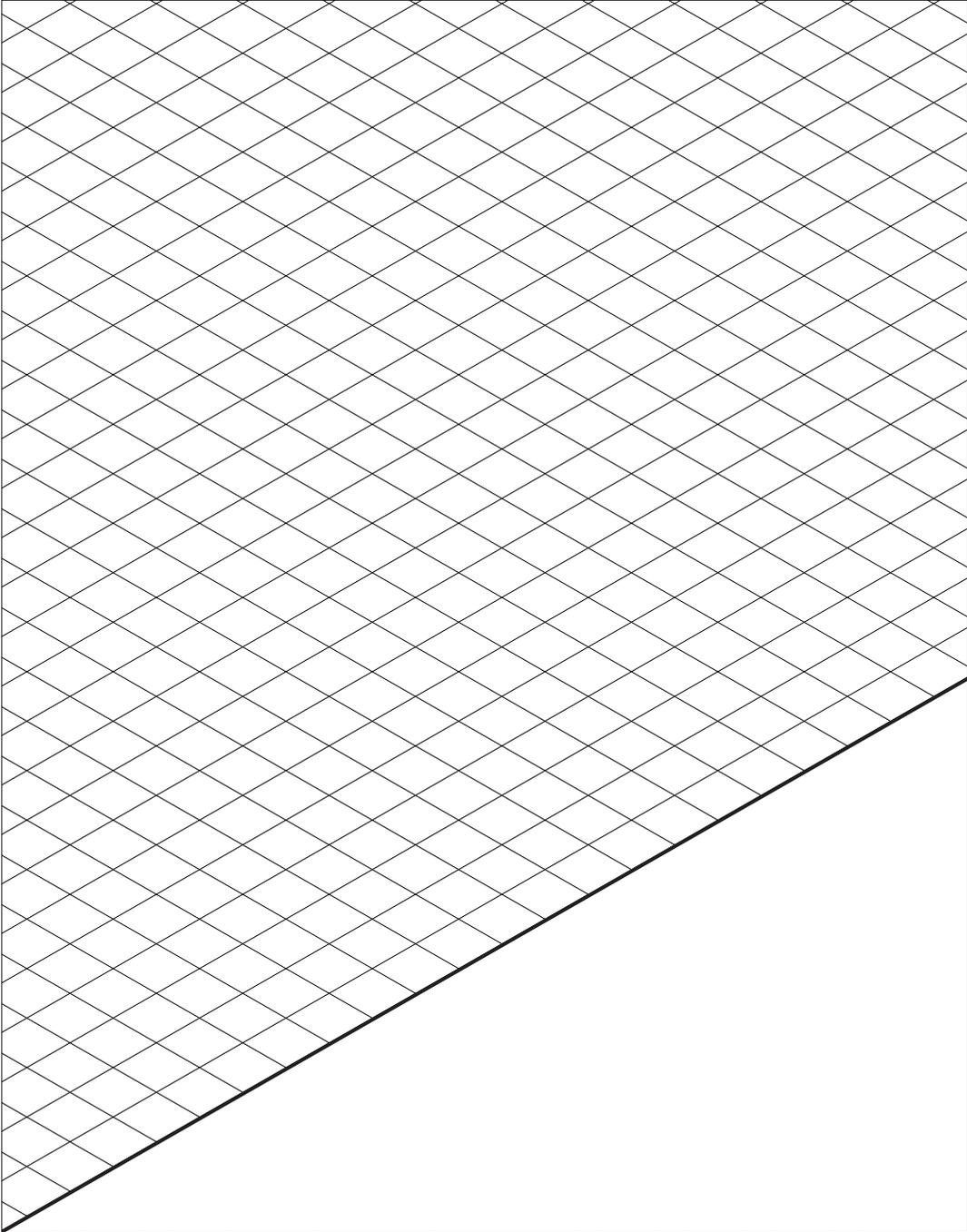
11. BAUTEILKATALOG + BAUTEILELOGISTIK	089
12. ERARBEITUNG UNTERLAGEN FÜR ZIE UND VBG	095
13. GENEHMIGUNGSPLANUNG	101
14. GENEHMIGUNGSSTATIK NEUBAU	111
15. BRANDSCHUTZKONZEPT	117
16. BAUPHYSIK UND ENERGIEKONZEPT	123
17. BAUANTRAG EINREICHEN	129
18. ÖKOBILANZ (LCA)	135
MILESTONE 5: BAUGENEHMIGUNG	143
19. ZWISCHENLAGER FESTLEGEN UND LAGERBEDINGUNGEN	145
20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU	149
21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG	165
22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU	181
23. VERGABE NEUBAU	191

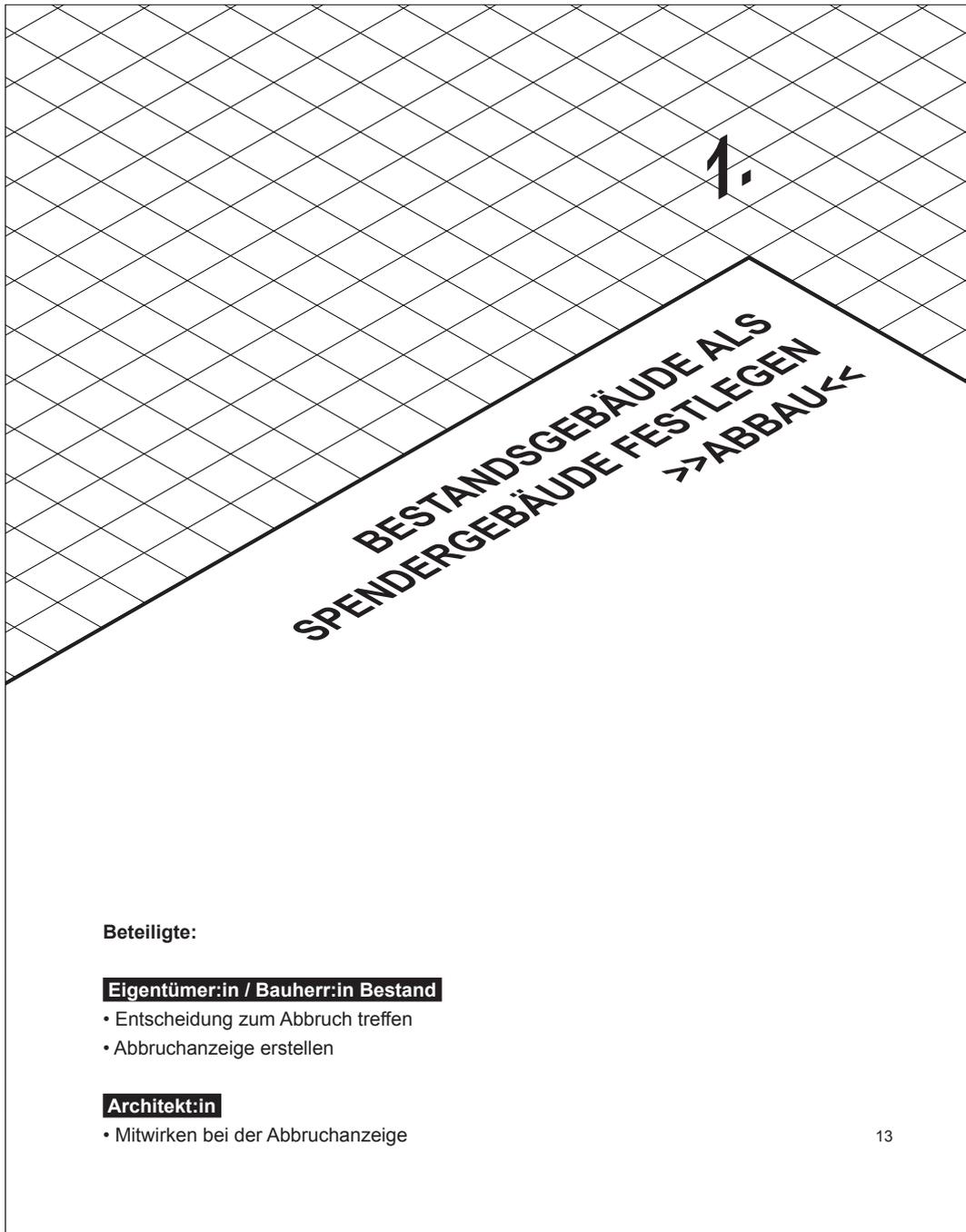
INHALT

24. BAUZEITPLAN / LOGISTIK	195
MILESTONE 6: BAUBEGINNANZEIGE	199
25. RÜCKBAU BESTAND	201
26. BAUSTELLENEINRICHTUNG	207
27. ERDARBEITEN UND ERSCHLIEßUNG NEUBAU	215
28. ROHBAUARBEITEN NEUBAU	219
29. AUSBAUARBEITEN NEUBAU	227
MILESTONE 7: FERTIGSTELLUNG	231
LITERATURVERZEICHNIS	235
RELEVANTE GESETZE, NORMEN UND RICHTLINIEN	237
GLOSSAR	239









1. BESTANDSGEBÄUDE ALS SPENDERGEBÄUDE FESTLEGEN >>ABBAU<<

Als erstes muss ein Bestandsgebäude, das abgerissen werden soll, gefunden und als Materialspender (sogenanntes Spendergebäude) für das Abbau-Aufbau-Projekt festgelegt werden. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes liegt der Fokus auf der Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus Ortbetongebäuden, daher sollte ein größtmöglicher Teil des Rohbaus aus Stahlbeton (Ortbeton) errichtet sein. Dies betrifft in den meisten Fällen Gebäude, die ab den 1950er Jahren in den alten Bundesländern gebaut wurden.

Vor Beginn der Planungsarbeiten muss eine Rückbau- / Abbruchgenehmigung vom zuständigen Bauamt (Wohnungs- und Bauaufsichtsbehörde) eingeholt werden, damit sicherstellt ist, dass das Gebäude auch zurückgebaut werden kann.

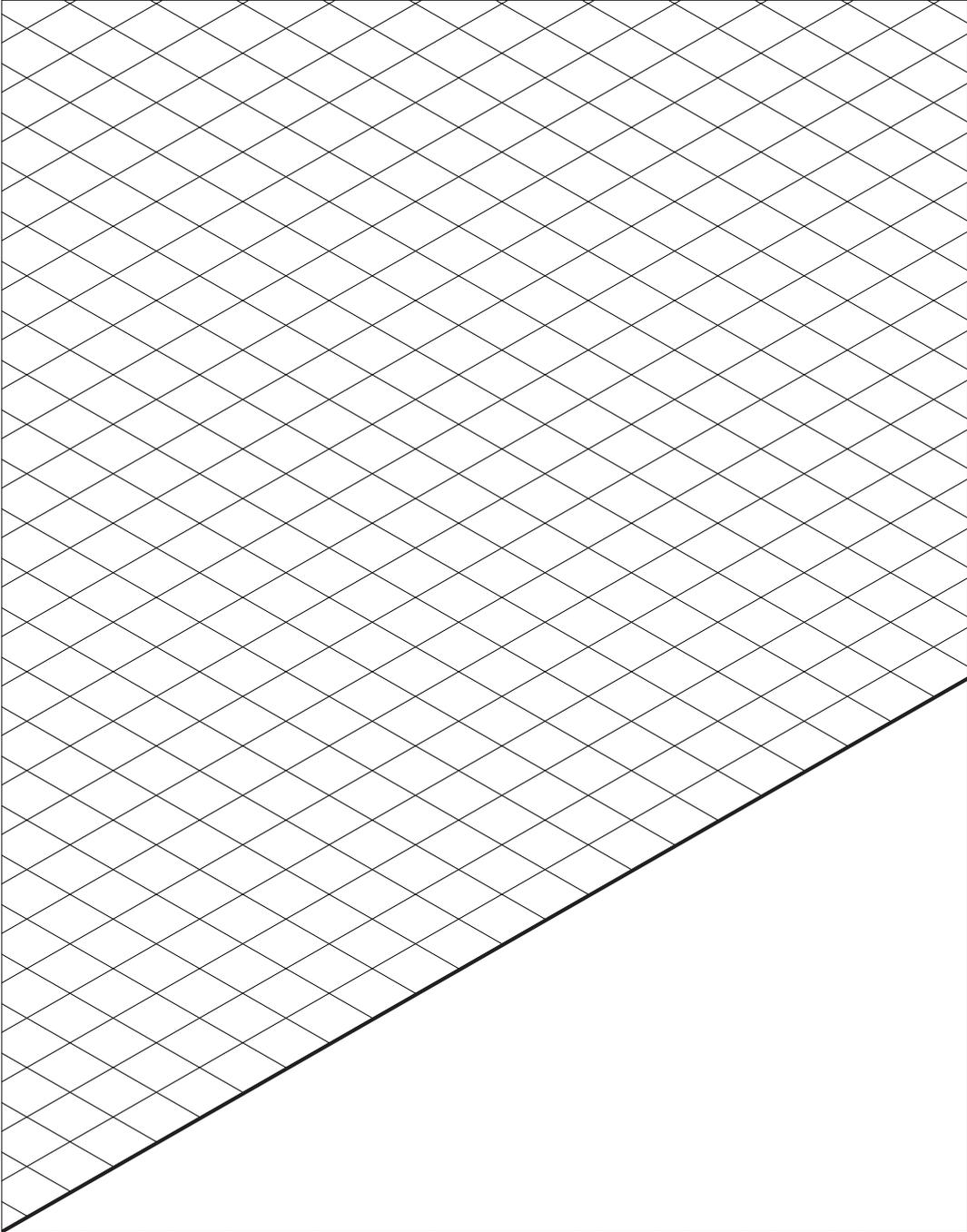
Abbruchgenehmigung (geregelt auf Länderebene, hier Beispiel Berlin)

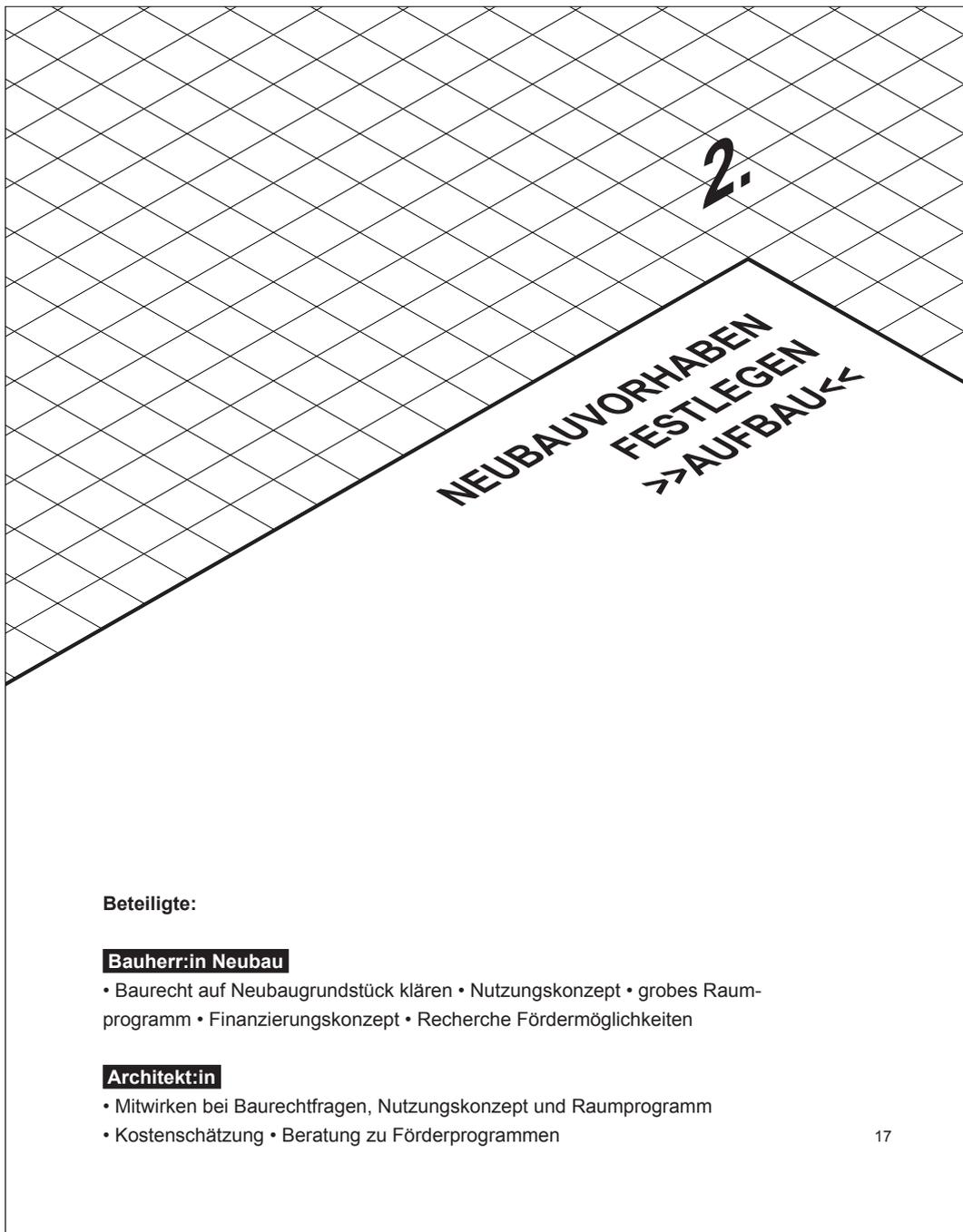
Gemäß § 61 BauO Bln Absatz 3 ist die Beseitigung (Abriss / Abbruch) von Anlagen und Gebäuden verfahrensfrei, wenn die Anlagen bereits verfahrensfrei errichtet werden konnten, wenn es sich um freistehende Gebäude der Gebäudeklasse 1 und 3 (siehe Kapitel 13) ohne Wohnnutzung handelt oder wenn es sonstige Anlagen bis zu einer Höhe von 10m sind, die keine Gebäude sind.

In allen anderen Fällen muss der Rückbau mindestens einen Monat vor Ausführung der Bauaufsichtsbehörde angezeigt werden. Bei nicht-freistehenden Gebäuden muss vor Beginn der Abbrucharbeiten durch eine:n qualifizierte:n Tragwerksplaner:in eine Beurteilung über

1. BESTANDSGEBÄUDE ALS SPENDERGEBÄUDE FESTLEGEN >>ABBAU<<

die Gewährleistung der Standsicherheit der an das abzubrechende Gebäude angebauten Gebäude(-teile) bei der Bauaufsichtsbehörde eingereicht werden.





2. NEUBAUVORHABEN FESTLEGEN >>AUFBAU<<

Um die im Spendergebäude potenziell verfügbaren Betonelemente wieder einbauen zu können, muss ein passendes Neubauvorhaben gefunden werden. Genauso kann umgekehrt dieses Bauvorhaben schon vorliegen und ein passendes Spendergebäude gefunden werden.

Bei dem Neubauvorhaben sollte ein Grundstück gegeben sein, für das bereits grundlegende baurechtliche Fragen geklärt sind bzw. die Klärung des grundsätzlichen Baurechts (Einsicht B-Pläne) absehbar vorgenommen werden kann. Es sollte ein Nutzungskonzept für das zu errichtende Gebäude vorliegen und eine ungefähre Vorgabe über die Größe der zu errichtenden Flächen. Auf Grundlage dieser Angaben kann ein:e Architekt:in eine erste Kostenschätzung nach DIN276 vornehmen, um eine erste Einschätzung zum erforderlichen Budget für die Baumaßnahme zu ermöglichen (Leistungsumfang LP1 und 2 gemäß HOAI).

Parallel dazu sollte ein Finanzierungskonzept erstellt werden und mögliche Förderungen durch Bundes- oder Landesprogramme in Betracht gezogen werden.

Förderprogramme für nachhaltiges Bauen

Die in Deutschland zum aktuellen Zeitpunkt im Bereich des nachhaltigen Bauens bekanntesten Förderprogramme sind die der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau). Durch die KfW werden zinsvergünstigte Kredite und Zuschusstilgungen für Bauvorhaben vergeben, die bestimmte Energieeffizienzklassen erreichen. Hierbei wird sich an GEG (Gebäudeenergiegesetz) orientiert und die Förderungen gestaffelt nach bestimmten Prozentsätzen ausgegeben, mit denen die Vorgaben des GEG unterschritten werden (KfW-Effizienzhausstandard).

2. NEUBAUVORHABEN FESTLEGEN >>AUFBAU<<

Zusätzlich gibt es für klimafreundliche Neubauten ein Programm der KfW, bei dem bessere Konditionen gegeben werden, wenn über einen bestimmten Effizienzhausstandard hinaus die Anforderungen des sogenannten „Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude Plus/Premium“ erreicht werden. Die Anforderungen des Qualitätssiegels und die Vergabe werden durch das Bundesbauministerium festgelegt. Weitere Informationen zur Nachhaltigkeits-zertifizierung von Neubauten sind im Kapitel 6 zu finden.

Bei den oben genannten Programmen ist zu beachten, dass die staatlichen Förderungen zum aktuellen Zeitpunkt hauptsächlich auf Einsparung im Betrieb (Energieeffizienz) abzielen und mögliche Einsparungen von Grauer Energie bei der Herstellung eines Gebäudes nur begrenzt in die Förderkriterien und -ziele einfließen. Die Forderungen sowohl von lokalen Parteifraktionen¹ als auch von Wirtschaftsakteur:innen^{2,3} nach weiteren Förderungsprogrammen für zirkuläre Bauweisen haben in den letzten Jahren spürbar zugenommen, sodass nun auch in München mit einem Pilotprojekt⁴ und in Baden-Württemberg mit dem Innovationszentrum Zirkuläres Bauen⁵ auf Länderebene erste Schritte in Richtung einer neuen Förderungsrichtung getan werden. In Berlin und Brandenburg sind solche politischen Initiativen leider bis dato noch nicht zu finden.

Dass im Bereich des zirkulären Bauens in den kommenden Jahren ein hoher Anspruch an die politischen Entscheidungsträger:innen zur Entwicklung von sowohl finanziellen Förderprogrammen aber auch zum Herabsetzen von regulatorischen Schwellen gesetzt wird, ergibt sich auch aus den Gesetzesvorgaben auf Bundes- und EU-Ebene. So zum Beispiel im novellierten Kreislaufwirtschaftsgesetz von 2020, in dem eine

1

www.gruene-fraktion-leipzig.de/beitrag/antrag-zirkulaeres-bauen-urbane-rohstoffe-nutzen.html

2

www.nbau.org/2023/06/27/ungehobene-potenziale/

3

www.ecornet-berlin/ergebnis/zirkulaeres-bauen-berlin-transformation-sroadmap/

4

www.zirkulaer.com/

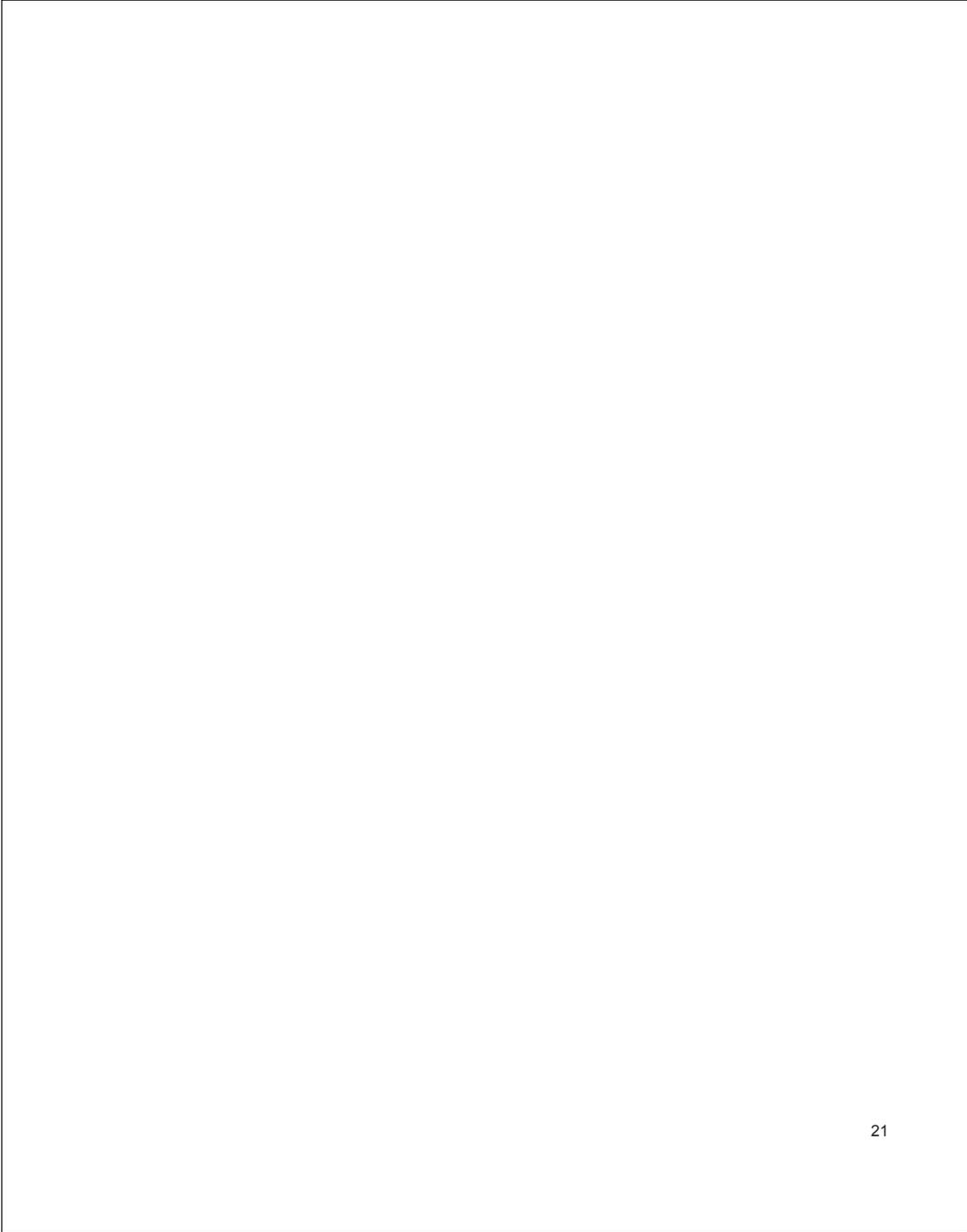
5

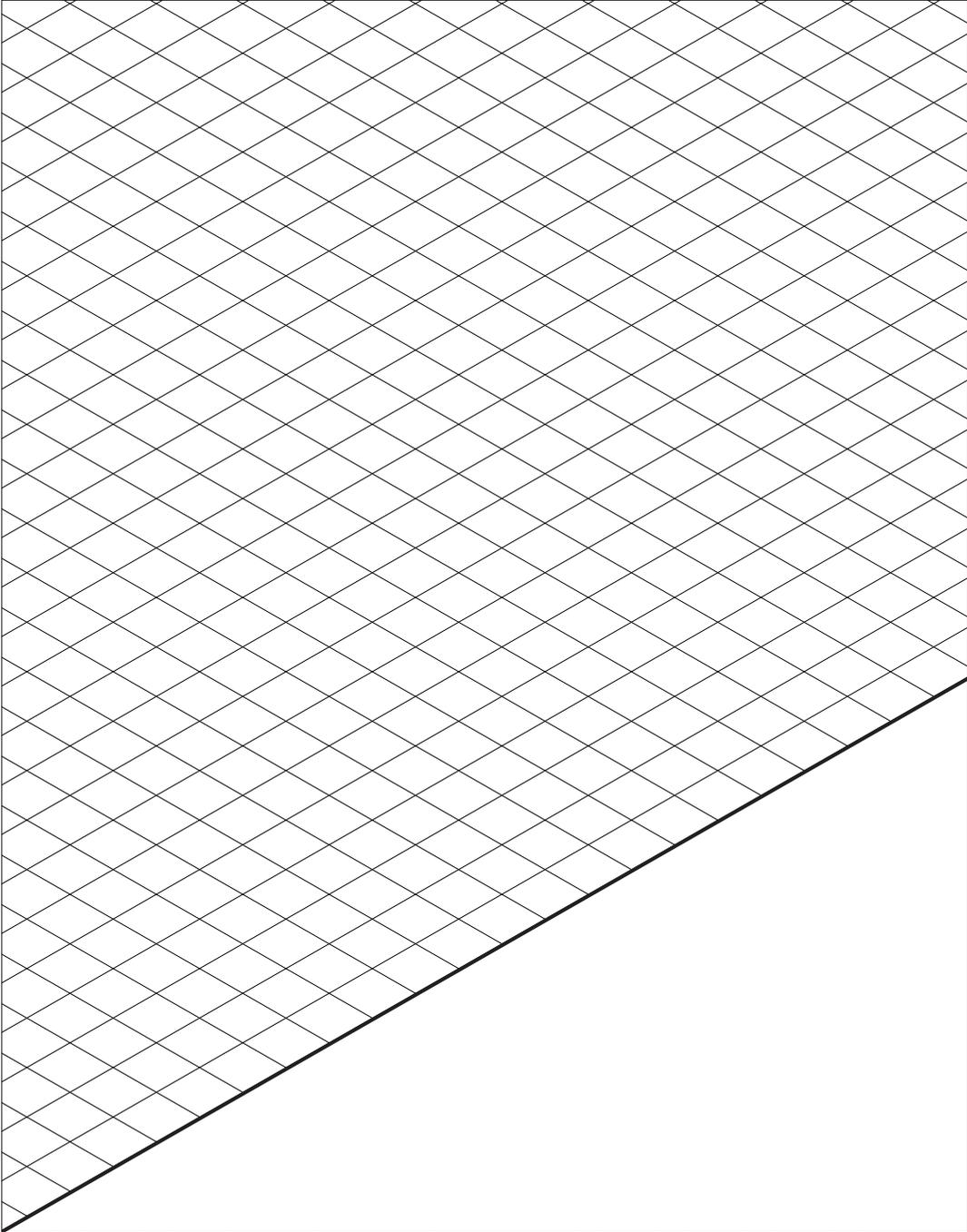
www.lubw.baden-wuerttemberg.de/abfall-und-kreislaufwirtschaft/zirkulaeres_bauen/

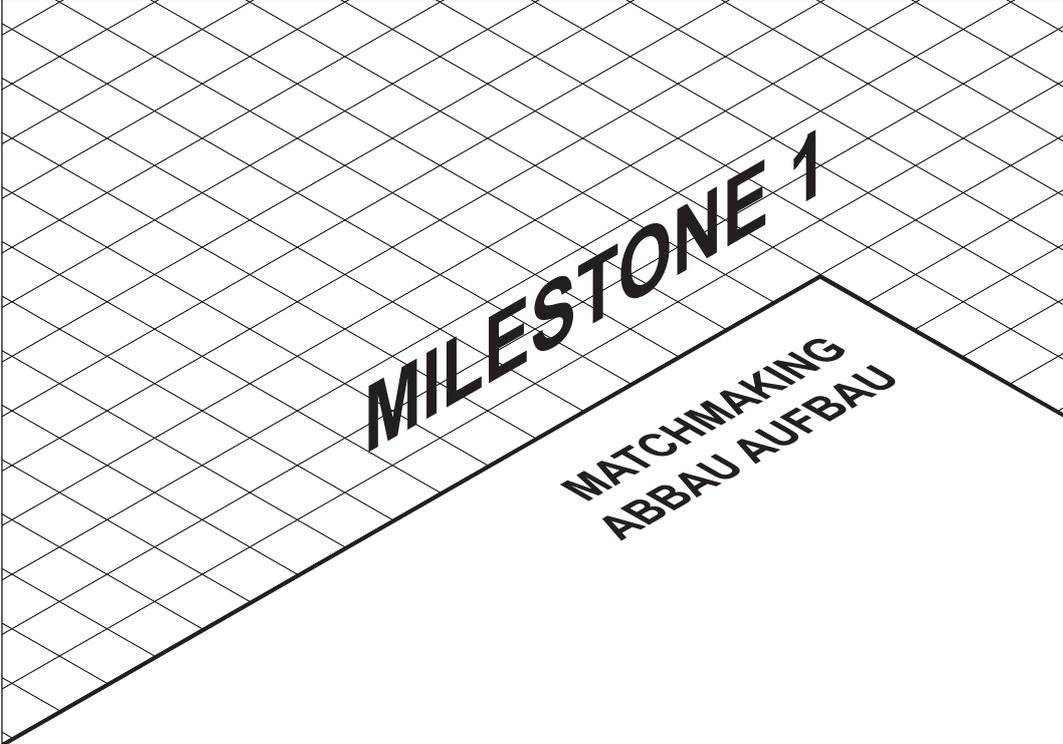
19

2. NEUBAUVORHABEN FESTLEGEN (AUFBAU)

vermehrte Vermeidung von Abfall durch ReUse und Recycling gefordert wird, und in der neuen EU-Taxonomie, die im Jahr 2022 in Kraft trat und Investitionen in klimafreundliche und u.a. zirkuläre Wirtschaftsprojekte fördern soll. Beide rechtlichen Vorgaben werden in den kommenden Jahren umgesetzt werden und in die Bauwirtschaft einwirken und somit – hoffentlich – den Einsatz gebrauchter Betonelemente in Neubauten gegenüber dem konventionellen Bau vereinfachen und finanziell fördern.

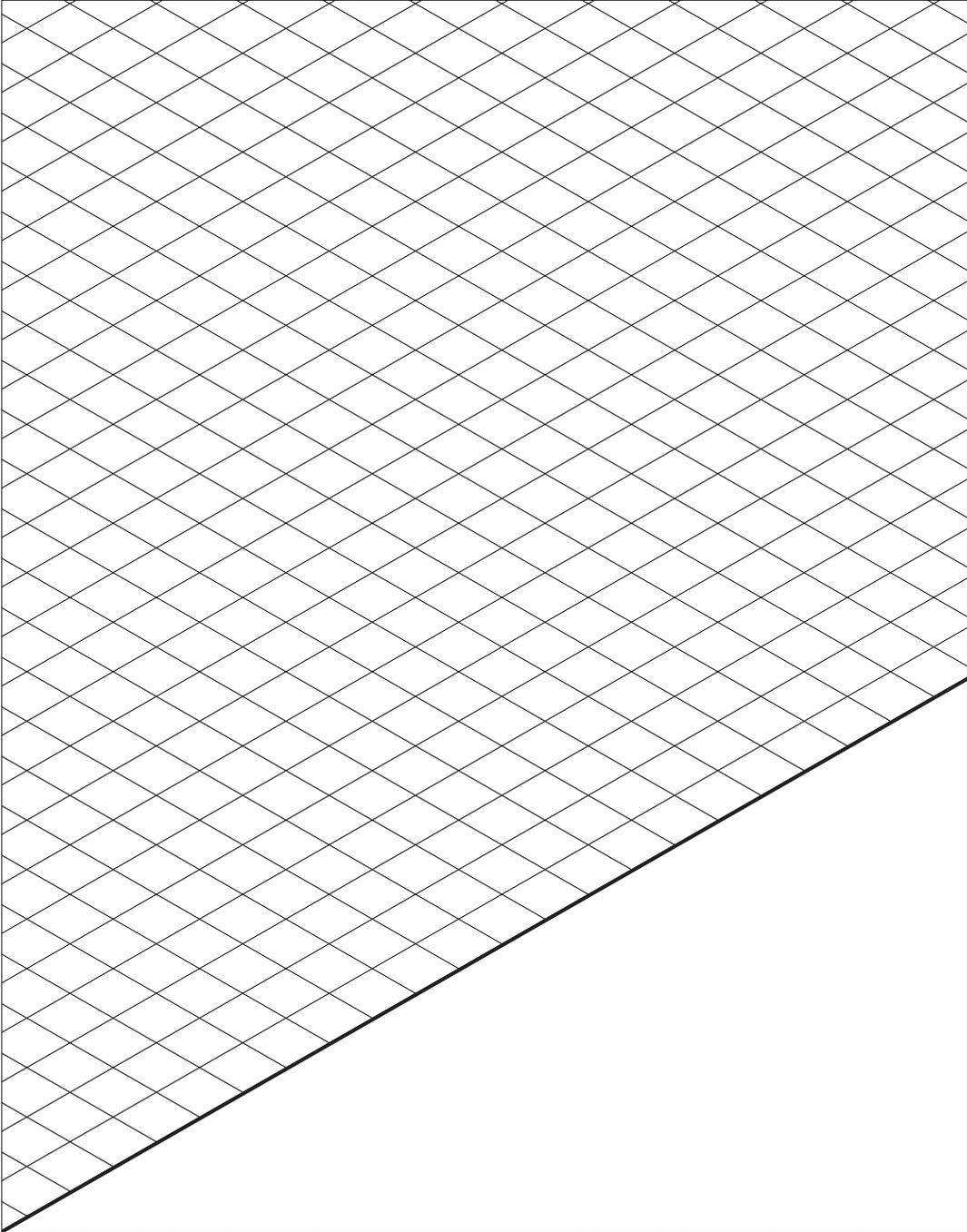


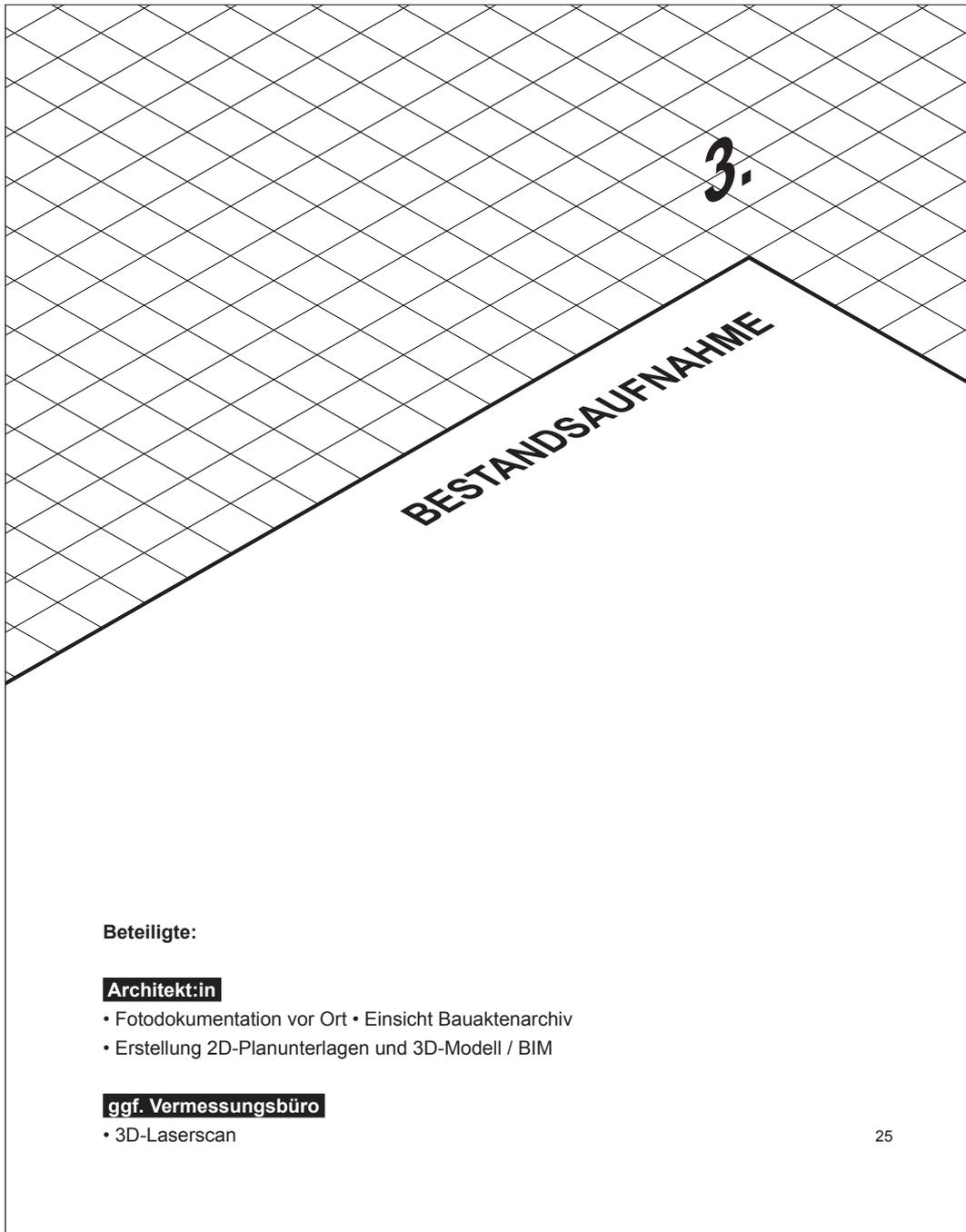




The diagram features a grid background. A diagonal line divides the space. Above the line, the text 'MILESTONE 1' is written in large, bold, black letters. Below the line, the text 'MATCHMAKING' and 'ABBAU AUFBAU' is written in smaller, bold, black letters, stacked vertically.

Der erste Milestone ist das Matchmaking von einem Rückbauobjekt (Abbau) mit einem Neubauvorhaben (Aufbau) oder andersherum. Es ist dabei nicht von Bedeutung, welches der beiden Teile zuerst gefunden wird, da beide als Startpunkte für ein Projekt funktionieren. So kann ein Eigentümer eines zum Abriss bestimmten Gebäudes aktiv, gegebenenfalls mit der Hilfe eines Architekturbüros, nach einem Neubauvorhaben suchen, in dem die Rückbaumasse seines Gebäudes eingesetzt werden kann. Oder andererseits kann ein:e Bauherr:in, die / der ein neues Gebäude bauen lassen möchte, wiederum mit der Unterstützung eines Planungsbüros, aktiv auf Rückbaufirmen zugehen und ein für das Bauvorhaben passendes Spendergebäude suchen.





3. BESTANDSAUFNAHME

Vor Beginn der eigentlichen Planungsarbeiten muss eine sorgfältige Bestandserfassung durchgeführt werden. Diese sollte mit der Foto- bzw. Videodokumentation des Bestands beginnen.

Je nach Größe des Gebäudes muss entschieden werden ob jeder Raum fotografisch dokumentiert werden soll oder ob es bei sehr großen Gebäuden ausreicht, z.B. ein Regelschoss festzuhalten. Es bietet sich auch an ein Video einer Begehung des Bestandsgebäudes zu erstellen, durch das der Zustand oder die Konfiguration des Bestands zusammenhängend festgehalten werden kann.

Zudem ist eine Einsichtnahme in die Bauakten im Bauaktenarchiv der Kommune / des Bezirks / des Landkreises dringend zu empfehlen. Je nach Qualität und Umfang der Archivunterlagen können dort bereits Ausführungspläne und schriftliche Unterlagen viele Fragen zur Bausubstanz beantworten und eine Grundlage für die Erstellung von Planunterlagen liefern.

Bauakteneinsicht (Beispiel Berlin, Bezirk Charlottenburg)

Für die Akteneinsicht muss ein Antrag bei der Bauaufsichtsbehörde (Abteilung Bauaktenarchiv) gestellt werden. Dafür muss ein Nachweis erbracht werden, dass eine Berechtigung für die Akteneinsicht gegeben ist. Berechtigt sind Grundstückseigentümer:innen und deren Bevollmächtigte oder Personen, die ein wissenschaftliches Interesse im Rahmen von Forschungsprojekten (Studierende, Doktorant:innen, etc.) nachweisen können. Im Regelfall wird ein Termin für die Akteneinsicht ca. zwei Wochen nach Antragsstellung vergeben. Für die Bereitstellung der Akten wird von der Bauaufsichtsbehörde eine Gebühr

3. BESTANDSAUFNAHME

in Höhe von 60 Euro bis 100 Euro erhoben. Bei Bedarf können durch die Mitarbeiter:innen des Archivs kostenpflichtige Kopien oder Scans angefertigt werden. Fristen, Kosten und Bedingungen für die Akteneinsicht können je nach Kommune, Bezirk oder Landkreis abweichen.

Folgende Akten und Unterlagen sollten gesichtet und digitalisiert den Projektbeteiligten zur Verfügung gestellt werden:

- Grundrisszeichnungen
- Schnittzeichnungen
- Ansichtszeichnungen
- Detailzeichnungen u. Zeichnungen mit Angaben zu Bauteilaufbauten
- Lagepläne
- Statikkonzept und Statische Berechnungen
- Schal- und Bewehrungspläne (falls nicht vorhanden, muss Bewehrung aufwendig geortet werden, siehe Kapitel 5)

Statische Berechnungen und Bewehrungspläne sind für die Rückbauplanung von entscheidender Bedeutung. Sind diese vorhanden, empfehlen sich stichprobenartige Prüfungen am Bauwerk. Grundsätzlich reduziert eine vorhandene Bestandsplanung, insbesondere die Bewehrungsplanung, den Aufwand der Bauwerkserfassung erheblich.

Anhand der bei der Akteneinsicht erhaltenen und digitalisierten Bauarchivunterlagen können erste 2D-Grundrisse und Schnitte in einer CAD-Software erstellt werden, die danach im Bestand durch ein händisches Aufmaß überprüft und auf mögliche Verformungen in der Bestandsstruktur kontrolliert werden sollten. Es muss dabei unterschieden werden ob die

27

3. BESTANDSAUFNAHME

6
Interview
Alexander Hey,
Plan3D Laserscan
+ Modell GmbH
Berlin

Planunterlagen den Ausbauzustand (Putz, Trockenbauwände, abgehängte Decken) oder den Rohbau darstellen. Ersteres ist für die Mengenermittlung des Rückbaus hilfreich, letzteres wird für die Planung der wiederverwendbaren Stahlbetonelemente benötigt.

Auf Grundlage der 2D-Zeichnungen sollte im nächsten Schritt ein 3D-Modell erstellt werden. Hierbei empfiehlt es sich, nur den Rohbau ohne Ausbau darzustellen, da dieser die Struktur ist, mit der sich bei der Rückbau- und Zuschnittplanung auseinandergesetzt werden muss.

Eine weitere Möglichkeit der Bestandserfassung und der Erstellung eines digitalen Modells für die weitere Verwendung in der Rückbau- und Zuschnittplanung ist der 3D-Laserscan:

3D-Laserscan / Photogrammetrie

Beim 3D-Laserscan kann mithilfe eines rotierenden Lasers ein nahezu exaktes 3D-Modell des Bestands erstellt werden. Der Vorteil dieser Technik ist, dass in kürzerer Zeit und mit weniger Arbeitsaufwand als beim händischen Aufmaß ein verformungsgerechtes Aufmaß von Gebäuden und Tragstrukturen generiert werden kann. Die Verarbeitung der Scandaten ist stark abhängig von der Größe des Gebäudes und vom gewünschten Detaillierungsgrad der zu erstellenden Planunterlagen oder des 3D-Modells allerdings relativ aufwendig und damit teuer im Vergleich zum herkömmlichen Aufmaß (Handaufmaß oder Tachymetrie). Bezogen auf die Güte der Daten und den Umfang der Informationen, die mit dem Laserscanning gesammelt werden können, ist die Technologie aber den händischen Alternativen weit überlegen und damit mittlerweile auch Stand der Technik. Zurzeit liegen Preise je nach

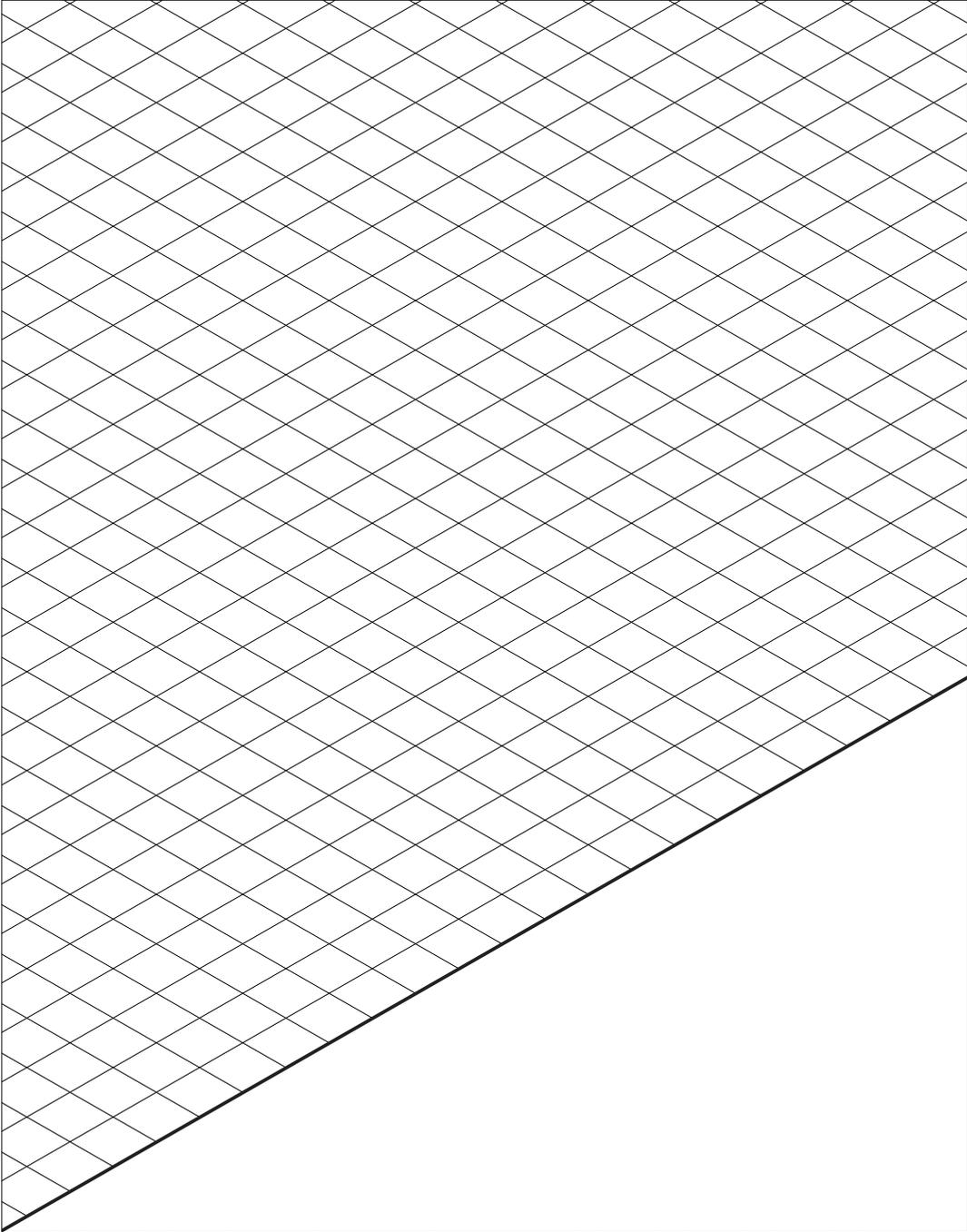
28

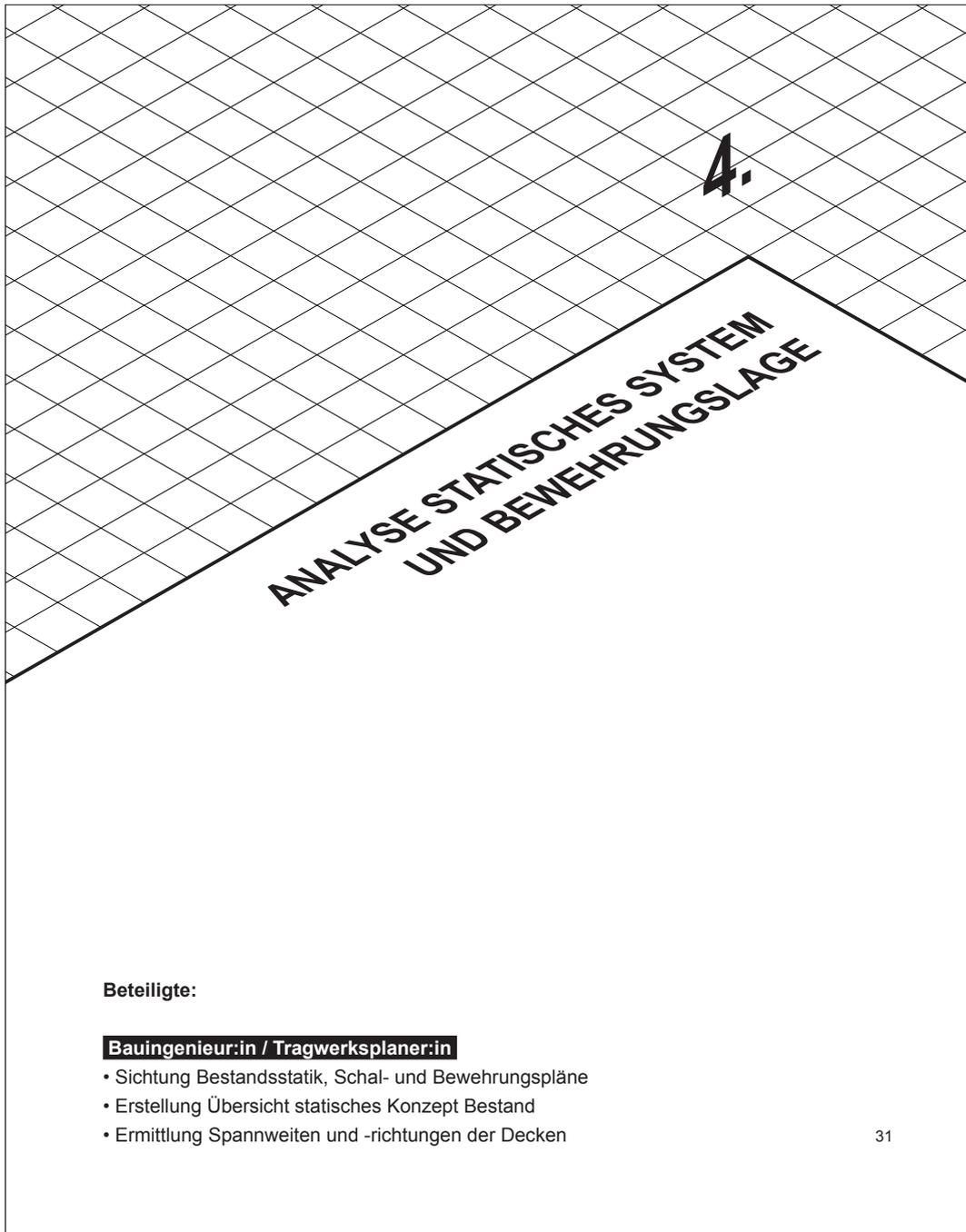
3. BESTANDSAUFNAHME

Detaillierungsgrad der 2D- und 3D-Dokumente zwischen ca. 7 und 11 Euro pro m² BGF⁶ (für eine Fläche von 1000m² und bei mittlerer bis hoher Komplexität der zu vermessenden Gebäudestrukturen).

Aufgrund von zunehmender softwarebasierter Automatisierung bei der Erstellung von 2D-Planunterlagen und 3D-Modellen (BIM) auf Grundlage der Scandaten, können die Kosten in den kommenden Jahren sinken, sodass sich ein Laserscan bei der Bestandsaufnahme für die Wiederverwendung in Zukunft öfter rechnen könnte. Neben dem Laserscan können zusätzlich auch photogrammetrische Aufnahmen des Bestands erstellt werden, anhand derer z.B. zuvor im Bestand farblich markierte Schädigungen oder bestimmte Oberflächeneigenschaften im 3D-Modell visualisiert werden können. Als kostengünstige Variante der Bestandserfassung mittels Laserscan kommt die Erstellung von Orthobildern in Frage, bei denen 2D-Zeichnungen (Ansichten, Schnitte) durch orthogonale Schnitte der Punktwolke erstellt werden können, sodass der aufwendige Prozess der Erstellung eines 3D-Modells umgangen wird. Da aber für die Neubauplanung im Regelfall die durch den Zuschnitt gewonnenen Stahlbetonelemente als 3D-Elemente benötigt werden, ist in der Regel die Modellierung der gesamten Bestandsstruktur empfehlenswert. Zudem bietet sich bei einem BIM oder 3D-Modell das Einpflegen von Bewehrungslage und -stärken aufgrund von Bewehrungsplänen oder Bewehrungsdetektion (siehe Kapitel 5) an, sodass alle notwendigen Informationen möglichst realitätsgetreu im digitalen Modell abgebildet sind. Generell ist ein Laserscan im Bestand erst im Rohbauzustand sinnvoll, da ansonsten die für die Wiederverwendung relevante Struktur durch Ausbauteile verdeckt sein könnte.

29





4.

**ANALYSE STATISCHES SYSTEM
UND BEWEHRUNGSLAGE**

Beteiligte:

Bauingenieur:in / Tragwerksplaner:in

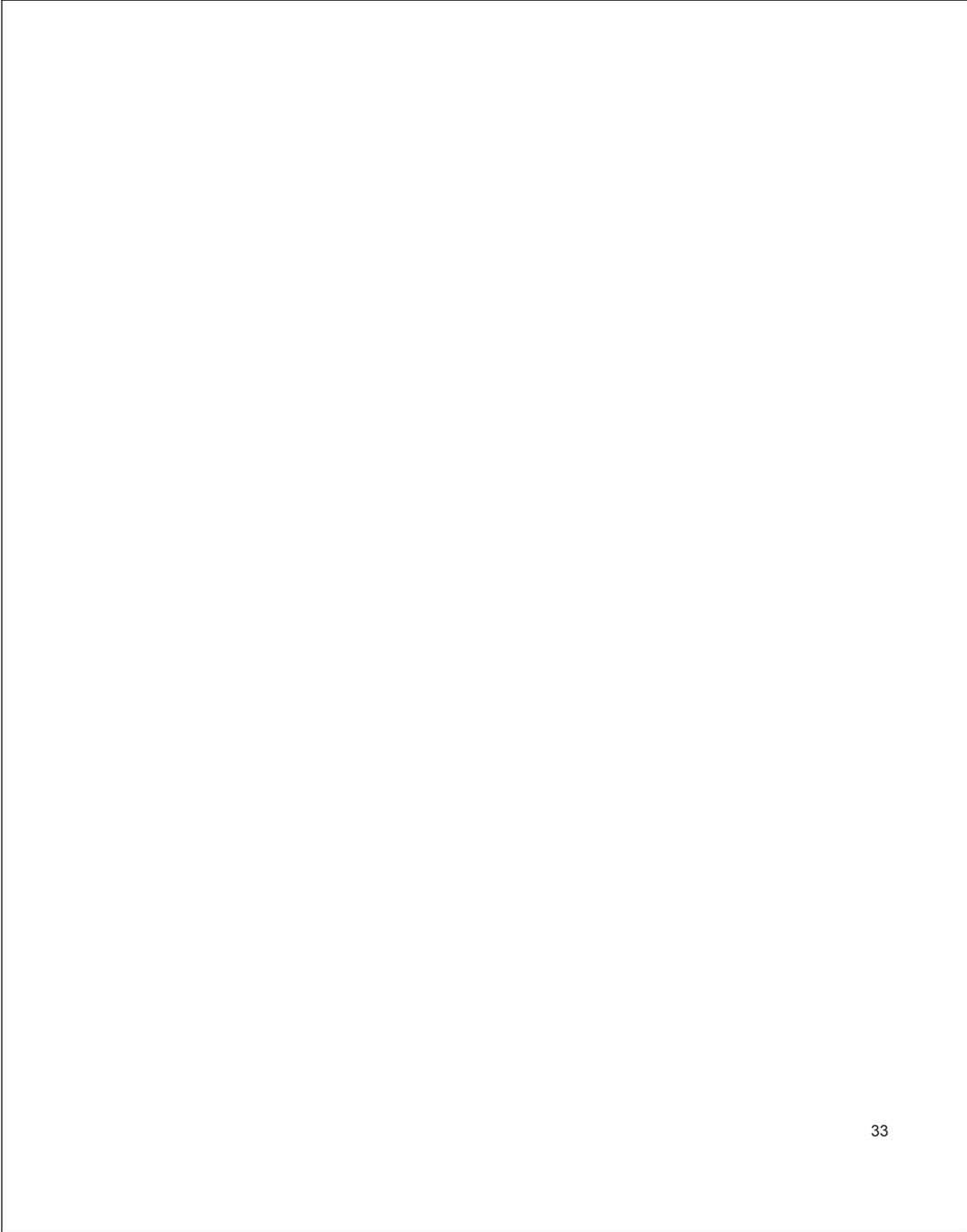
- Sichtung Bestandsstatik, Schal- und Bewehrungspläne
- Erstellung Übersicht statisches Konzept Bestand
- Ermittlung Spannweiten und -richtungen der Decken

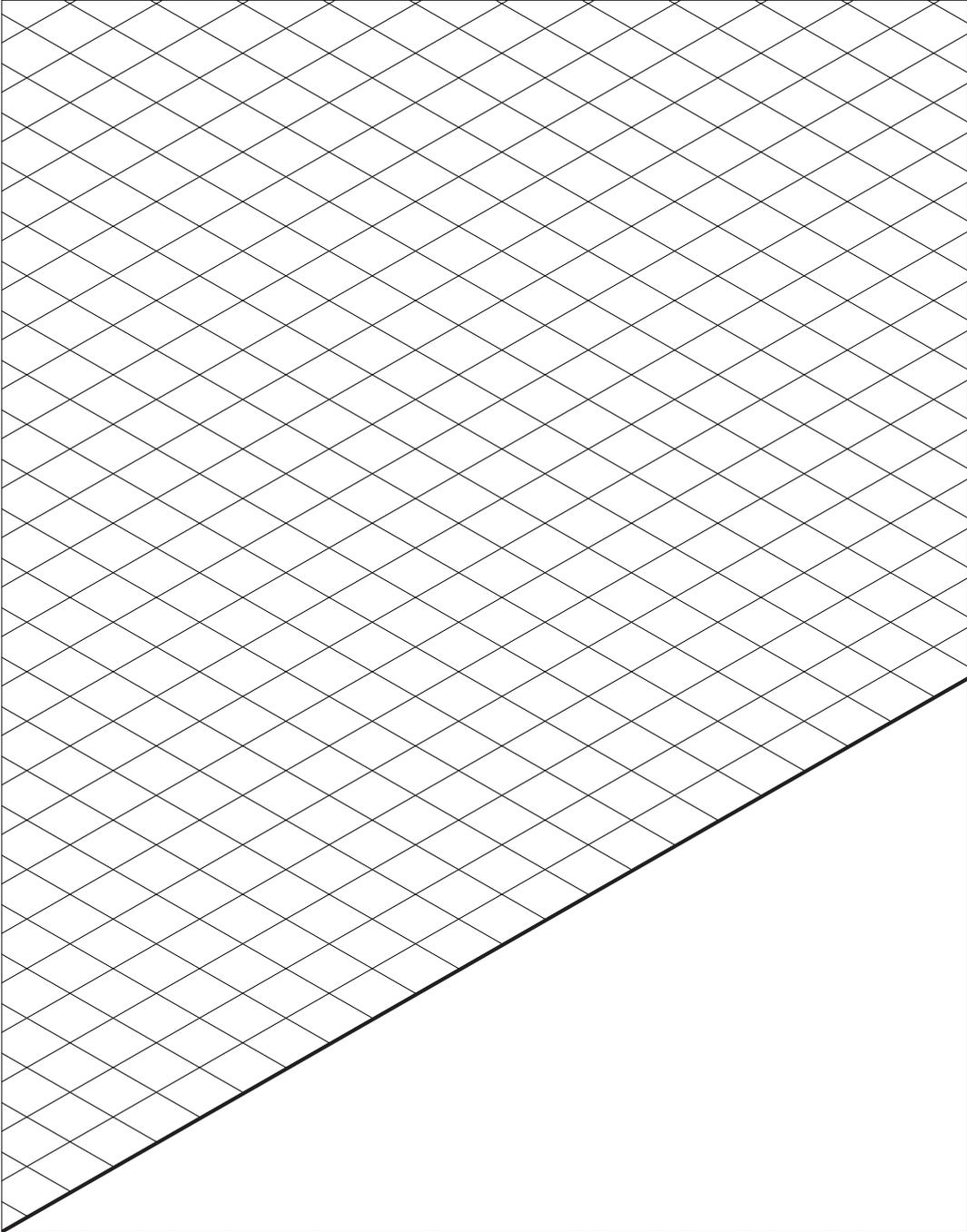
31

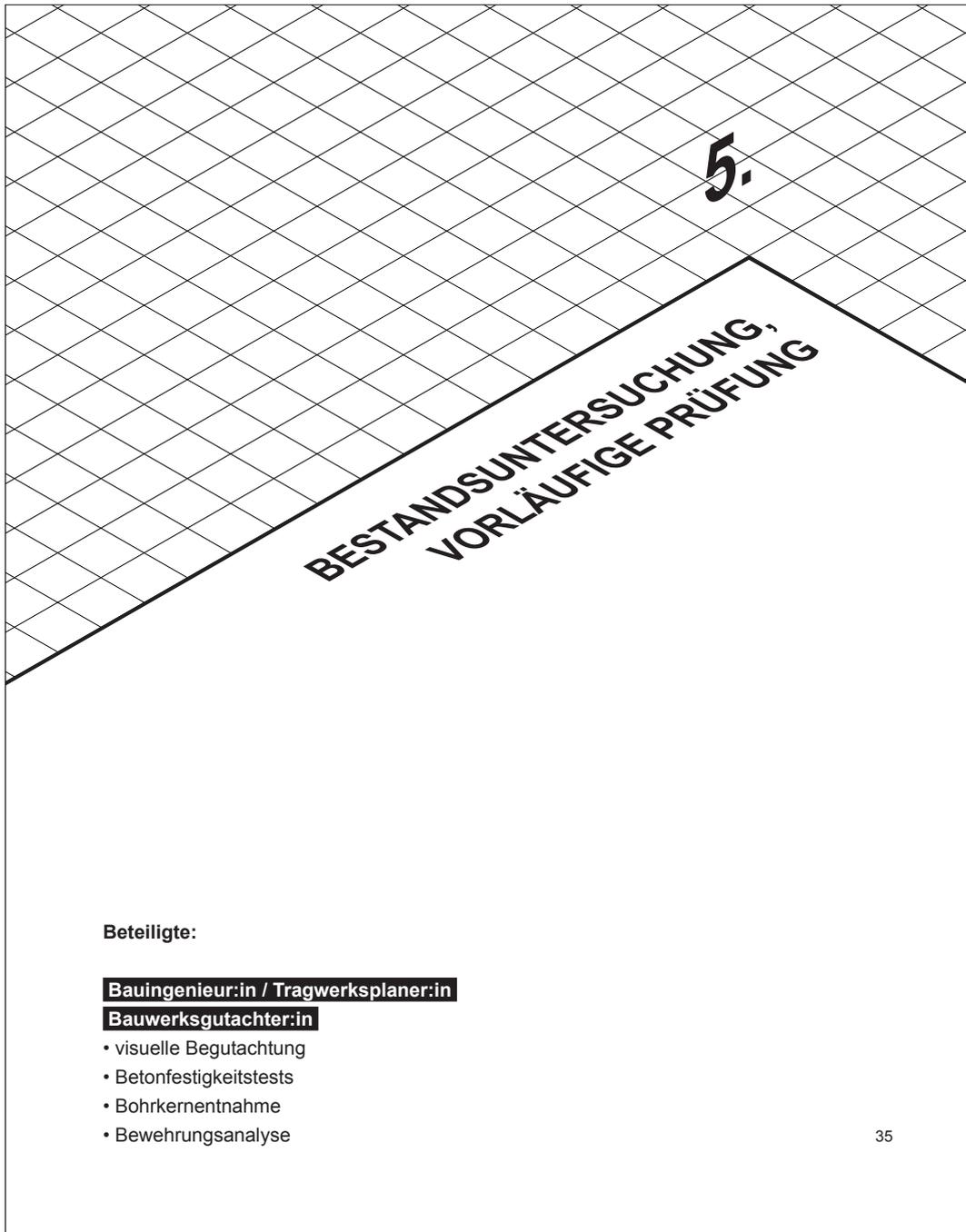
4. ANALYSE STATISCHES SYSTEM UND BEWEHRUNGSLAGE

Die bei der Akteneinsicht erhaltenen Unterlagen müssen von der oder dem Tragwerksplaner:in gesichtet und analysiert werden. Zunächst sollten über den Positionsplan der Bestandsstatik die statisch relevanten Stahlbetonelemente des Rohbaus identifiziert werden und das Lastabtragskonzept in Übersichtszeichnungen für die Projektbeteiligten aufbereitet werden. Diese sollten auch die Spannweiten und Spannrichtungen der Decken und Träger beinhalten. Erste Informationen zum Verlauf und zur Lage der Bewehrung sollten ermittelt und dargestellt werden.

Anhand dieser ersten Analyse des statischen Systems sollten durch die oder den Tragwerksplaner:in Hinweise über geeignete Schnittpositionen oder über Bauteile, die am besten in Gänze entnommen werden sollten, an die oder den Architekt:in übermittelt werden.







5.

**BESTANDSUNTERSUCHUNG,
VORLÄUFIGE PRÜFUNG**

Beteiligte:

Bauingenieur:in / Tragwerksplaner:in

Bauwerksgutachter:in

- visuelle Begutachtung
- Betonfestigkeitstests
- Bohrkernentnahme
- Bewehrungsanalyse

35

5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

7
Mettke:
Wiederver-
wendung von
Bauelementen
des Fertigteilbaus,
1995.

Im nächsten Schritt muss die Qualität der Stahlbetonstruktur untersucht und bewertet werden, um Aussagen über die Gebrauchsfähigkeit treffen und eine potenzielle Weiternutzungsdauer prognostizieren zu können. Hierbei kann sich auf den Kriterienkatalog berufen werden, den Prof. Angelika Mettke im Rahmen ihrer Studien zur Wiederverwendung von Betonfertigteilen (insbesondere Publikation von 1995)⁷ ausgearbeitet hat. Die durch Mettke für den Fertigteilbau aufgestellten Kriterien können weitestgehend auf die Bestandsuntersuchung für Ortbetongebäude übernommen werden und werden hier im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

Zunächst sollte eine visuelle Begutachtung des Stahlbetonrohbaus durchgeführt werden. Durch diese sollte eine erste qualitative Einschätzung zur Wiederverwendungseignung abgegeben werden können. Folgende Aspekte sind zu begutachten:

- die Qualität der Bauleistungen (gleichmäßiges Erscheinungsbild, ggf. Poren, Lunker, ggf. Planungs- oder Ausführungsfehler)
- die Güte der Baukonstruktion (Abnutzungen, Verformungen, Schäden, Abplatzungen, Risse, sichtbare Korrosion, Oberflächenveränderungen, etc.)
- der Schädigungszustand (Aufnahme und Einschätzung von Schädigungen)
- ggf. nachträglich durchgeführte Instandsetzungsmaßnahmen (Gründe für die Reparatur, Güte, Langlebigkeit)

36

5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

Zur Einschätzung der Wiederverwendungseignung von geschädigten oder gerissenen Bereichen müssen die Schadens- bzw. Rissursachen sowie die Rissbreiten betrachtet werden. Dies ist besonders wichtig, da die Bewehrungskorrosion die größte Schadensgefahr für die Stahlbetonstruktur darstellt. Je tiefer eventuelle Abplatzungen oder Risse sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Bewehrung mit Sauerstoff und Wasser in Kontakt gekommen ist und damit die Korrosion der Bewehrung begonnen haben könnte. An Stellen mit Rissen über 0,3 mm Stärke⁸ und signifikanten Abplatzungen muss vor einer möglichen Wiederverwendung sichergestellt werden, dass die Bewehrung nicht korrodiert ist. Eine mögliche Korrosion der Bewehrung kann bei einem konkreten Verdachtsfall über folgende Verfahren zerstörungsfrei bzw. -arm festgestellt werden:

Elektrochemische Potentialmessung (Potentialfeldmessung)

Beim Verfahren der elektrochemischen Potentialmessung wird „die Potentialdifferenz zwischen dem Bewehrungsstahl im Beton und einer auf der Betonoberfläche aufgesetzten Bezugselektrode ermittelt.“⁹

Dafür muss an zwei möglichst weit entfernt liegenden Stellen die Bewehrung freigelegt werden, um einen elektrischen Kontakt herstellen zu können. „Durch gezieltes Versetzen der Bezugselektrode kann ein beliebiges Raster an Messpunkten (Potentialfeld) aufgenommen werden. Mit den an der Betonoberfläche messbaren Potentialwerten können Rückschlüsse auf das Potential und die Potentialverteilung der Bewehrung gezogen werden.“¹⁰ Bei korrodierten Bewehrungsbereichen kommt es zu einem Potentialabfall, wodurch diese Bereiche im Messraster identifiziert werden können.

8

Mettke:
Wiederverwendung von Bauelementen des Fertigteilbaus, 1995.
S. 114, Tabelle 3.1.

9

Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V.:
Merkblatt B 03 Elektrochemische Potentialmessung zu Detektion von Bewehrungskorrosion, 2008.

10

ebd.

37

5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

11
Mettke:
Wiederver-
wendung von
Bauelementen
des Fertigteilbaus,
1995,
S.97

12
ebd. S.100

Partielles Freilegen der Bewehrung

Der Bereich in dem eine Korrosion der Bewehrung vermutet wird, kann auch durch partielles Freilegen der Bewehrung überprüft werden. Dafür muss die Betondeckung bis zu Bewehrungslage freigestemmt werden und im Nachgang wieder verfüllt und geschlossen werden. Dabei müssen sowohl die Gewährleistung der Standfestigkeit der Struktur sowie die fachgerechte Füllung des freigestemmt Bereichs beachtet werden.

Wenn eine Korrosion der Bewehrung durch Risse und Schäden ausgeschlossen werden kann, sollte als nächstes die Karbonatisierungstiefe überprüft werden. Beton weist durch seine stofflichen Eigenschaften ein alkalisches Milieu auf, durch das der Bewehrungsstahl vor Korrosion geschützt ist.¹¹ Durch die Aufnahme von CO₂ aus der Atmosphäre durch Diffusion in den Beton wird das in „frischem“ Beton vorhandene Calciumhydroxid in Calciumcarbonat umgewandelt, wodurch der pH-Wert von zuvor 12 auf ca. 9 abgesenkt wird und damit von alkalisch zu neutral übergeht. Dieser chemische Prozess wird als Karbonatisierung bezeichnet und hat zur Folge, dass durch den niedrigeren pH-Wert der betoneigene Korrosionsschutz (Passivschicht / alkalisches Milieu) abnimmt. Die Geschwindigkeit der Karbonatisierung und damit der Fortschritt des neutralen Milieus in die Tiefe des Betonbauteils hängt stark von der Beton- bzw. Luftfeuchtigkeit, von der Dichtigkeit des Betons und von der Dicke der Betondeckung ab.¹² Der Fortschritt der Karbonatisierungsfrente (Karbonatisierungstiefe) kann durch folgendes Verfahren festgestellt werden:

Phenolphthalein-Indikatortest

Für die Bestimmung der Karbonatisierungstiefe wird eine Quer-

38

5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

schnittprobe benötigt, die durch eine Kernbohrung hergestellt werden kann. Der entnommene Bohrkern wird dann mit einer einprozentigen alkoholischen Phenolphthaleinlösung besprüht. Der Indikator wechselt beim Kontakt mit alkalischen Stoffen seine Farbe von transparent nach rot-violett. Durch die Rotfärbung im Beton können so die alkalischen Bereiche sichtbar gemacht und das Voranschreiten des neutralen Milieus (nicht eingefärbt) kann gemessen werden.¹³

Wenn durch die oben dargestellten Prüfungen eine Korrosion bzw. Korrosionsgefahr der Bewehrung ausgeschlossen werden kann, sollten nun im Anschluss generelle chemische und mechanische Kennwerte des Betons festgestellt werden. Die für die Bestimmung der Karbonatisierungstiefe entnommenen Bohrkern sollten dafür in ein Prüflabor geschickt werden, um folgende Eigenschaften des Betons zu bestimmen:

- Chloridgehalt (erhöhter Chloridgehalt z.B. durch Salze senkt pH-Wert und damit den Korrosionsschutz)
- Schadstoffgehalt (ggf. vorkommende Schadstoffe)
- Druckfestigkeit / Zugfestigkeit
- E-Modul
- Bestimmung der Dichte

Im Bestand kann parallel die Druckfestigkeit des Betons durch eine sogenannte Rückprallprüfung mithilfe eines Schmidt-Hammers getes-

13

Deutsche
Gesellschaft für
zerstörungsfreie
Prüfung e.V.:
Merkblatt B 02
Merkblatt zur
zerstörungsfreien
Betondeckungs-
messung und
Bewehrungsor-
tung an Stahl- und
Spannbetonbau-
teilen, 2021.

39

5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

tet werden. Dabei ist die Norm DIN EN 12504-2 anzuwenden. Bei der Rückprallprüfung ist zu beachten, dass die Oberfläche der Betonstruktur durch den voranschreitenden Karbonatisierungsprozess härter sein kann als der Kern. Die bei der Rückprallprüfung gewonnenen Werte sollten auf jeden Fall durch die Druckfestigkeitsprüfung eines Bohrkerns abgeglichen werden.

Die durch die vorstehenden Prüfungen gewonnenen Informationen über den Zustand und die chemischen und mechanischen Eigenschaften des Betons sollten durch die oder den Tragwerksplaner:in gesichtet, sortiert und aufbereitet werden, um darauf bei der späteren Tragfähigkeitsberechnung zurückgreifen zu können. Zusätzlich sollte eine Prognose zur verbleibenden Gebrauchsdauer der Betonelemente abgegeben und mit der potenziellen Verwendung abgeglichen werden. In Abhängigkeit davon sollten gegebenenfalls notwendige Instandsetzungs- bzw. Erneuerungsmaßnahmen entwickelt werden.

Neben der Analyse der Betoneigenschaften sollte auch die Bewehrung untersucht werden. Dabei sind vor allem die Betondeckung, die Stabdurchmesser und -abstände zu untersuchen. Für den Fall, dass durch die Bauakteneinsicht Bewehrungspläne bereitgestellt werden konnten, sollten diese mit der tatsächlich ausgeführten Bewehrung in den Bauteilen an neuralgischen Punkten und stichprobenartig abgeglichen werden. Sind keine Bewehrungspläne des Bestands vorhanden, muss die Bewehrungsposition und die Stabdurchmesser durch Bewehrungsortungsverfahren gesucht und dokumentiert werden. Folgende Verfahren zur Bewehrungsart und -untersuchung stehen zur Verfügung:

5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

**Ferromagnetische Verfahren /
magnetisch-induktive Verfahren****Niederfrequenz**

Aufgrund der ferromagnetischen Eigenschaften von Bewehrungsstahl können zur Ortung von Bewehrungsstäben Magnetfelder eingesetzt werden. Im sogenannten ferromagnetischen Verfahren wird durch eine Primärspule ein niederfrequentes Magnetfeld erzeugt, das sich in der Nähe von ferromagnetischen Materialien verformt und diese so auffindbar macht.¹⁴

Durch die Auswertung von Amplitude und Form des Magnetfelds an bestimmten Messpositionen können Betondeckung und Stabdurchmesser ermittelt werden.

Hochfrequenz (Wirbelstromverfahren)

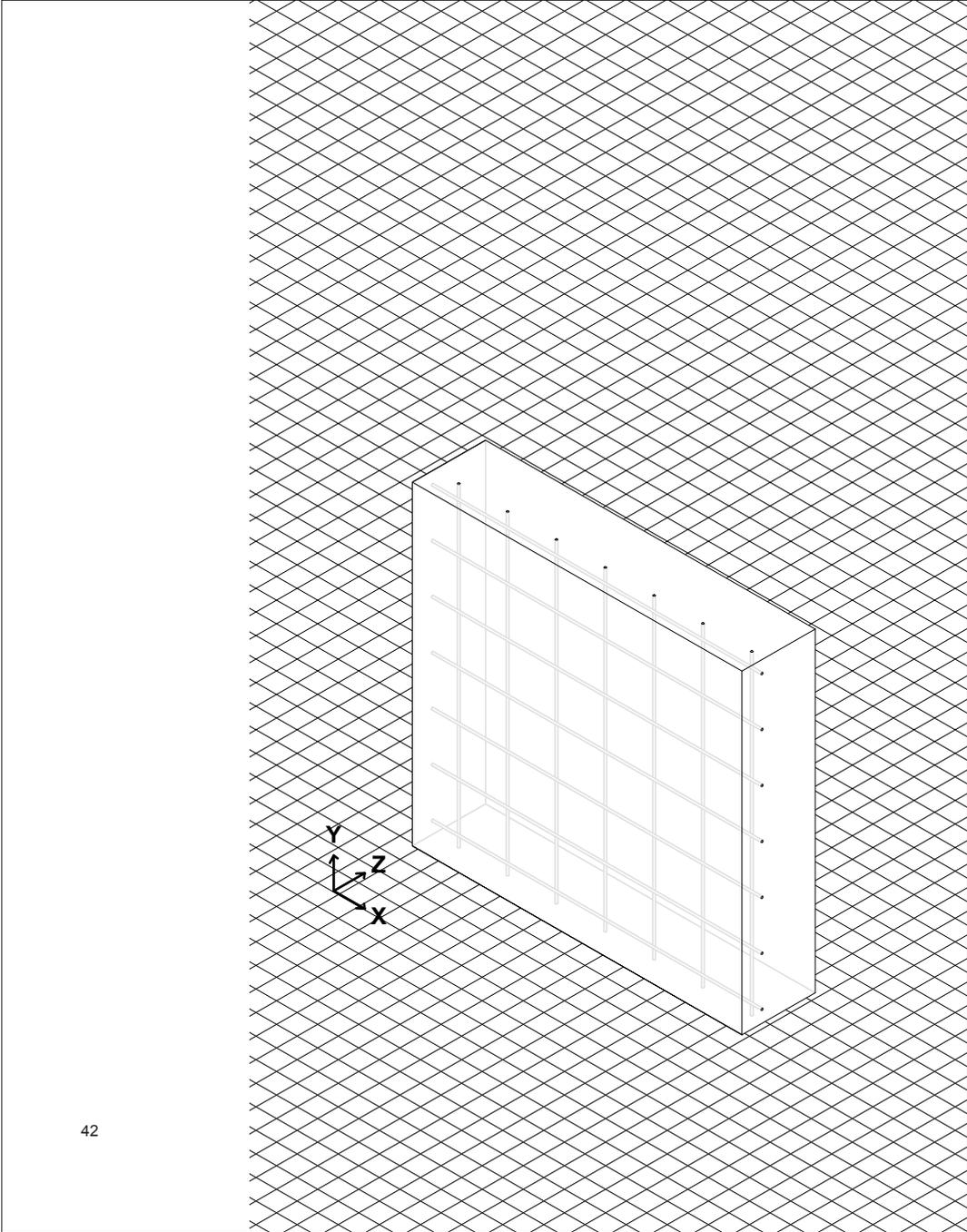
Durch hochfrequente Anregung der auf das Stahlbetonbauteil aufgesetzten Spule (Primärmagnetfeld) werden in elektrisch leitenden Elementen (z.B. metallische Bewehrungsstäbe) geschlossene Stromflüsse induziert (Wirbelstrom). Dieser induzierte Stromfluss erzeugt ein zweites Magnetfeld (Sekundärfeld) dessen Überlagerung mit dem Primärfeld die Bewehrungslage erkennbar macht.

Durch die unterschiedlich ausgeprägte magnetische Permeabilität der Bewehrung, die z.B. bei älteren nicht-genormten Stäben oder Edelstahlstäben schwächer ist, können Einschränkungen der Messergebnisse der ferromagnetischen Verfahren entstehen. Darüber hinaus können sogenannte Verschattungen innerhalb des Bauteils auftreten, bei denen ein näher an der Oberfläche liegender Stab einen dahinter

14

Grube, Krell: Zur Bestimmung der Carbonatisierungstiefe von Mörtel und Beton, 1986.

41



5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

liegenden Stab verdeckt und ihn somit nicht erkennbar macht. Eine weitere Einschränkung der ferromagnetischen Verfahren ist die vergleichsweise geringe Eindringtiefe von maximal ca. 70mm, sodass sich diese Verfahren hauptsächlich zur Ortung von oberflächennaher Bewehrung und zur Bestimmung der Betondeckung geeignet sind.

Mögliche Geräte: Würth BDM 1, Hilti Ferrosan PS 200

Laufzeitverfahren

Radarverfahren (Impulsradar)

Beim Impulsradar verfahren werden elektromagnetische Wellen ausgesendet, die im Bauteil reflektiert werden und dann von einem Empfänger wieder aufgenommen werden. Anhand der Rückstrahlung lassen sich Objekte im Bauteil sowie deren Position feststellen. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die große Eindringtiefe von bis zu 60cm. Die im Handel verfügbaren Impulsradargeräte sind hauptsächlich dafür konzipiert, die Position und Tiefe von Bohrungen bestimmen zu können, ohne dabei eine Zerstörung der Bewehrung zu riskieren. Aufgrund dieser Anwendung werden die Messwerte der Tiefenlage der Bewehrung mit einem Sicherheitsfaktor ausgegeben und sind nicht für die exakte Bestimmung der Tiefenlage (Z-Achse) der Bewehrung geeignet. Für die Feststellung der Position der Bewehrungsstäbe in X- und Y-Achse ist das Verfahren allerdings sehr gut geeignet.¹⁵

Ultraschall-Echo-Verfahren

Im Ultraschall-Echo-Verfahren werden durch einen Sender Ultraschallwellen in ein Bauteil eingeleitet, die von Objekten mit unterschiedli-

15

Walther,
Hasenstab:
Zerstörungsfreie
Prüfverfahren zur
Bestimmung von
Materialparametern im
Stahl- und Spannbetonbau, 2012.

43

5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

16
Deutsche
Gesellschaft für
zerstörungsfreie
Prüfung e.V.:
Merkblatt B 02
Merkblatt zur
zerstörungsfreien
Betondeckungs-
messung und
Bewehrungsor-
tung an Stahl- und
Spannbetonbau-
teilen, 2021.

17
ebd.

chen akustischen Impedanzen unterschiedlich reflektiert werden und damit die Position von Bewehrungsstäben erkennbar machen.

Aufgrund der hohen Eindringtiefe von Radar- und Ultraschallwellen werden diese Verfahren in der Regel für die Ortung tiefer liegender Bewehrungsstäbe (Tiefe > ca. 70mm) verwendet, bei denen die Anwendungsgrenze ferromagnetischer Verfahren überschritten wird.¹⁶

Mögliche Geräte: Bosch d-tect 200, Hilti X-Scan PS 1000

Speziellere Verfahren:

Induktions-Thermographie-Verfahren

„Bei der Induktionsthermographie [...] wird die Bewehrung durch einen auf der Betonoberfläche aufgesetzten Induktor berührungslos erwärmt.“¹⁷ Der so erzeugte Temperaturunterschied zwischen Bewehrung und Beton kann mittels einer Wärmebildkamera sichtbar gemacht werden und damit zur Ortung der Bewehrung verwendet werden. Aufgrund der Bildgebung an der Betonoberfläche werden die Ergebnisse dieses Verfahren mit zunehmender Tiefenlage der Bewehrungsstäbe weniger genau. Überdies können weder Angaben zum Stabdurchmesser noch zur Betondeckung getroffen werden.

Durchstrahlungsprüfung

Die Durchstrahlungsprüfung ist ein Verfahren bei dem analog zur medizinischen Röntgendiagnostik ein Bauteil mit Röntgen- oder Gammastrahlen durchstrahlt wird. Auf der Rückseite wird ein Bildaufnahmesystem positioniert, auf dem die Intensität der durch das Bauteil

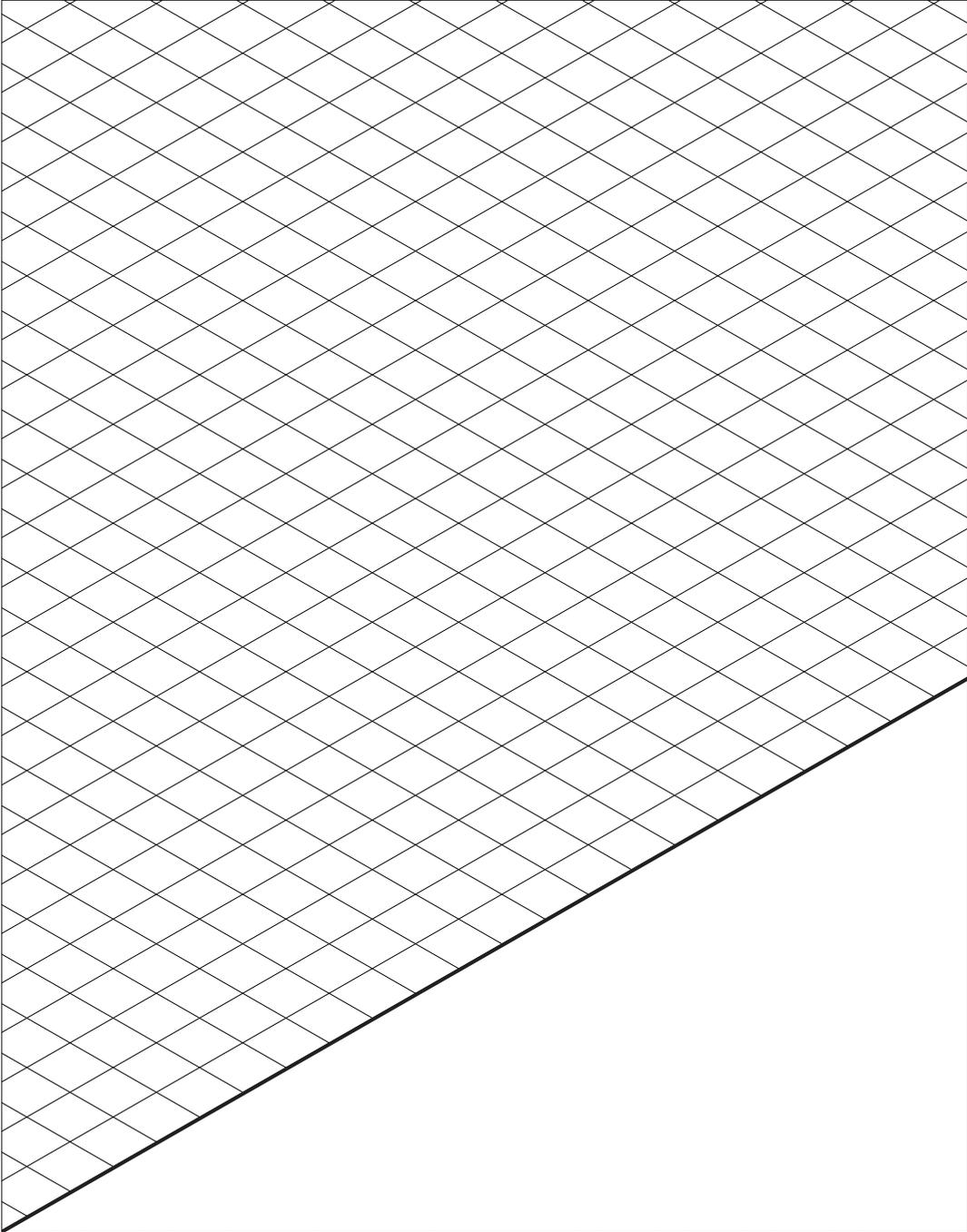
44

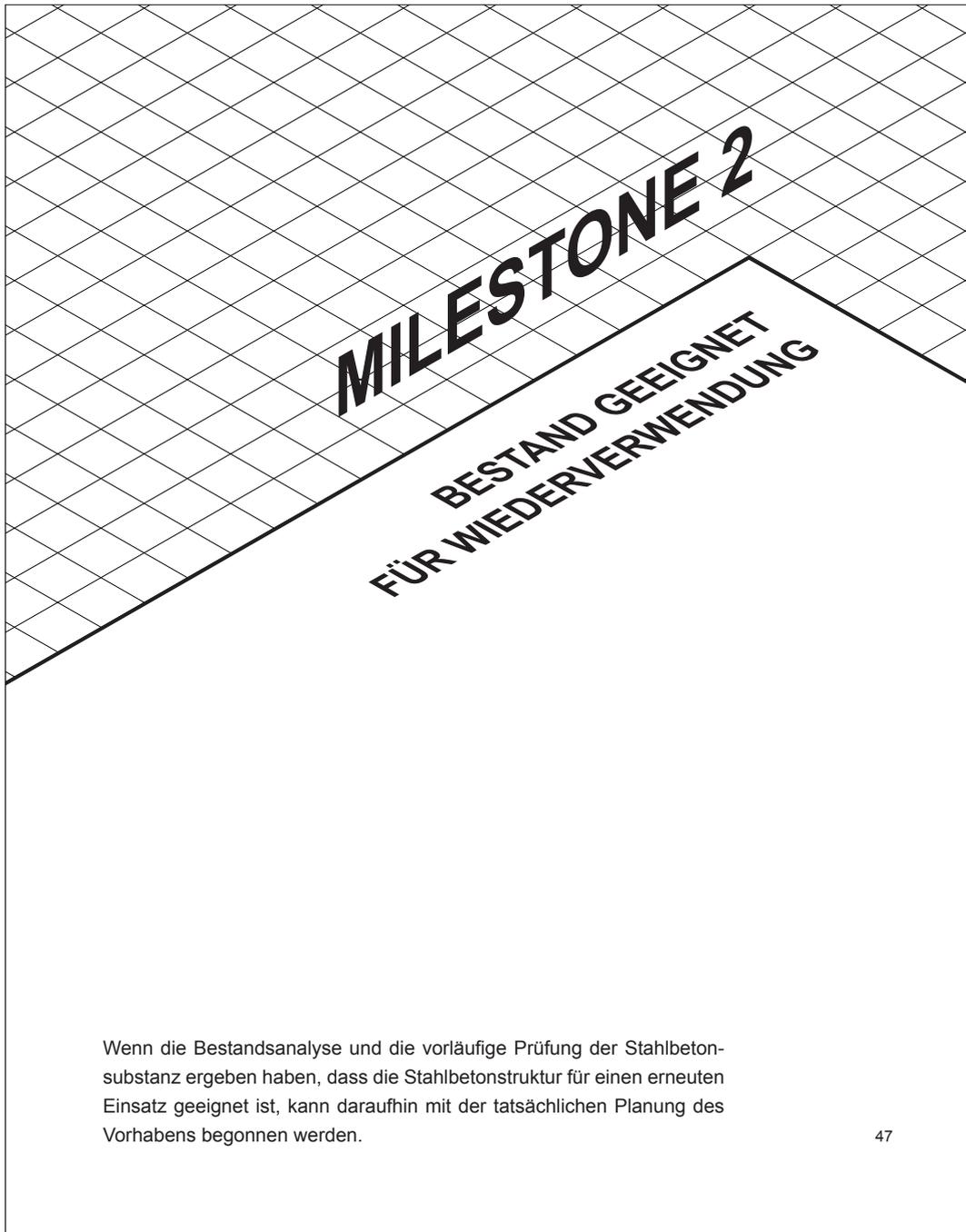
5. BESTANDSUNTERSUCHUNG, VORLÄUFIGE PRÜFUNG

mehr oder weniger stark absorbierten Strahlen abgebildet wird. Bewehrungsstäbe nehmen Strahlen stärker auf als der sie umgebende Beton. Sie erscheinen auf dem Durchstrahlungsbild daher heller als der Beton und können so von ihm unterschieden werden. Um die genaue Position von Bewehrung feststellen zu können, müssen mindestens zwei Aufnahmen von zwei unterschiedlichen Winkeln erstellt werden, durch die sich die Position der Bewehrung in X- und Y-Achse rekonstruieren lässt. Die maximale Durchstrahlungsdicke beträgt je nach Technik 30-60cm.¹⁸

¹⁸

Deutsche
Gesellschaft für
zerstörungsfreie
Prüfung e.V.:
Merkblatt B 02
Merkblatt zur
zerstörungsfreien
Betondeckungs-
messung und
Bewehrungsor-
tung an Stahl- und
Spannbetonbau-
teilen, 2021.



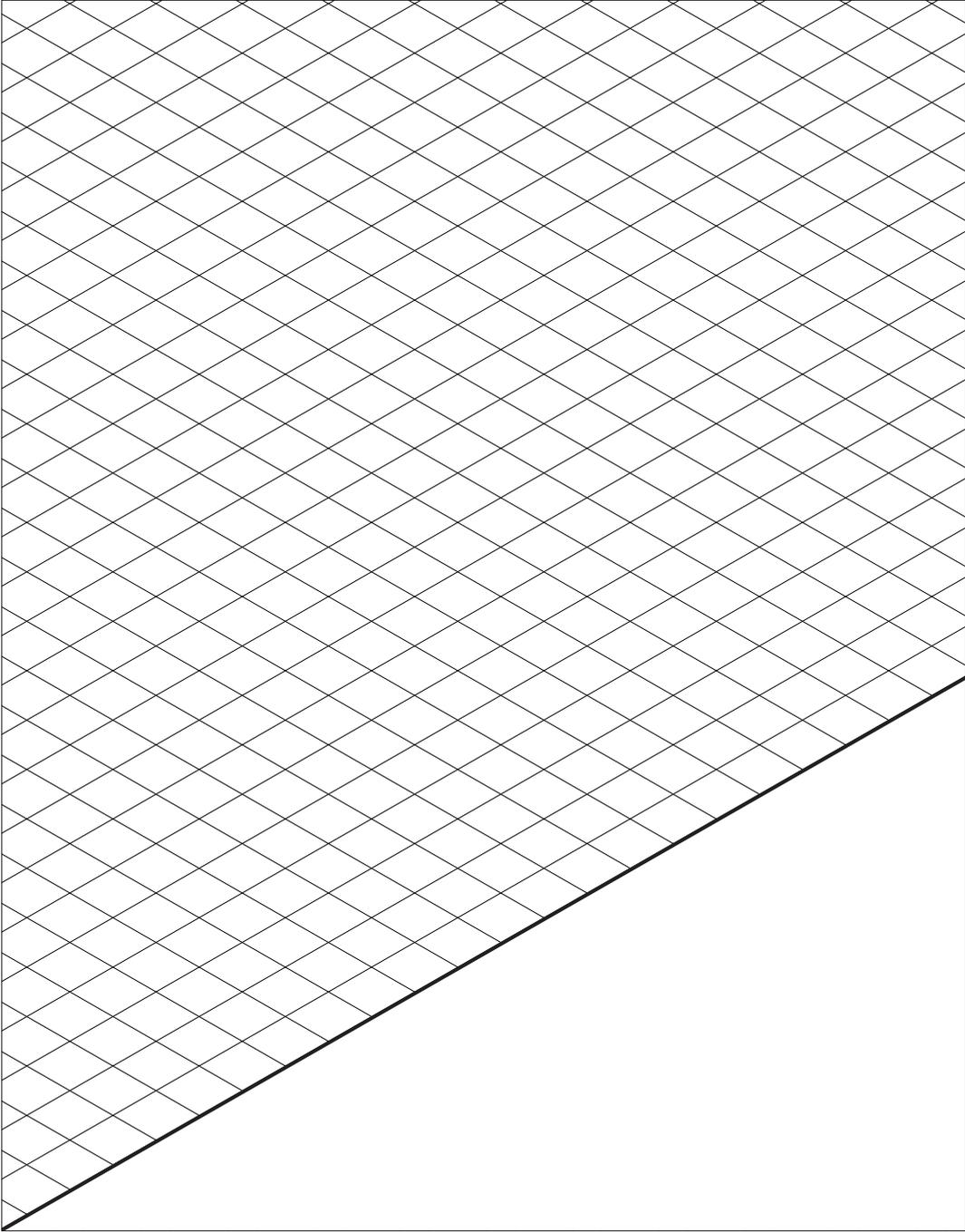


MILESTONE 2

**BESTAND GEEIGNET
FÜR WIEDERVERWENDUNG**

Wenn die Bestandsanalyse und die vorläufige Prüfung der Stahlbeton-
substanz ergeben haben, dass die Stahlbetonstruktur für einen erneuten
Einsatz geeignet ist, kann daraufhin mit der tatsächlichen Planung des
Vorhabens begonnen werden.

47



6.

**ENTSCHEIDUNG ZU
GEBÄUDEZERTIFIZIERUNG**

Beteiligte:

Bauherr:in Neubau

- Beauftragung der Zertifizierung

Architekt:in

- Berücksichtigung der Kriterien in die Gebäudeplanung

Zertifizierungsstelle (DGNB / BNB / QNG)

- Beratung zu Zertifizierungstyp und -stufe und Vorgabe der Kriterien
- später: Erstellung des Gebäudezertifikats

49

6. ENTSCHEIDUNG ZU GEBÄUDEZERTIFIZIERUNG

19
DGNB Kriterien-
katalog Gebäude
Neubau, 2023.

Neubauten können durch bestimmte Institutionen auf ihre Nachhaltigkeit hin zertifiziert werden. Ob ein Gebäude zertifiziert werden soll oder nicht muss zu einer frühen Projektphase entschieden werden, da die durch die Zertifizierungsstellen formulierten Kriterien bereits in frühen Projektphasen wie der Entwurfsplanung greifen oder eine Zertifizierung als Voraussetzung zur Erlangung bestimmter Vorteile bei der Finanzierung verlangt werden kann (siehe Kapitel 2). Der Einsatz wiederverwendeter Stahlbetonelemente kann einen großen Teil zur Erreichung der Kriterien bzw. einer hohen Zertifizierungsstufe beitragen. Daher kann es für Bauvorhaben, bei denen gebrauchte Bauteile verwendet werden sollen, einfacher sein eine Zertifizierung zu erlangen, als das bei konventionell geplanten Gebäuden der Fall ist.

Die bekanntesten Zertifizierungsformate in Deutschland sind das DGNB-Zertifikat der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V., das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen sowie das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG), das ebenfalls im Auftrag des Bundesministeriums vergeben wird.

Die Kriterien der Zertifikate sind so gestaltet das die drei Grundsätze der Nachhaltigkeit, die ökologische, die ökonomische sowie die soziokulturelle und funktionale Qualität beachtet und in Einklang gebracht werden¹⁹. Zusätzlich werden die technische Qualität, die Prozessqualität und die Standortmerkmale bei der Bewertung berücksichtigt. Je nach Erfüllungsgrad der für jedes Kriterium formulierten Standards werden Zertifikate und Siegel in verschiedenen Stufen vergeben. Beim DGNB sind diese Stufen in Platin, Gold, Silber und Bronze gegliedert, beim BNB

50

6. ENTSCHEIDUNG ZU GEBÄUDEZERTIFIZIERUNG

in Gold, Silber und Bronze und beim QNG in die Kategorien „Plus“ und „Premium“.

Die Vorteile durch die Zertifizierung eines Neubaus sind zum einen bei der Festlegung der Planungsziele und zum anderen in der späteren Nutzung und Bewirtschaftung festzumachen. Durch die Vorgaben der Zertifizierungskriterien und Standards werden Anforderungen an die Gebäudehülle und die technische Gebäudeausstattung formuliert, die über die im Gebäudeenergiegesetz formulierten Anforderungen hinausgehen. Dadurch wird ein Rahmen sowohl für die Bauherrin / den Bauherren als auch für die beteiligten Planer:innen geschaffen, an dem sich während der Planungsphase orientiert werden kann. Bestimmte Entscheidungen wie bei der Auswahl von Materialien oder Ausstattung können schneller anhand der Vorgaben durch die Zertifizierung argumentiert werden und müssen nicht aufwendig diskutiert und abgestimmt werden.

Nach der Fertigstellung des Gebäudes können bei der Nutzung des Gebäudes durch den erhöhten Energiestandard die Nebenkosten gesenkt werden und durch die Verwendung von qualitativen und gesundheitschonenden Materialien kann die Lebensqualität der Nutzer:innen verbessert werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Zertifizierung ein Nachweis über den hohen Standard eines Gebäudes und hilft damit bei der Wertsicherung von Investor:innen.

Bei der Zertifizierung fließt die Wiederverwendung von Bauteilen in die Bewertung der ökologischen Qualität ein. Im Folgenden sollen die Kriterien und das Potenzial, das die Verwendung von gebrauchten Stahlbetonelementen bietet, anhand der DGNB-Zertifizierung dargestellt werden.

51

6. ENTSCHEIDUNG ZU GEBÄUDEZERTIFIZIERUNG

19

DGNB Kriterien-
katalog Gebäude
Neubau, 2023.

20

ebd.

21

Forschungspro-
jekt Abbau Auf-
bau, Ergebnisse
AP1, 2022.
www.abbau
aufbau.de**Kriterien für die ökologische Qualität (gemäß DGNB)**

Die ökologische Qualität von Neubauten wird nach sechs Kriterien bewertet, durch die eine Einschätzung über die Einwirkung auf die „globale und die lokale Umwelt sowie auf die Ressourceninanspruchnahme und das Abfallaufkommen“²⁰ getroffen werden kann. Das Potenzial der Wiederverwendung von Stahlbetonelementen bildet sich in den Kriterien „Klimaschutz und Energie“ und „Verantwortungsvolle Ressourcengewinnung“ ab. Für das Kriterium „Klimaschutz und Energie“ wird hauptsächlich der Lebenszyklus des Gebäudes und dessen Ökobilanz (siehe Kapitel 18) betrachtet. Dabei wird als erstes das Unterkriterium „zirkuläre Bauweise“ formuliert, das als eine von insgesamt drei geforderten Varianten zur Reduzierung des Erderwärmungspotenzials (auch GWP, Emissionen von CO₂ und CO₂-Äquivalenten) in frühen Projektphasen in Betracht gezogen werden kann. In der weiteren Betrachtung des Klimaschutzkriteriums werden bestimmte Anforderungen an die Unterschreitung von GWP-Referenzwerten gesetzt. So soll z.B. für die Erlangung der besten Bewertung das GWP in der Herstellungsphase (LCA Module A1-A3) nur maximal 50% des durch die DGNB vorgegebenen Referenzwertes betragen. Hierbei kann die Wiederverwendung Stahlbetonelementen eine große Rolle spielen, da im Rahmen dieses Forschungsprojektes (AP1) bei der Untersuchung eines Musterprojektes bereits festgestellt wurde, dass allein durch den Einsatz von gebrauchten Bauteilen im Rohbau eine Einsparung von ca. 36% des GWPs in den Phasen A1-A4 im Vergleich zu einem konventionellen Neubau gleicher Größe und Konfiguration erreicht werden konnte.²¹ Neben dem GWP werden in diesem Kriterium auch weitere Umweltindikatoren wie z.B. die Primärenergiebilanz betrachtet. Auch für diese werden Maximalwerte in Abhängigkeit von

52

6. ENTSCHEIDUNG ZU GEBÄUDEZERTIFIZIERUNG

Referenzwerten vorgegeben, bei denen sich durch den Einsatz von gebrauchten Stahlbetonelementen ein hohes Potenzial zur Erreichung der Vorgaben prognostizieren lässt.

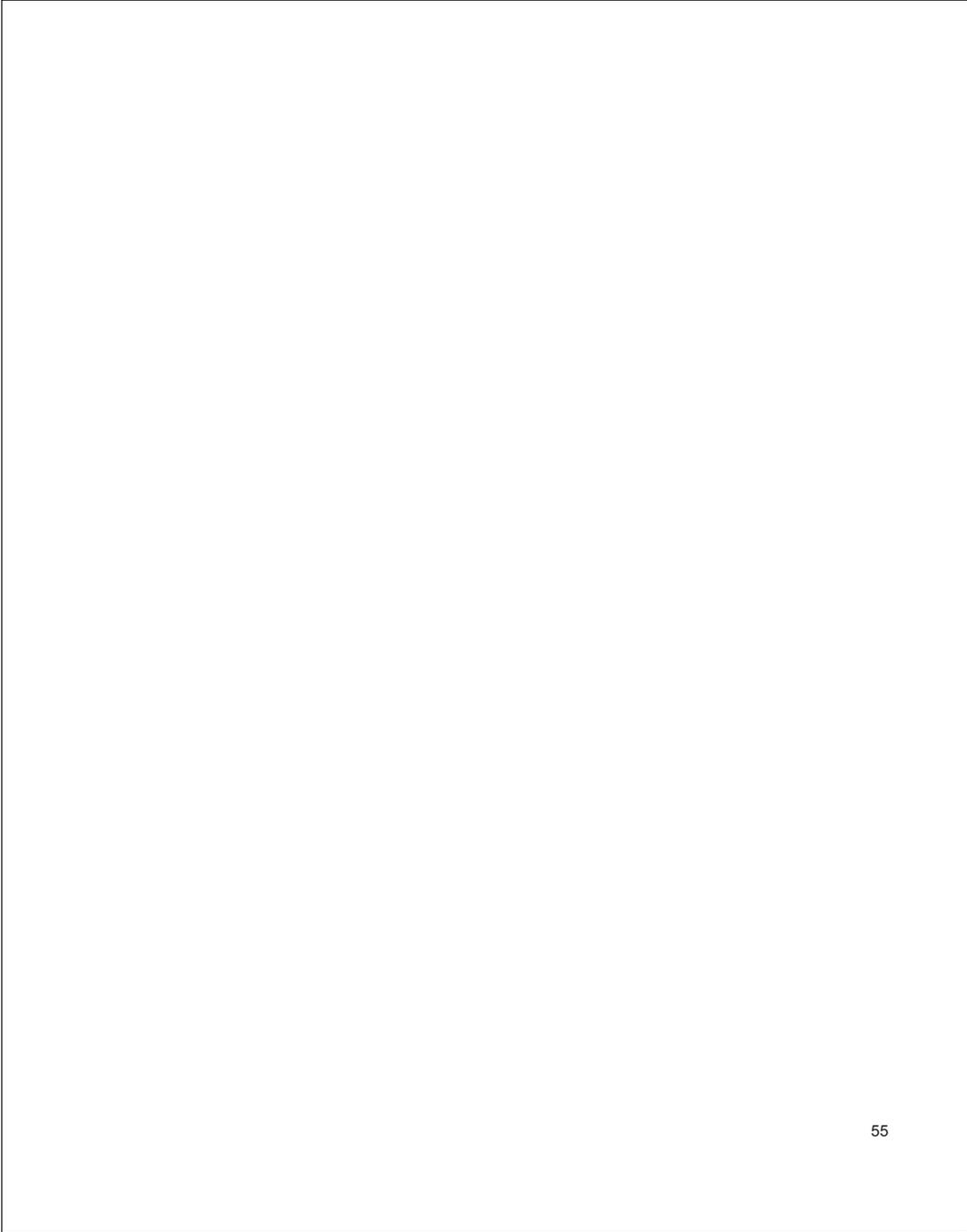
Für das Kriterium der verantwortungsvollen Ressourcengewinnung werden vor allem die Lieferketten der Bauprodukte in den Fokus gestellt. Da bei der Verwendung von gebrauchten Bauteilen, den sogenannten Sekundärbaustoffen, keine globalen Lieferketten, sondern im Regelfall kurze Transportwege anfallen und regionale Akteure beteiligt sind, kann durch das Ersetzen von konventionellen, neu herzustellenden Baustoffen durch Sekundärbaustoffe eine positive Wirkung bei der Ressourcengewinnung festgestellt werden. Bei den durch die DGNB formulierten Kriterien wird dieser Aspekt als eine von drei Maßnahmen zum verantwortungsvollen Ressourceneinsatz in der Planung, der Ausschreibung und der Dokumentation genannt, wobei hier die Wiederverwendung und die Weiterverwendung (Recycling) zusammen genannt werden und keine weitere Abstufung vorgenommen wird. Ebenso werden bei den Kriterien für den Einsatz von Produkten und Sekundärrohstoffen im Gebäude für Beton verschiedene Grenzen für den Recyclinganteil formuliert. Die Wiederverwendung von Betonbauteilen im Ganzen ist in diesen Kriterien leider noch nicht gesondert dargestellt und fließt in die Bewertung daher nur unter dem Bewertungsaspekt des Recyclings ein.

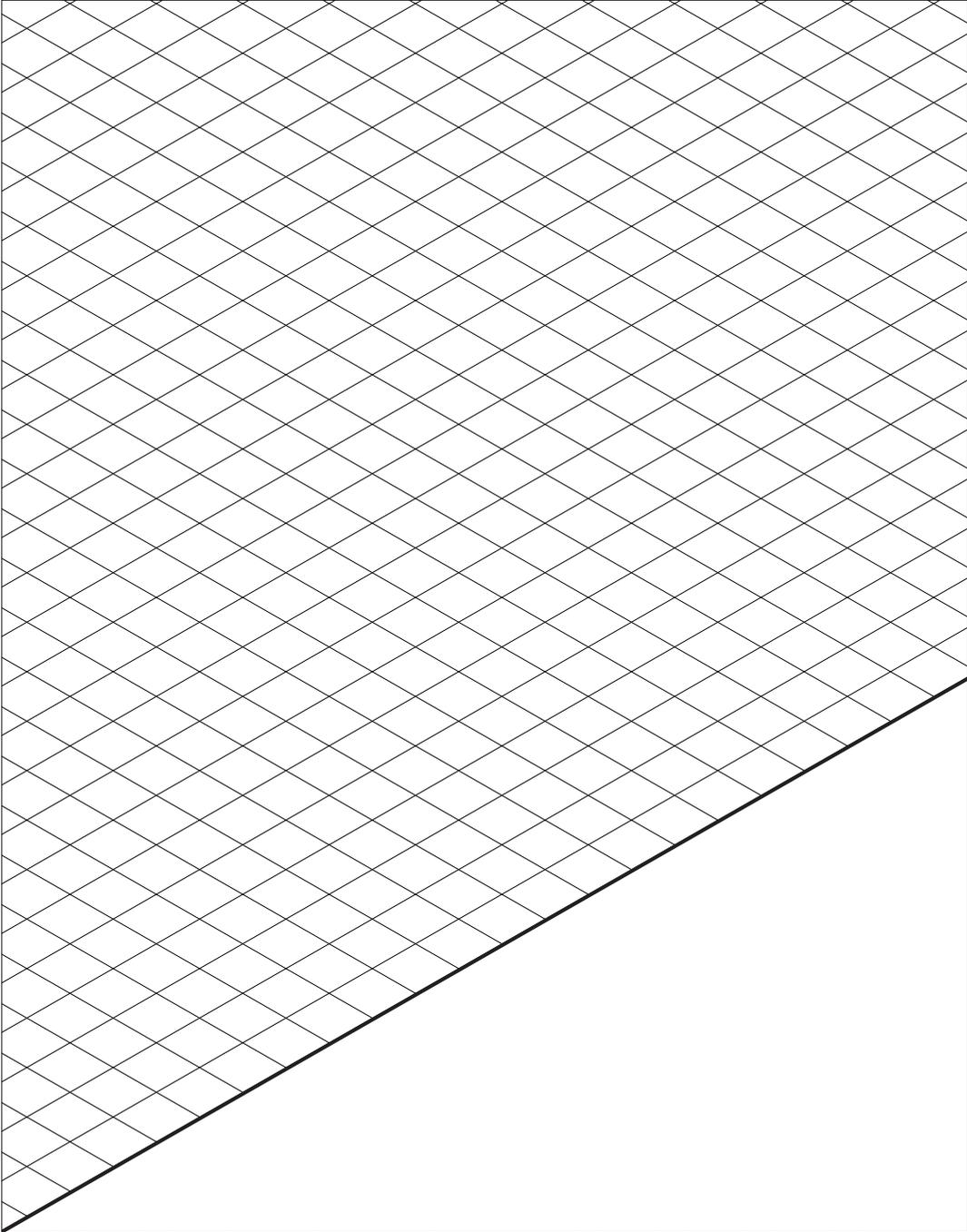
Schlussfolgernd lässt sich zusammenfassen, dass Bauvorhaben bei denen wiederverwendete Stahlbetonelemente eingesetzt werden, gute Voraussetzungen für die Erlangung einer Nachhaltigkeits-Zertifizierung haben. Die strengen Kriterien und Vorgaben können gegebenenfalls so-

53

6. ENTSCHEIDUNG ZU GEBÄUDEZERTIFIZIERUNG

gar die Planungsphase vereinfachen und so zu einem effizienteren Planungsprozess beitragen, der durch die Besonderheiten des Einsatzes der gebrauchten Bauteile bereits an anderen Stellen außergewöhnliche Herausforderungen bietet.





7.

ENTWURFSPLANUNG
ABBAU (ZUSCHNITT)
UND AUFBAU (NEUBAU)

Beteiligte:

Architekt:in

- Entwurfsplanung für Neubau
- Zuschnittplanung für Rückbau
- Kostenschätzung

57

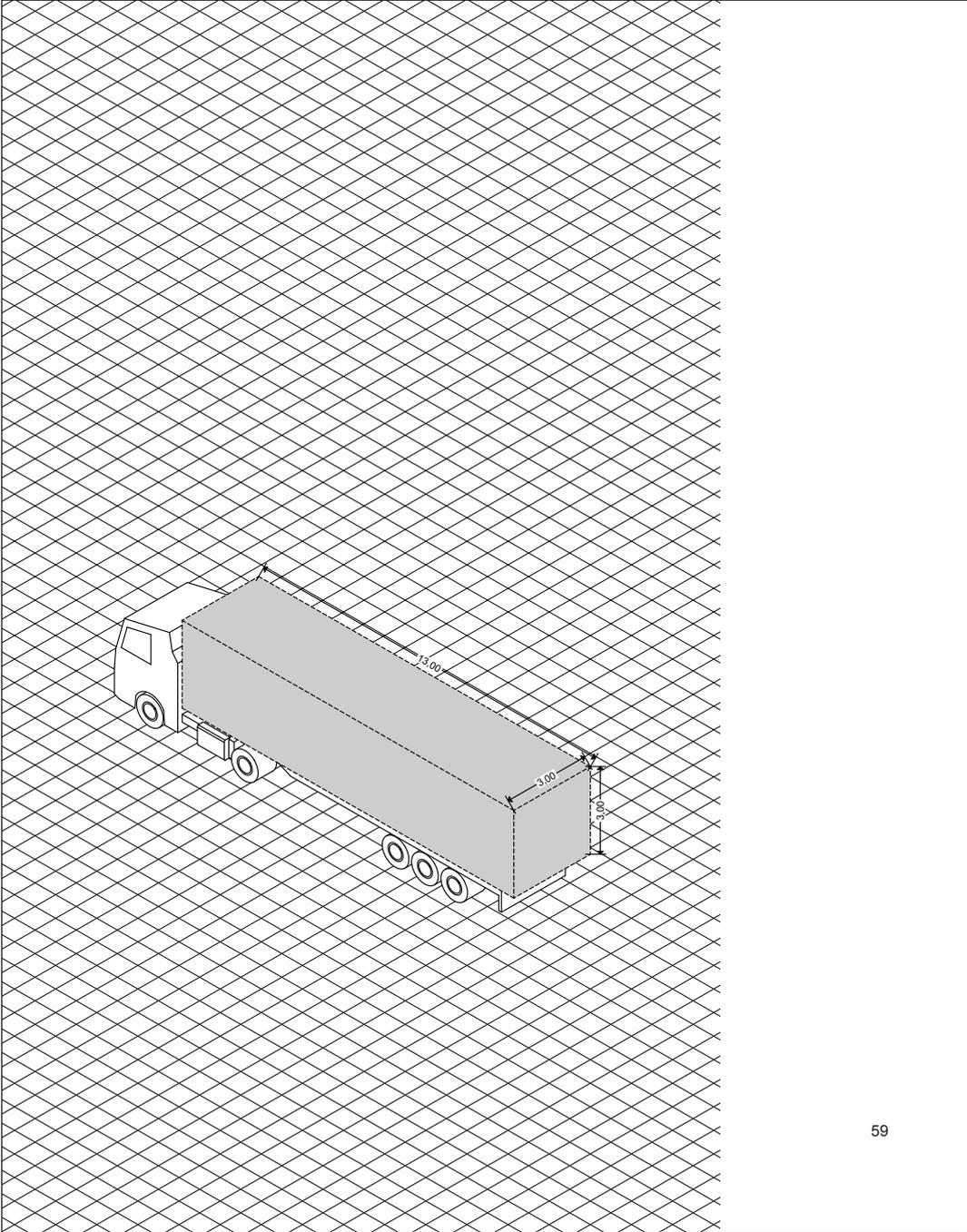
7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)

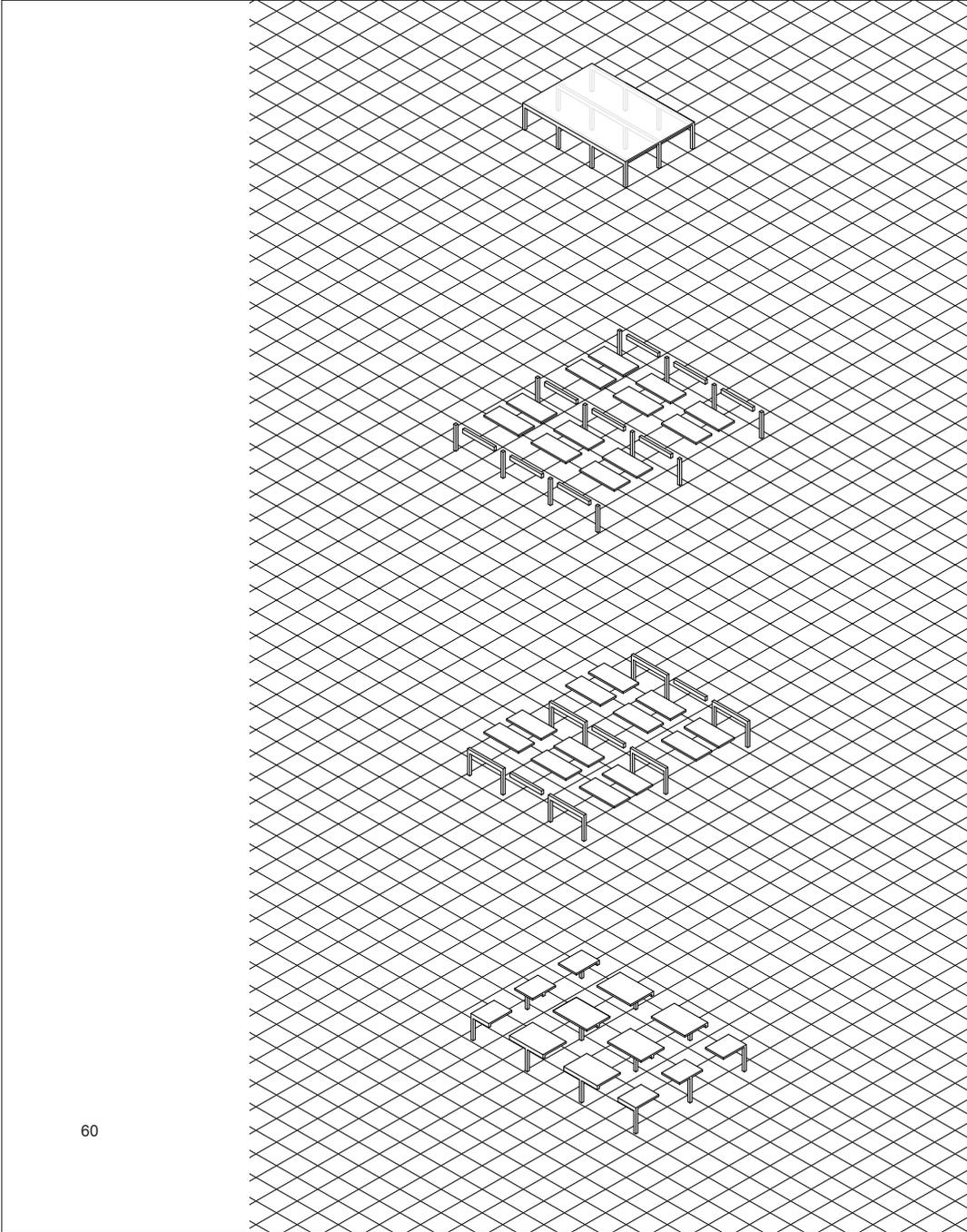
Zunächst sollte eine grobe Skizze eines Grundrisses für den Neubau aus dem vorliegenden Raumprogramm erstellt werden. Je nach Standort des Gebäudes und den örtlichen Gegebenheiten müssen Abstandsflächen und Anforderungen aus dem Baurecht (B-Plan oder Bauordnung) berücksichtigt werden.

Das im Kapitel 3 erstellte 3D-Modell und die 2D-Grundrisse sollten nun genauer auf ihre Zerlegbarkeit hin untersucht werden. Gibt es eventuell schon Bauabschnitte oder Trenn- bzw. Arbeitsfugen, die das Gebäude partitionieren? Ist die Rohbaustruktur ein Skelett- oder ein Massivbau? Können Deckenscheiben als ganze Elemente aus dem Rohbau entnommen werden oder sind sie mit Stützen bzw. Unterzügen verbunden? Welche Erkenntnisse zum statischen Konzept und zu den Bauteilen konnten aus der Analyse (Kapitel 4) durch die oder den Tragwerksplaner:in gewonnen werden?

Unter Berücksichtigung dieser ersten Bewertung des Bestands sollte ein erster Zuschnittplan gemacht werden, aus dem eine erste Reihe von Elementen hervorgeht, die mittels Betonsägeverfahren (siehe Kapitel 20 und 25) aus dem Bestand herausgeschnitten werden können. Wichtig bei diesem Schritt ist die Zuordnung von IDs zu den einzelnen Elementen, um eine Übersicht zu behalten, welches Element aus welchem Ort im Bestand kommt und um eine Dopplung von Elementen zu verhindern (siehe auch Kapitel 11).

Der erste Zuschnittplan sollte zudem einem System folgen, dass den Transport schon mitdenkt. So sollten Elemente nicht länger als 13m, nicht höher als 3m und nicht breiter als 3m sein. Darüberhinausgehende





7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)

Maße können zwar auch transportiert werden, bedeuten aber Sondertransportfahrten, die mit erheblichen Mehrkosten verbunden sind.

Für den ersten Zuschnittplan sollte ein grundlegendes Konzept, wie z.B. die Verwendung von jeweils einzelnen Stützen und einzelnen Deckenplatten oder Stützenpaaren mit verbindendem Unterzug, festgelegt werden. Es sollte hierbei auch möglichst eine bestimmte Elementbreite festgelegt werden, nach der sich der Zuschnitt richtet, um die Elemente im Neubau basierend auf einem festen Raster wieder einsetzen zu können.

Für den ersten Zuschnitt kann auf das in diesem Forschungsprojekt entwickelte Tools für die Softwarekombination Rhino und Grasshopper zurückgegriffen werden:

Tool für die Digitalisierung und Skalierbarkeit bei der Verwendung von gebrauchten Stahlbetonelementen

Mit dem Script können aus dem 2D-Grundriss eines Regelgeschosses des Spendergebäudes schnell Varianten für den Zuschnitt und die Erstellung wiederverwendbarer Elemente generiert werden. Das Tool beinhaltet drei Modi, nach denen der Zuschnitt erstellt wird. Modus 1 und 2 basieren auf der Position der Stützen und können über veränderliche Parameter angepasst werden. Modus 3 wird durch eine zusätzliche individuelle Linienzeichnung beeinflusst, nach der der Zuschnitt erstellt wird. Das Tool erstellt automatisch eine Zuordnung von IDs zu jedem der gewonnenen Elemente und stellt die Elemente in einer Art Bauteilkatalog inklusive Maßangaben, Volumen, Masse und enthaltener grauer Energie (CO₂-Äq.) dar. Das Tool kann auf der Projektwebsite (www.abbauaufbau.de) heruntergeladen werden.

61

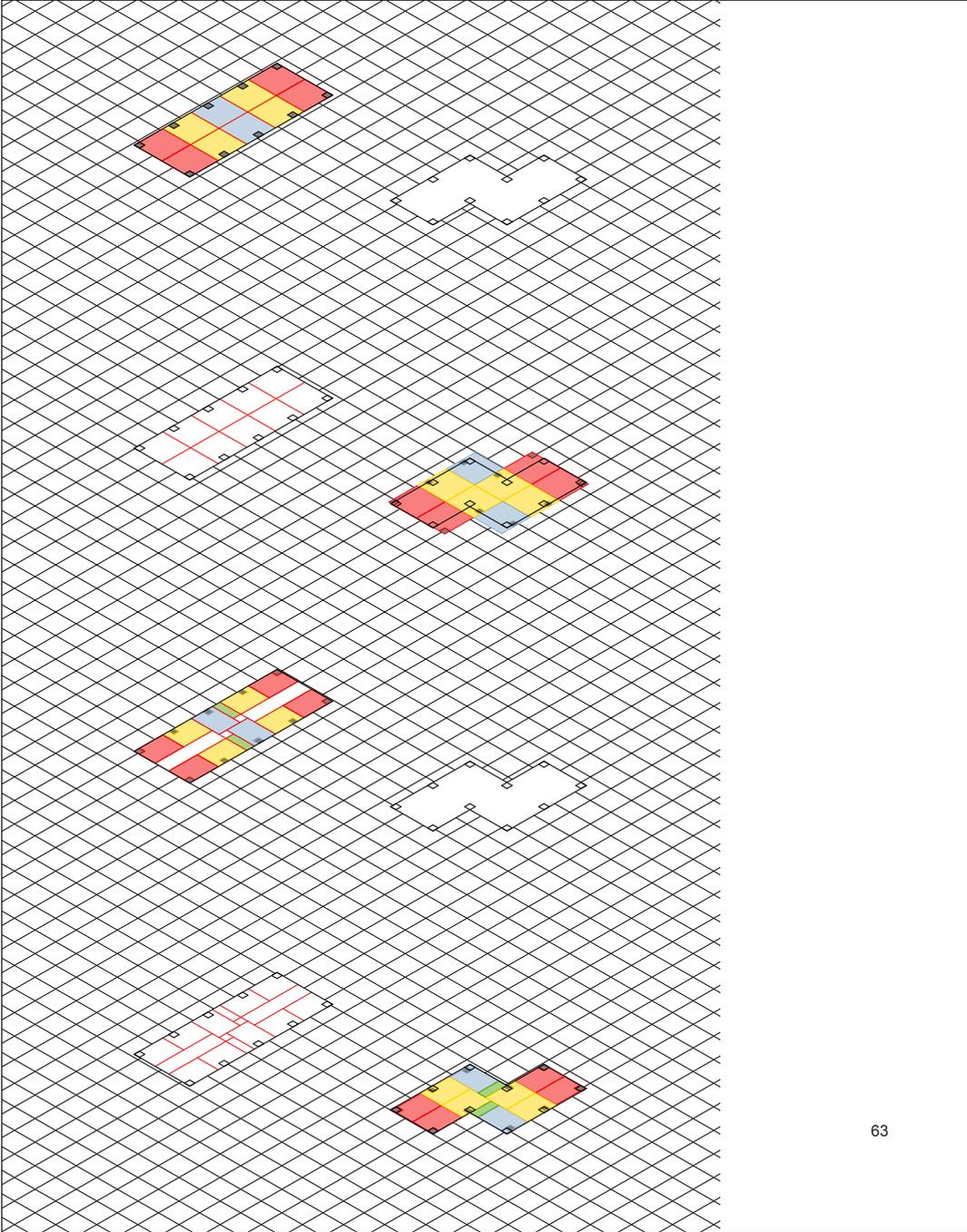
7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)

Die im ersten Zuschnittplan erstellten Elemente müssen nun auf der Grundrisssskizze des Neubaus platziert werden. Dabei muss festgestellt werden, an welchen Stellen von der Skizze abgewichen wird. Anhand dieser Abweichungen muss situativ entschieden werden, ob der Zuschnitt oder der Grundrissentwurf geändert werden soll. Dieses Vorgehen muss gegebenenfalls mehrfach wiederholt werden, sodass über mehrere Iterationen der Zuschnitt funktioniert und Grundrissentwurf zufriedenstellend ist.

Anhand des Zuschnittplans sollte nun ein Bauteilkatalog entwickelt werden, in dem die Form, Maße, Gewicht und ID jedes der für die Wiederverwendung vorgesehenen Elemente aufgelistet werden sollte. Anhand dieses Kataloges können im Projektverlauf vor allem logistische Fragen leichter bearbeitet werden (siehe Kapitel 11).

Als nächster Schritt der Entwurfsplanung sollte nun ein Konzept entwickelt werden, wie die gebrauchten Elemente wieder zusammengefügt werden können. Dabei können z.B. neue Auflager aus Stahlträgern oder Stahlbetonfertigteilen eingesetzt werden (siehe Kapitel 21). Durch die/den Tragwerksplaner:in sollte festgelegt werden welche Anforderungen an bestimmte Verbindungen bestehen. Zu berücksichtigen ist dabei auch ob es möglich ist, Verbindungen so auszuführen, dass sie für einen zukünftigen Rückbau demontierbar sind.

Abschließend sollte in diesem Schritt eine Kostenschätzung nach DIN276 für den Neubauentwurf erstellt werden. Dabei kann für neu herzustellende Bauteile auf gewohnte Werkzeuge wie den BKI zurückgegriffen werden. Für die wiederverwendeten Elemente können zunächst



7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)

22
BKI 2021
umgerechnet auf
1.Quartal 2023

23
Kostentabelle
Firma Dunkel
Berlin.
www.dunkel.berlin

überschlägig 50% der Kosten angenommen werden, die für das Bauteil (Stütze, Decke, etc.) in konventioneller neuer Herstellung veranschlagt würden. So können Ausbau und Transport der Betonelemente in den Kosten für den Neubau berücksichtigt werden.

Kosten der wiederverwendeten Betonelemente

Welche Höhe die Kosten der wiederverwendete Betonelemente im Neubauvorhaben am Ende tatsächlich betragen, ist zum einen abhängig von den Bedingungen, die für die Bereitstellung der Elemente erfüllt sein müssen und zum anderen von den Konditionen, auf die sich die oder der Eigentümer:in des Spendergebäudes und die oder der Bauherr:in des Neubaus einigen.

Im Fall eines konventionellen Abbruchs müsste die oder der Eigentümer:in des Spendergebäudes für den Abbruch und die Entsorgung der Elemente Transportkosten und Entsorgungsgebühren bezahlen.

Diese Kosten lassen sich wie folgt ermitteln:

Laut BKI kostet der Abbruch von 1 m³ Stahlbeton zurzeit durchschnittlich ca. 272,00 Euro netto²². Hierbei wurde der Mittelwert der Bauteile Fundamente, Wände, Geschossdecken, Stützen und Unterzüge gebildet und auf 1 m³ Volumen bezogen.

Die Kosten für den Transport mit einem 40t-Sattelzug belaufen sich durchschnittlich auf ca. 0,43 Euro netto pro Tonne und Kilometer für Strecken unter 30km²³. Bei einer Dichte von rund 2,5t pro m³ Stahlbeton läge der Preis für den Transport bei ca. 0,17 Euro pro Kubikmeter und Kilometer. Bei einer angenommenen Entfernung von 30km von

64

7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)

der Baustelle zum Recyclingwerk, würden die Transportkosten demnach 5,10 Euro netto pro m³ Stahlbeton betragen.

Die Entsorgungskosten betragen zurzeit ca. 15,00 Euro pro Tonne bewehrtem Stahlbeton²⁴. Bezogen auf das Volumen ergibt das einen Preis von 6,00 Euro pro m³.

Insgesamt lägen die Kosten für den konventionellen Abbruch inklusive Transport und Entsorgung demnach bei ca. 283,10 Euro pro m³ Stahlbeton. Diese Kosten müsste die oder der Eigentümer:in des Spendergebäudes in jedem Fall für die Beseitigung des Gebäudes bzw. dessen Stahlbetonstruktur tragen.

Für den Fall einer Wiederverwendung sollte ein Teil der Kosten auf die oder der Bauherr:in des Neubaus abgenommen werden, da diese die Elemente übernimmt bzw. kauft. Damit die Elemente überhaupt sortenrein geborgen werden können, muss anstelle des konventionellen Abbruchs ein selektiver Rückbau (siehe Kapitel 20) durchgeführt werden, was einen höheren Aufwand und damit höhere Kosten für den Rückbauprozess bedeutet. Der höhere Aufwand ist durch das Separieren von Abbruchstoffen, dem händischen Ausbau von Türen oder Fenstern, etc. zu begründen. Für den Fall eines Stahlbeton-Rohbaus kommen Arbeiten wie Betonbohr- und Sägearbeiten sowie Kranhebearbeiten hinzu, die bei einem konventionellen Abbruch nicht durchgeführt werden müssten.

Laut einer Studie aus dem Jahr 1998²⁵, in der konventioneller Abbruch und selektiver Rückbau (siehe auch Kapitel 20) verglichen wurden,

24

Kostentabelle
Firma Dunkel
Berlin.
www.dunkel.berlin

25

Rentz, Ruch,
Schultmann et al.:
Selektiver Gebäu-
derückbau und
konventioneller
Abbruch, 1998.

65

7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)

sollte letzterer etwa das Dreifache des Zeitaufwands des konventionellen Abbruchs verursachen. Die genauen Kostenwerte der Studie sind aufgrund ihres hohen Alters hier nicht weiter berücksichtigt, allerdings lässt sich ableiten, dass durch den dreifachen Arbeitsaufwand die Kosten für den selektiven Rückbau mit einer optimistischen Schätzung mindestens das Doppelte des konventionellen Abbruchs sein müssen. Nicht das dreifache, da neben den Personalkosten auch die Baustelleneinrichtung und die Bereitstellung und der Einsatz der benötigten Maschinen auf die Kosten einwirken. Diese sind sowohl für Abbruch als auch für selektiven Rückbau erforderlich und reduzieren daher die anteilige Auswirkung des Mehraufwands an Arbeit auf den Preis.

Ausgehend vom zuvor ermittelten Preis für den Abbruch und der auf Grundlage der zuvor genannten Studie aufgeführten Aussage bzgl. des Arbeitsaufwands, kann geschlussfolgert werden, dass die Rückbauarbeiten für 1 m³ Stahlbeton im selektiven Rückbau mindestens 544,00 Euro netto kosten würden. Zieht man die zuvor beschriebenen Kosten für Transport hinzu, liegt der Preis für selektiven Rückbau und Transport (von 30km) bei 549,10 Euro pro m³ Stahlbeton. Die Kosten für die Entsorgung entfallen.

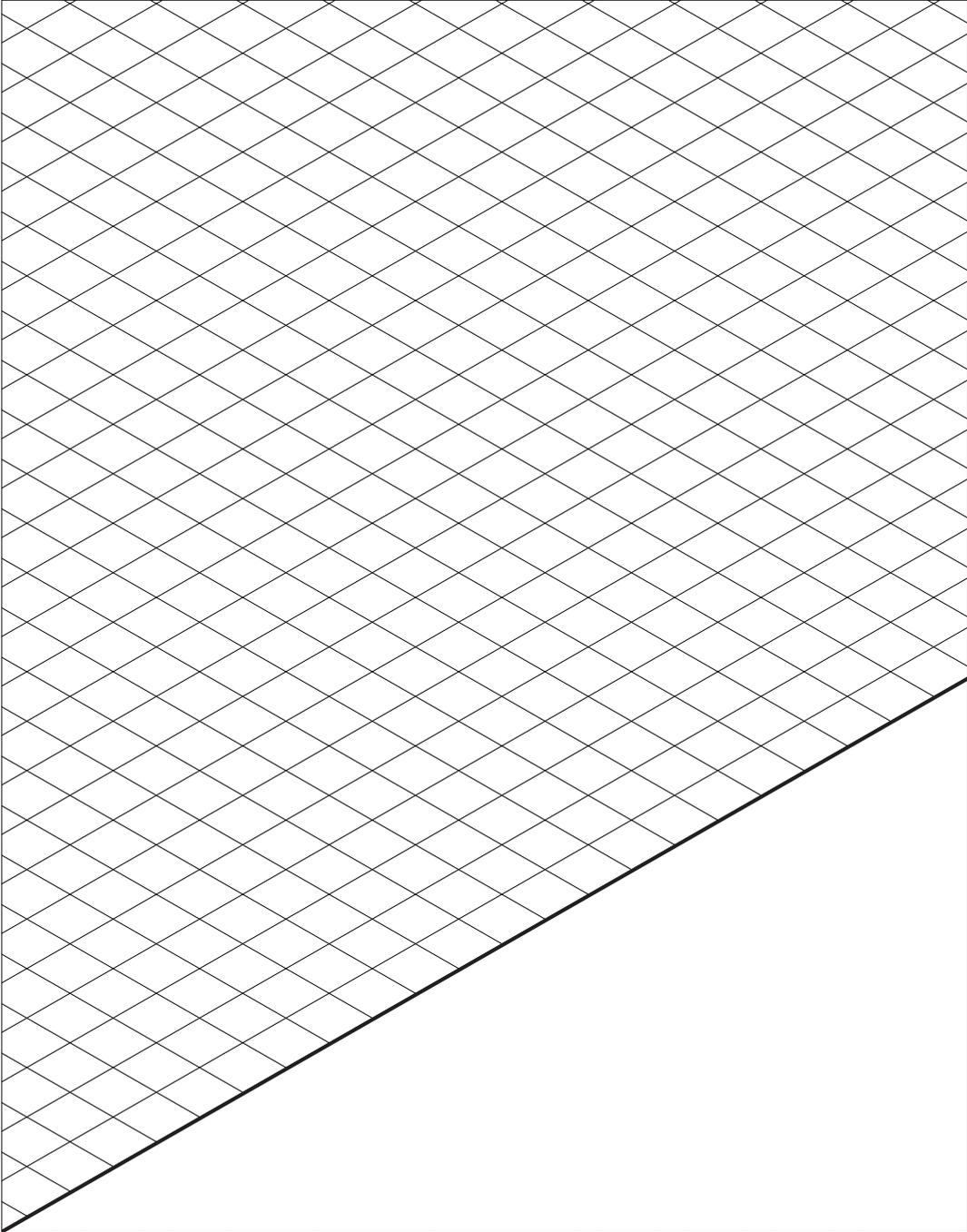
Soll nun also das Gebäude mittels selektiven Rückbaus in wiederverwendbare Elemente zerlegt werden entstehen pro m³ Stahlbeton Mehrkosten von 266,00 Euro im Vergleich zum konventionellen Abbruch. Diese Kosten sollten durch die oder der Bauherr:in des Neubaus übernommen werden, da sie vom Mehraufwand des selektiven Rückbaus profitiert, da sie die Betonelemente zur Wiederverwendung

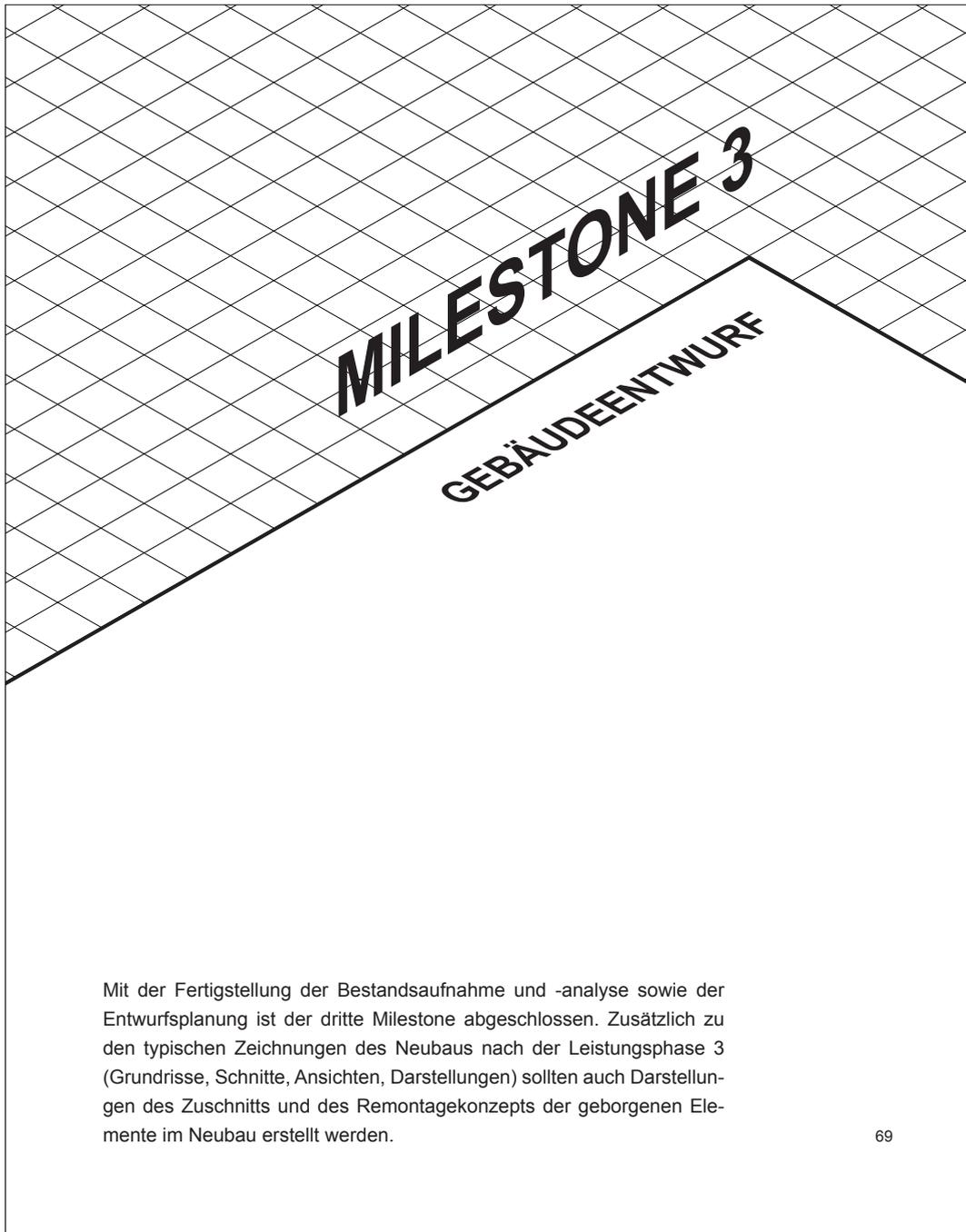
7. ENTWURFSPLANUNG ABBAU (ZUSCHNITT) UND AUFBAU (NEUBAU)

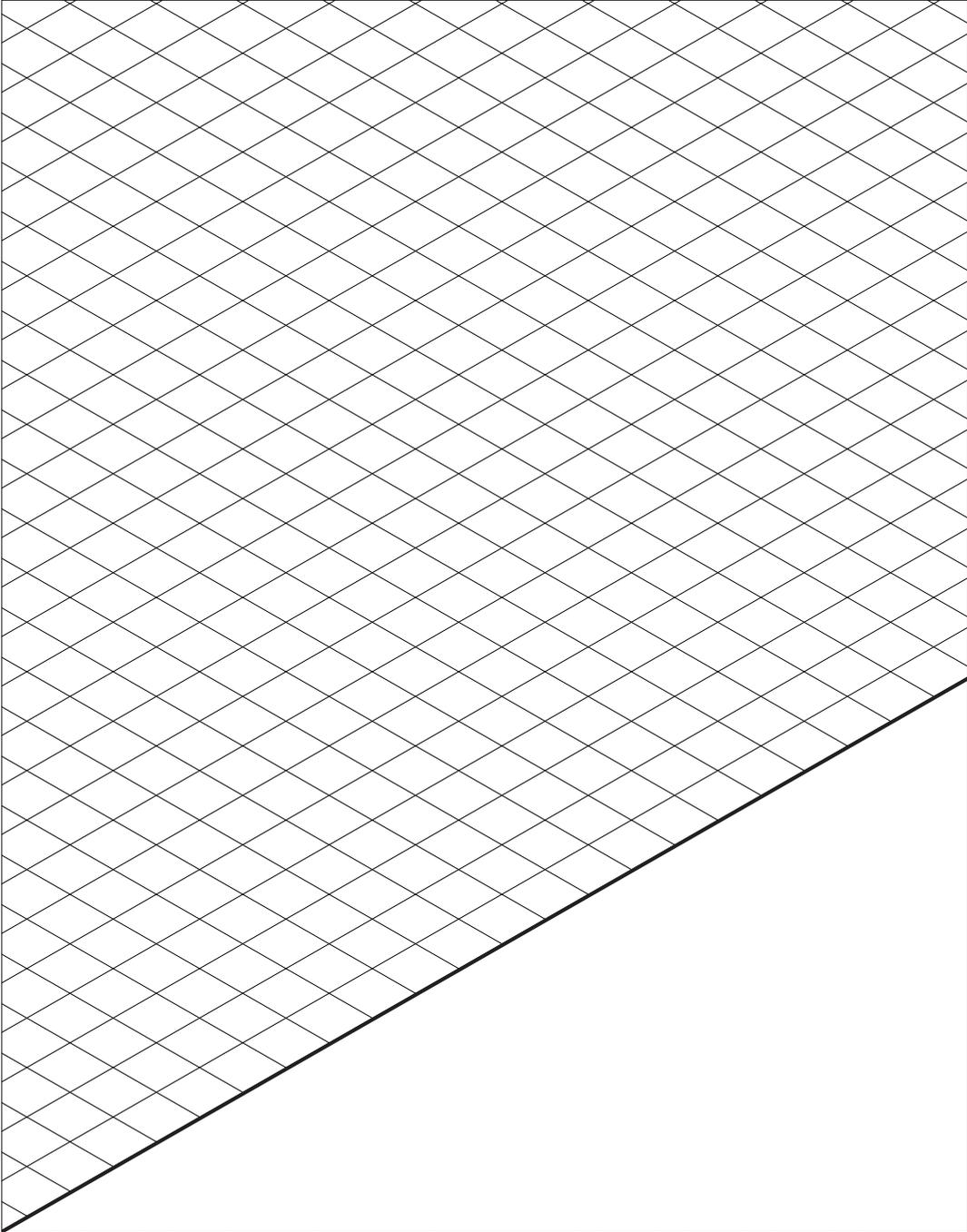
bekommt. Gegebenenfalls kann auch mehr als nur die Differenz zu den konventionellen Abbruchkosten von die oder der Eigentümer:in des Spendergebäudes auf die oder der Bauherr:in des Neubaus umgelegt werden, um die oder der Eigentümer:in des Spendergebäudes einen höheren Anreiz zu bieten, die Beseitigung so durchzuführen, dass wiederverwendbare Elemente entstehen.

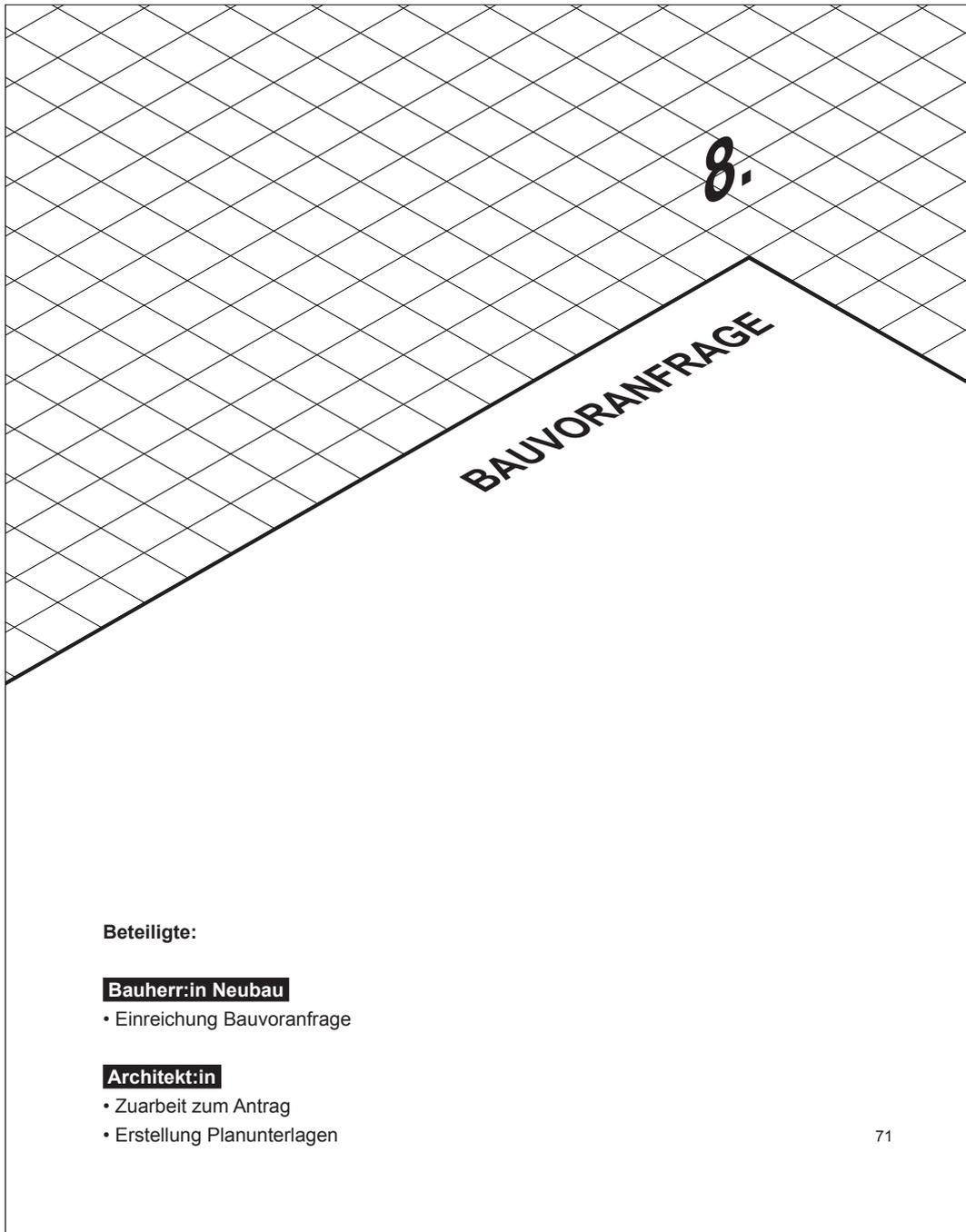
Für die genaue Bezifferung der Differenz des Mehraufwands können Kostenvoranfragen für die beiden Szenarien (Abbruch und selektiver Rückbau zur Wiederverwendung) an Rückbaufirmen gestellt werden.

Generell sind die genauen Rückbaukosten von vielen Faktoren wie z.B. Größe des Bauvorhabens, regionale Lage, Vorkommen von Gefahrstoffen, etc. abhängig. Die oben genannten Werte sind grobe Schätzwerte auf Grundlage des BKI, die dazu dienen sollen, die hier geführte Argumentation für die Kostenaufteilung zwischen den Beteiligten darzustellen.









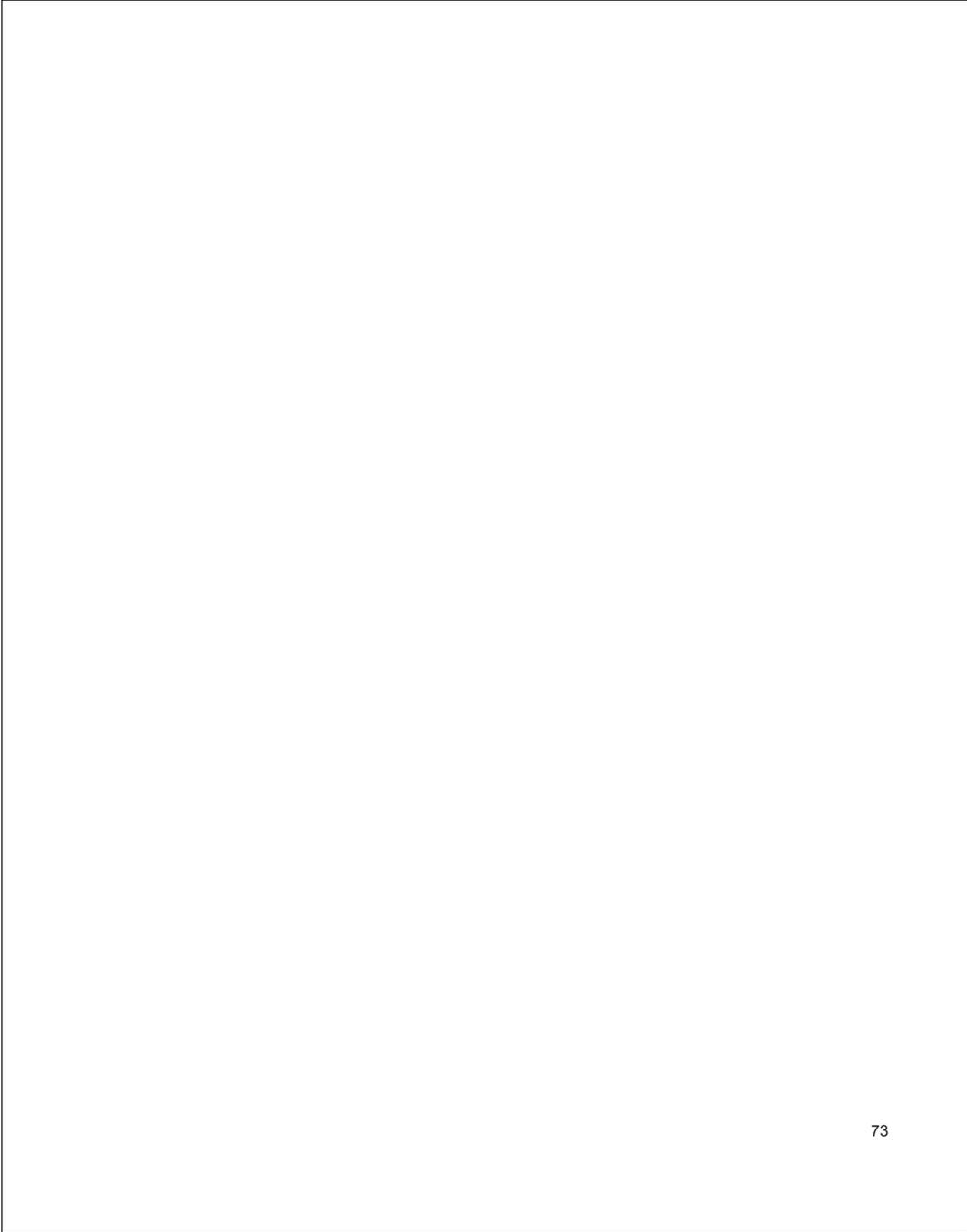
8. BAUVORANFRAGE

26
Baugebührenord-
nung - BauGebO
Land Berlin

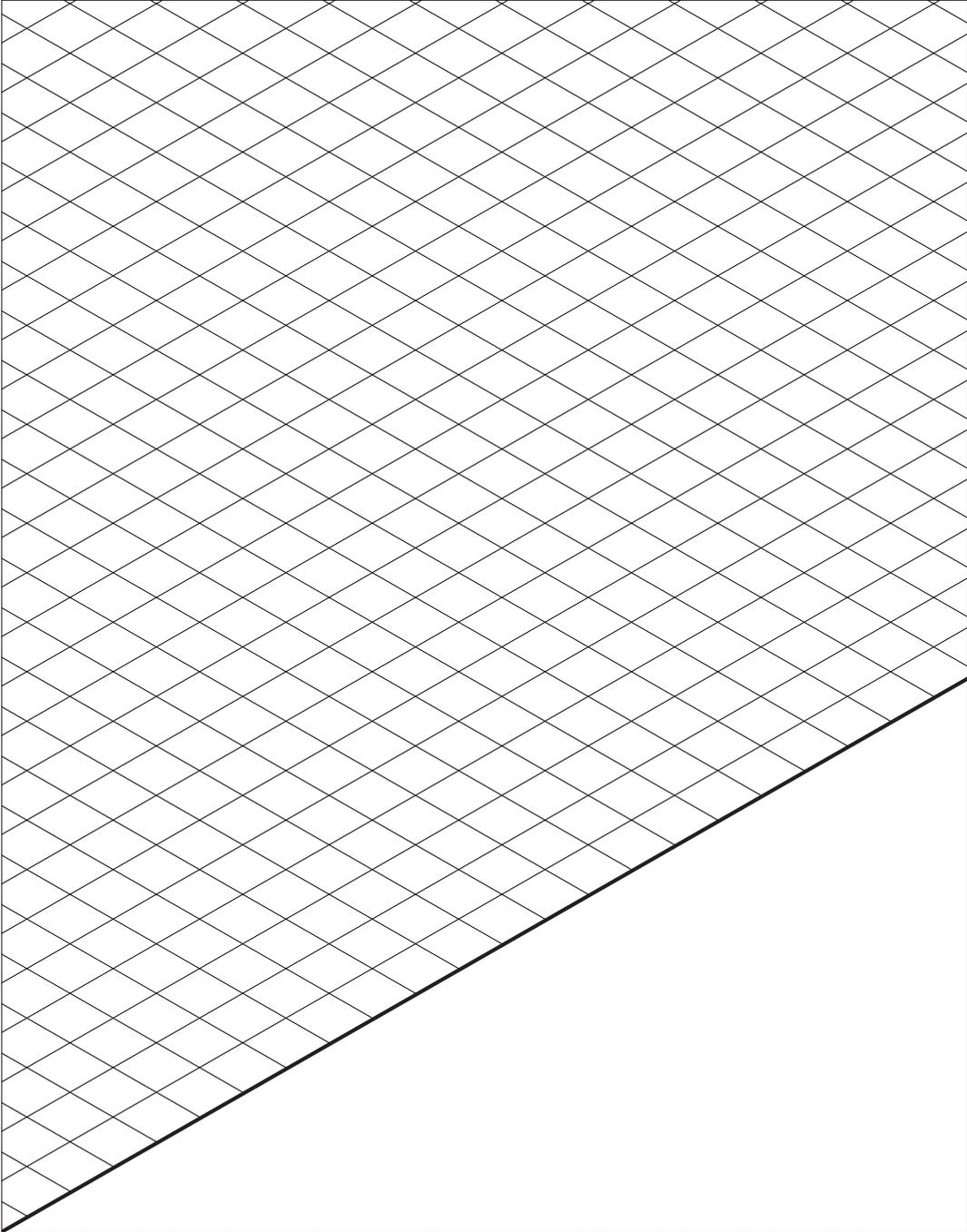
Auf Grundlage der zuvor erstellten Planunterlagen sollte eine Bauvoranfrage an die zuständige Bauaufsichtsbehörde gestellt werden. Damit können planungsrechtliche Aspekte vor der weiteren Ausarbeitung und Vorbereitung der Bauantragsstellung geklärt werden. Die einzureichenden Unterlagen sollten das Neubauvorhaben so detailliert wie möglich darstellen, da aufgrund dieses Projektstandes und einem positiven Vorbescheid eine Reihe von weiteren kostenintensiven Planungsleistungen angeschoben werden muss. Der Vorbescheid ist daher die erste wichtige Hürde für die Entscheidung, ob das Vorhaben weiter verfolgt werden soll oder nicht.

Der aufgrund der Bauvoranfrage erstellte (Vor-)Bescheid ist in der Regel zwei bzw. drei Jahre gültig und kann ggf. sogar verlängert werden. Die Gebühren für die Bearbeitung einer Bauvoranfrage richten sich nach der Größe des Vorhabens und können zwischen 200 und 1.800Euro²⁶ betragen.

72



73



9.

**ANTRAG AUF ZUSTIMMUNG
IM EINZELFALL (ZIE)
ODER VORHABENBEZOGENE
BAUARTGENEHMIGUNG (VBG)**

Beteiligte:

Bauherr:in Neubau

- Einreichung Antrag für ZIE und vBG

Architekt:in

- Zuarbeit zum Antrag
- Erstellung Planunterlagen, Bauteillisten

Bauingenieur:in / Tragwerksplaner:in

- Zuarbeit zum Antrag
- Prüfergebnisse, statische Anforderungen

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)

- Sichtung des Projekts
- Erstellung eines projektspezifischen Prüfplans

75

9. ANTRAG AUF ZIE ODER VBG

Da für die wiederverwendeten Stahlbetonelemente aufgrund ihrer Herkunft aus einem vorherigen Gebäude keine bauaufsichtliche Zulassung aufgrund geltender technischer Regeln vorhanden ist, wie es bei neuen Stahlbetonfertigteilen als sogenanntes Bauprodukt oder Ortbetonkonstruktionen als sogenannte Bauart, die sich aus mehreren Bauprodukten zusammensetzt, der Fall ist, muss die Bauweise durch die oberste Bauaufsichtsbehörde gesondert beurteilt und zugelassen werden. Dies kann durch eine Zustimmung im Einzelfall für Bauprodukte oder eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung für Bauarten erfolgen. Um diese zu erlangen, müssen eine Reihe von Nachweisen erbracht werden. Welche das genau sind, liegt im Ermessen der Bauaufsichtsbehörde bzw. deren Gutachter und ist von Projekt zu Projekt unterschiedlich.

In Berlin ist für die Prüfung der Anträge auf ZIE und vBG das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) im Auftrag der obersten Bauaufsichtsbehörde zuständig. Für die Antragsverfahren gibt es keine offiziell geregelte Möglichkeit einer Voranfrage zur Abklärung der Machbarkeit eines Projektes, allerdings kann der offizielle Antrag auf ZIE und vBG auch schon sehr frühzeitig im Projekt gestellt werden. Die Voraussetzung für so eine frühe Antragstellung ist ein Planungsstand, der den Anwendungsfall der wiederverwendeten Stahlbetonelemente bereits konkret darstellt. Sollte sich so bei der Prüfung in einer frühen Phase des Projekts herausstellen, dass das Bauvorhaben bzw. die geplante Bauweise mit wiederverwendeten Stahlbetonelementen in einem konkreten Fall nicht machbar ist, kann das Antragsverfahren abgebrochen werden und es werden nur anteilige Aufwandsgebühren fällig.

76

Für die frühzeitige Abklärung der Zulassungsfähigkeit sollte dem DIBt ne-

9. ANTRAG AUF ZIE ODER VBG

ben dem Antragsformular eine Art Steckbrief der wiederzuverwendenden Stahlbetonelemente übermittelt werden, der so viele Informationen wie zum jeweiligen Projektstand möglich enthält. Darin sollten zum Beispiel die vorherige Anwendung, der allgemeine Zustand, soweit bereits vorhanden Beton- und Bewehrungseigenschaften (siehe Kapitel 5) und der geplante Einsatz (tragend oder nicht-tragend) beschrieben werden. Das DIBt stellt daraufhin fest, welche bauordnungsrechtlichen Anforderungen (siehe Kapitel 13) durch die Anwendung der jeweiligen vom Normalfall abweichenden Bauweise betroffen sind. Daraufhin wird durch das DIBt ein sogenannter Prüfplan erstellt, der die notwendigen Prüfungen oder erforderliche Änderungen oder Maßnahmen enthält.

Für die Antragstellung müssen folgende Unterlagen eingereicht werden:

- unterschriebenes, vollständig ausgefülltes und datiertes Antragsformular im Original
- genaue Beschreibung des Antragsgegenstands (z. B. zeichnerische Darstellung)
- Angabe der Stückzahlen und Einbauorte (z. B. zeichnerische Darstellung des Bauvorhabens mit Kennzeichnung der Einbauorte oder Stückliste mit eindeutigen Angaben zum Einbauort)
- Angabe der bauordnungsrechtlichen Anforderungen, die der Antragsgegenstand erfüllen muss (siehe Kapitel 13)

77

9. ANTRAG AUF ZIE ODER VBG

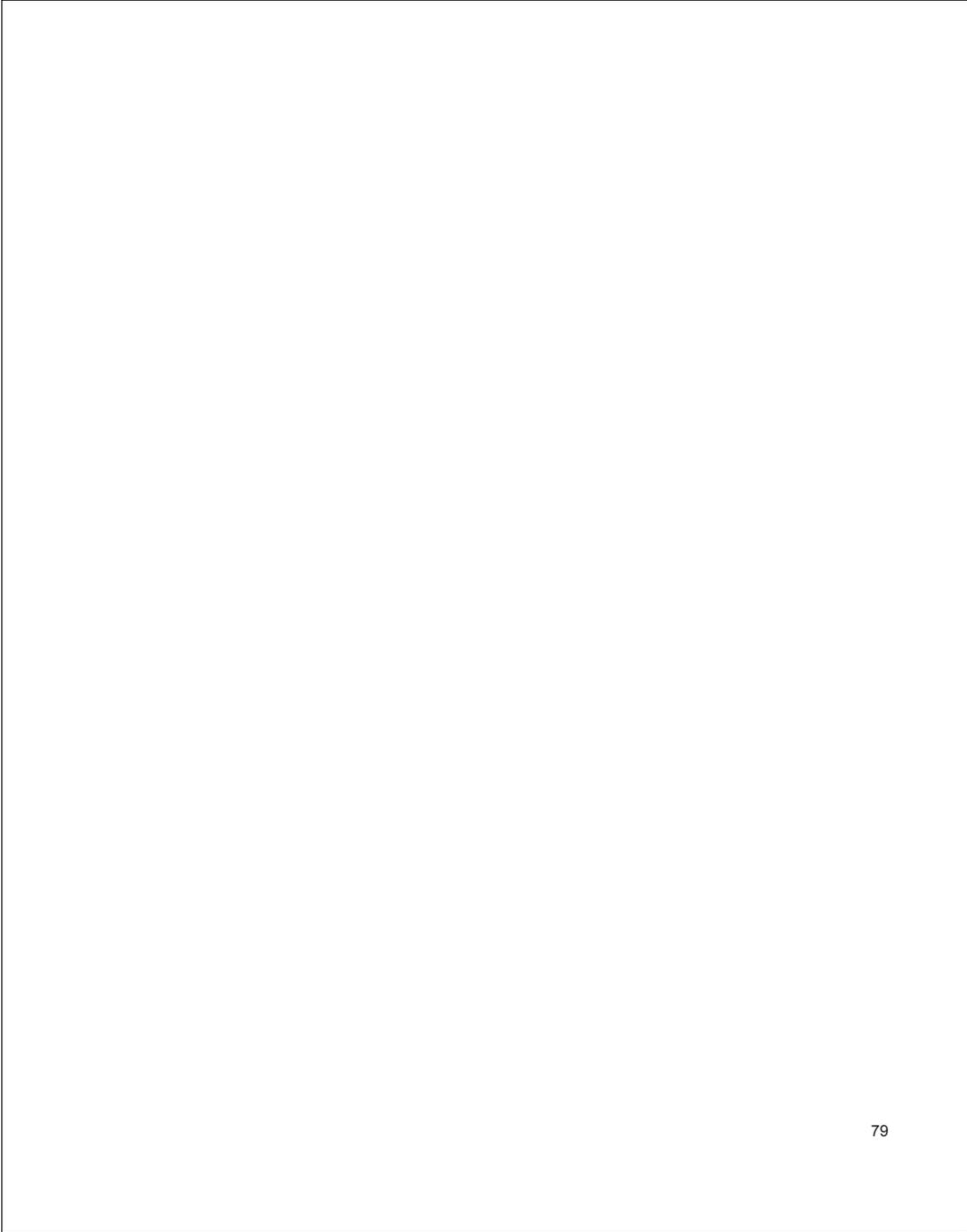
27
Satzung des
Deutschen
Instituts für
Bautechnik
(Stand 5.8.2022)

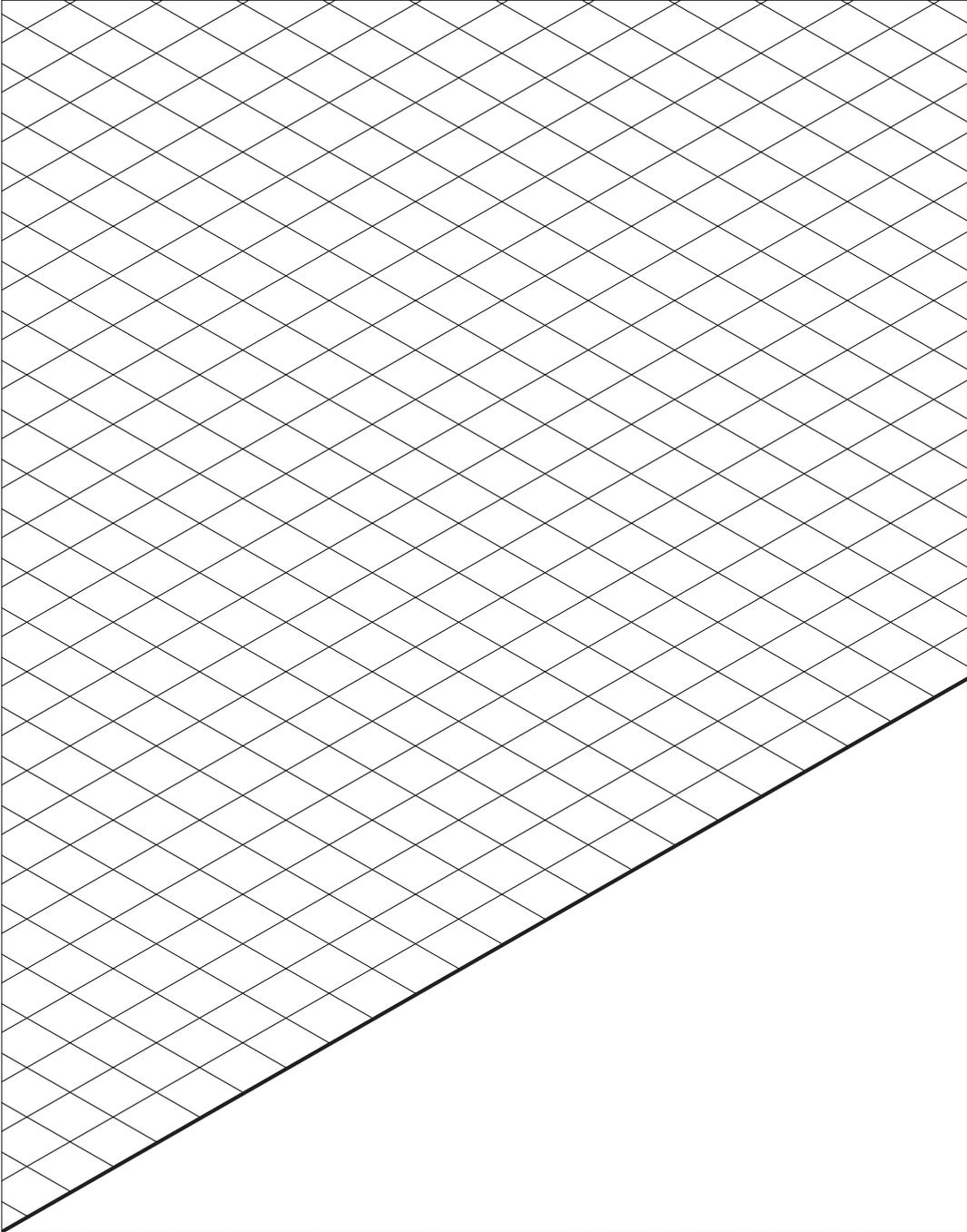
- Auflistung und Beschreibung der benötigten bautechnischen Nachweise (siehe Kapitel 13)
- ggf. Prüfberichte und gutachterliche Stellungnahme (siehe Kapitel 5)

Die Gebühren für das Verfahren zur Erlangung einer Zustimmung im Einzelfall bzw. einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung belaufen sich laut Satzung des DIBt auf 250 bis 25.000 Euro²⁷ (ohne Prüfungen, Untersuchungen und Nachweisen) und werden projektbezogen anhand des Aufwands bemessen. Für die notwendigen Prüfungen, Untersuchungen und Nachweise (siehe Kapitel 5) müssen externe Labore und Gutachter:innen beauftragt werden.

Weitere Informationen zur Erlangung der ZIE und vBG im Rahmen der Genehmigungsplanung werden im Kapitel 12 beschrieben.

78

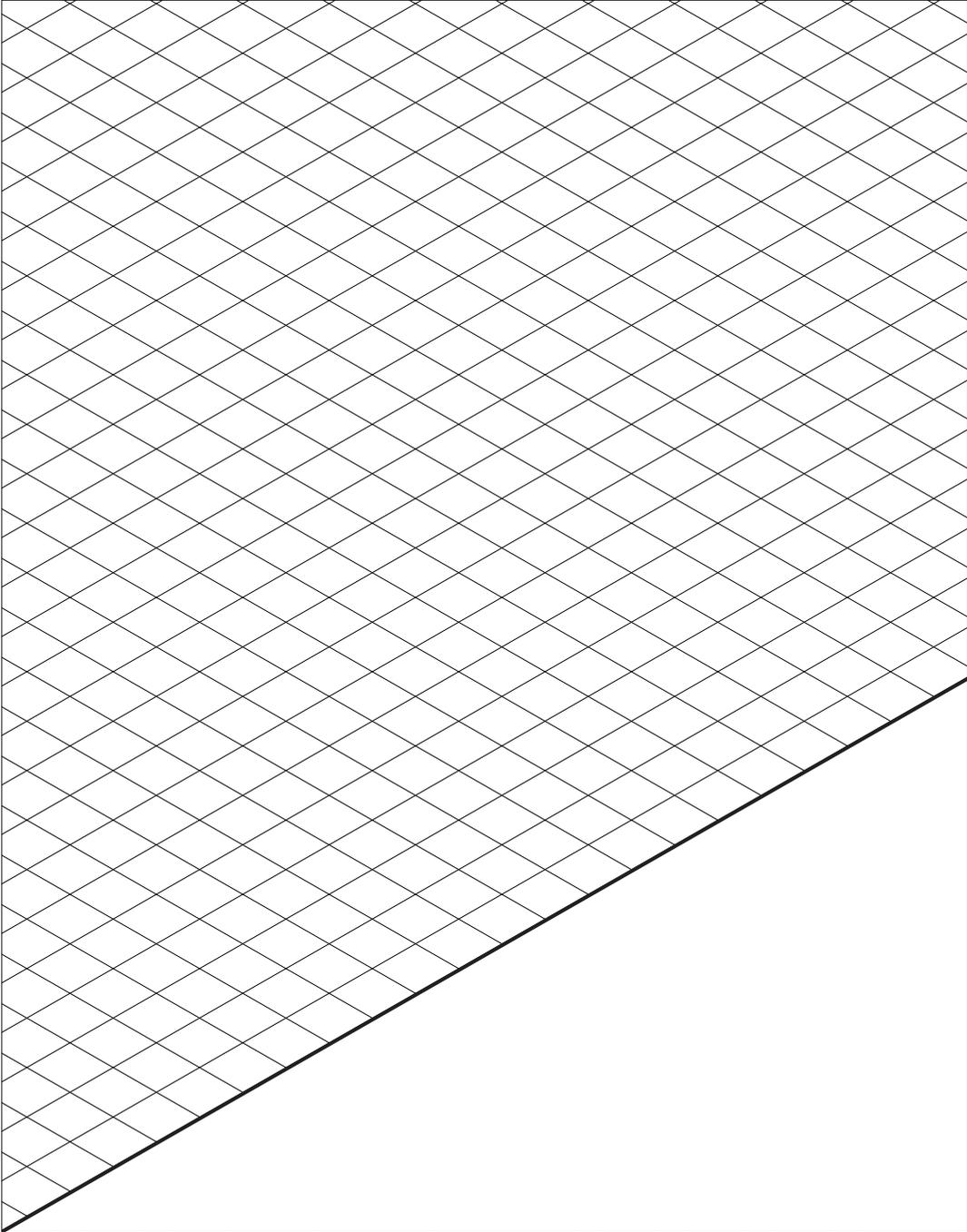


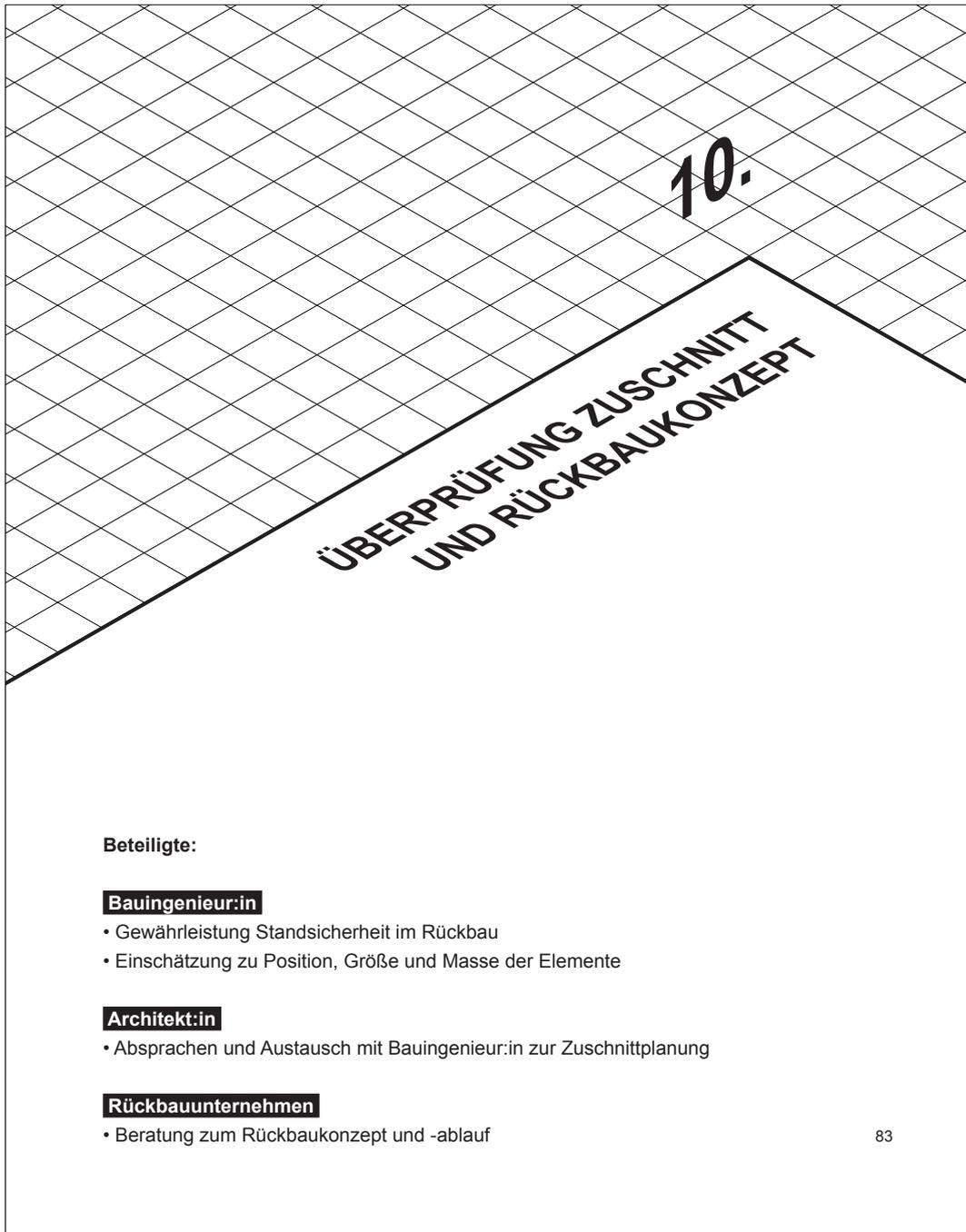




MILESTONE 4
POSITIVER VORBESCHIED

Mit dem Erlangen eines positiven Vorbescheids der Bauaufsichtsbehörde und von einer ersten optimistischen Aussage bezüglich der ZIE und vBG durch das DIBt ist ein wichtiger Schritt im Projekt bewältigt. Auf dieser Grundlage können nun konkretere Schritte in der Planung veranlasst werden, um bereits während der Genehmigungsplanung die konstruktiven und prozessualen Hürden von Zuschnittplanung und Logistik berücksichtigen zu können, welche sonst erst nach Erhalt der Baugenehmigung beauftragt würden. Durch dieses Vorgehen entsteht zwar in frühen Projektphasen mehr Planungs- und Absprachenaufwand als es bei konventionellen Bauvorhaben der Fall wäre, dieser erhöhte Aufwand kann aber an späterer Stelle kostenintensiven Umplanungen vorbeugen.





10.

**ÜBERPRÜFUNG ZUSCHNITT
UND RÜCKBAUKONZEPT**

Beteiligte:

Bauingenieur:in

- Gewährleistung Standsicherheit im Rückbau
- Einschätzung zu Position, Größe und Masse der Elemente

Architekt:in

- Absprachen und Austausch mit Bauingenieur:in zur Zuschnittplanung

Rückbauunternehmen

- Beratung zum Rückbaukonzept und -ablauf

83

10. ÜBERPRÜFUNG ZUSCHNITT UND RÜCKBAUKONZEPT

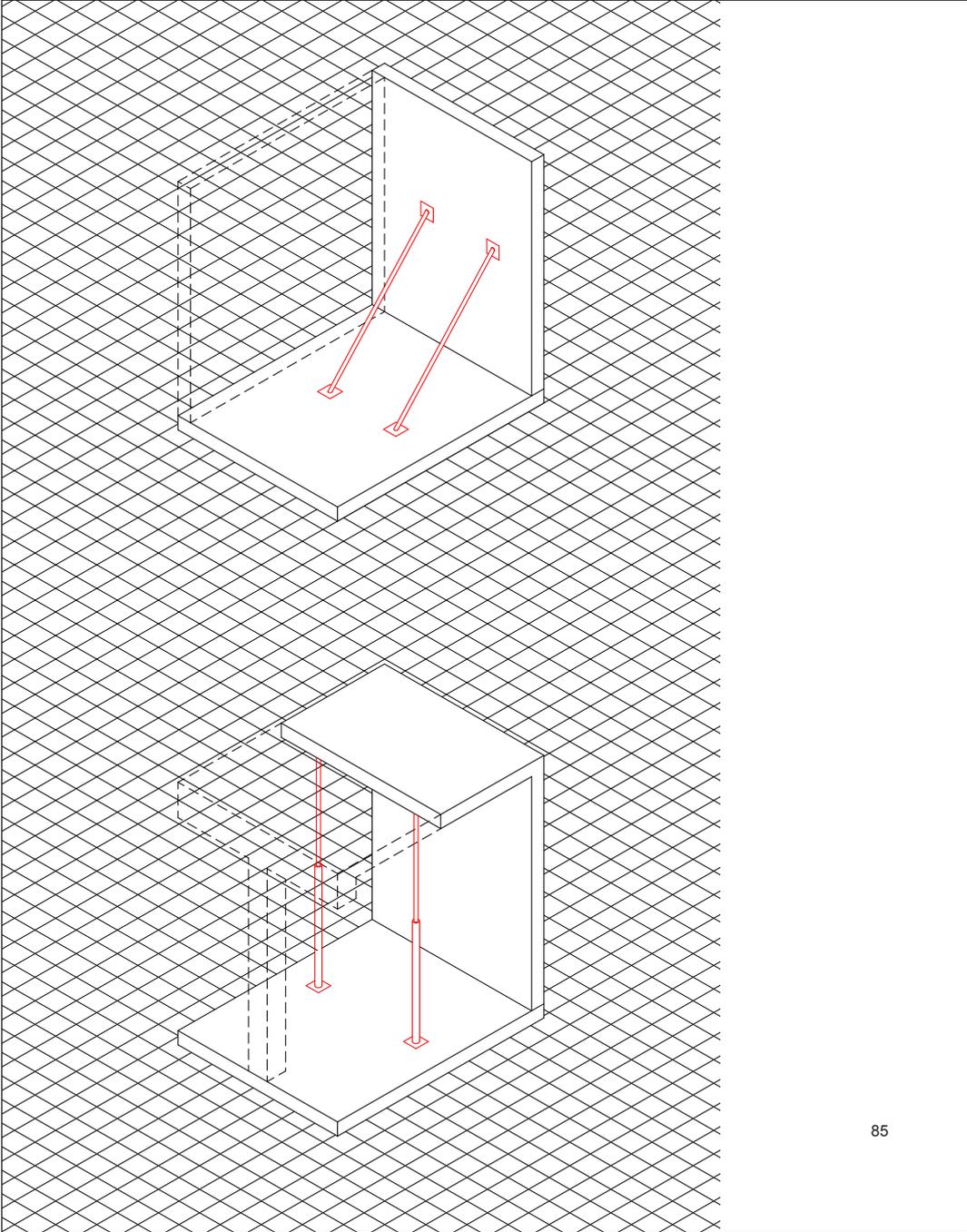
Der im Kapitel 7 entwickelte Entwurf für den Zuschchnitt des Bestands in wiederverwendbare Elemente muss nun im nächsten Schritt durch eine:n Tragwerksplaner:in überprüft werden. Dabei sind vor allem die Gewährleistung der Standsicherheit des Gebäudes während des Rückbaus und die Tragkraft des Krans an den bestimmten konkreten Positionen im Gebäude zu beachten. Für die Entwicklung eines effizienten Rückbaukonzepts empfiehlt es sich schon frühzeitig Fachpartner:innen aus Rückbauunternehmen in die Planung zu involvieren, um die im folgenden Abschnitt dargestellten Fragestellungen mit der Planung des Zuschchnitts und damit mit der Planung der für den Neubau verfügbaren Elemente zu verbinden.

Rückbauplanung

Die Rückbauplanung muss die Standsicherheit des Gebäudes in allen Bauzuständen gewährleisten. Dabei ist insbesondere auf eine ausreichende Aussteifung zu sorgen. Weitere Herausforderungen sind die Vermeidung höherer Einzellasten, die Berücksichtigung veränderter Verformungen und Lastumlagerungen durch den Wegfall von Durchlaufwirkungen, temporäre Sicherungen während der Demontage sowie neue Beanspruchungen der freigeschnittenen Elemente durch den Rückbauprozess und den Transport.

Standsicherheit des Gebäudes

Für die Gewährleistung der Standsicherheit des Rückbauobjekts sind einfache Grundsätze zu berücksichtigen. Generell sollte der Rückbau von oben nach unten erfolgen, damit keine zusätzlichen Abfangungen eingesetzt werden müssen. Vor der Entnahme von Bauteilen muss festgestellt werden, welche statische Relevanz das zu entnehmende



10. ÜBERPRÜFUNG ZUSCHNITT UND RÜCKBAUKONZEPT

28

Technische Werte
Liebherr LTM
1095-5.1
Firma Wasel
Schwerlastlogistik

Bauteil für das Gebäude hat. Wird zum Beispiel eine Wand entnommen, die eine aussteifende Funktion hat, sollten die von dieser Wand ausgesteiften Bauteile durch temporäre Querstreben aus Stahl gesichert werden. Werden Decken in Teilen entnommen, können die zunächst verbleibenden Teile durch temporäre Drehsteifen abgefangen werden.

Tragkraft des Krans

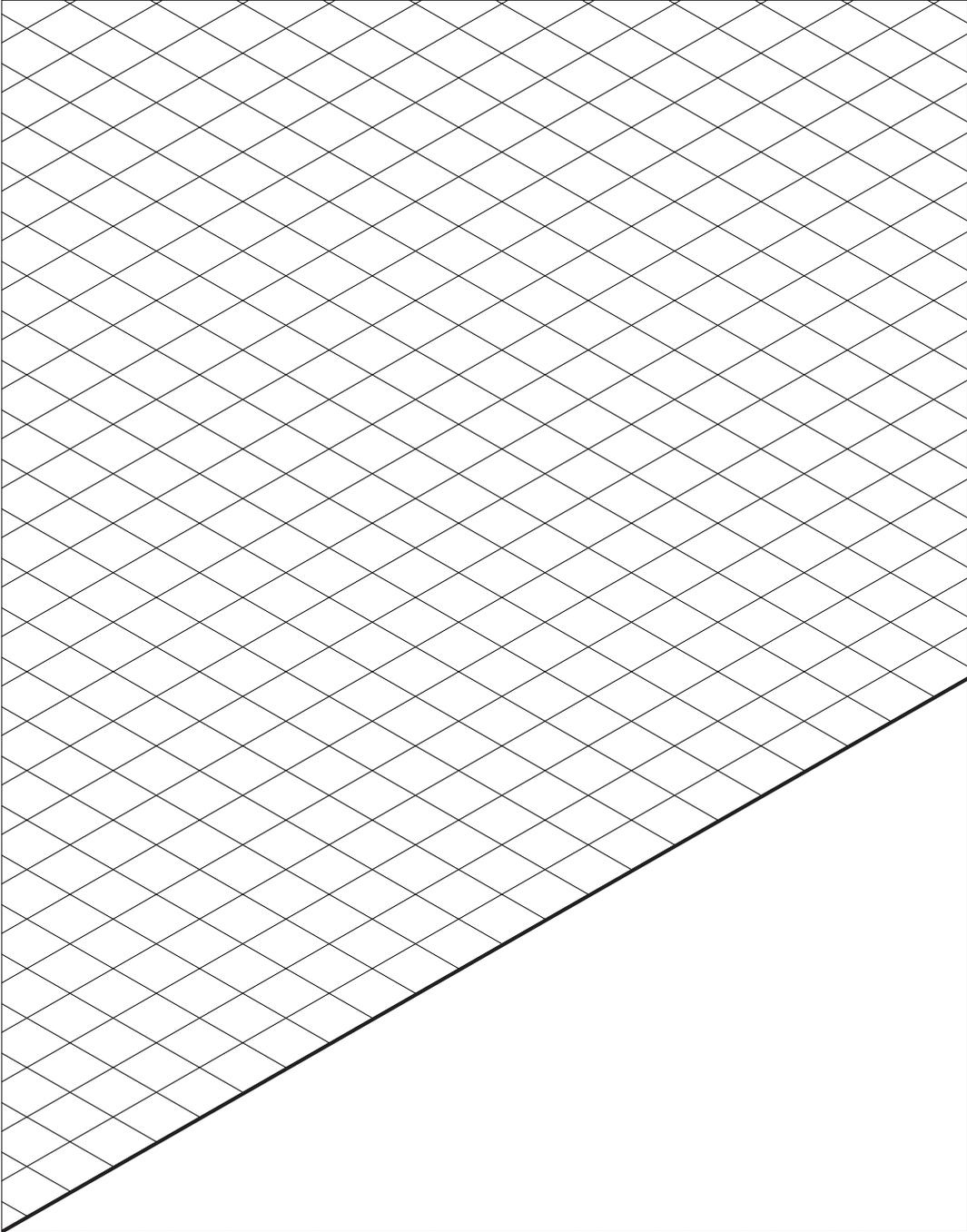
Für die Entnahme der Elemente aus dem Gebäude ist in der Regel ein Mobilkran notwendig. Für diesen ergeben sich aufgrund der physikalischen Grenzen des Hebelgesetzes für verschiedene Positionen des Lastanschlags, also den Punkten, an denen ein Element angehoben wird, unterschiedliche maximale Lasten. Diese hängen sehr vom Typ des Krans, von der Auslegerlänge und der Höhenlage des Lastanschlags sowie dem Winkel des Kranauslegers ab. Für das Modell Liebherr LTM 1095-5.1 variiert die Lastkapazität z.B. zwischen 1t und 95t je nach Position der Last²⁸. Die Position des Krans ist in den meisten Fällen durch die Situation und die verfügbaren Flächen auf dem Grundstück eingeschränkt, wodurch die maximale Größe und Masse der zugeschnittenen Elemente durch die maximale Tragkraft des Krans begrenzt ist, die sich wiederum aus der Position des Krans im Bezug zum Gebäude ergibt. Je nach Größe des Projekts und vor allem für den Fall, dass nach dem Rückbau an gleicher Stelle ein neues Gebäude entstehen soll, kann auch ein Turmdrehkran eingesetzt werden, bei dem höhere Lastkapazitäten mit geringerer Ortsspezifität gewährleistet werden können.

86

Die durch die oder den Tragwerksplaner:in gewonnenen Erkenntnisse

10. ÜBERPRÜFUNG ZUSCHNITT UND RÜCKBAUKONZEPT

zum Zuschnitt der Stahlbetonstruktur müssen im Anschluss durch die/den Architekt:in im Entwurf berücksichtigt und eingearbeitet werden.



11.

**BAUTEILKATALOG
UND BAUTEILELOGISTIK**

Beteiligte:

Architekt:in

- Entwicklung des Bauteilkatalogs

Bauherr:in Neubau

- Bereitstellung Zwischenlager

Rückbauunternehmen

- Beratung zu Transport und Logistik

89

11. BAUTEILKATALOG UND BAUTEILELOGISTIK

Nach Festlegung des Zuschnittplans für die Stahlbetonstruktur muss ein verbindlicher Bauteilkatalog mit individueller Kennzeichnung der Elemente erstellt werden. Dieser Katalog so wie die ID bildet die Grundlage für das Logistikkonzept, die Lagerung und den Wiedereinbau.

Bauteilkatalog

Im Bauteilkatalog sollten folgende Informationen angegeben werden: die Maße (Länge, Breite, Höhe) der Elemente, Maße von eventuellen Tür- oder Fensteröffnungen, das berechnete Volumen und daraus die ermittelt die Masse des Elements sowie eine ID, aus der sich Informationen zum Elementetyp erschließen lassen. Gegebenenfalls kann es auch hilfreich sein, eine räumliche Skizze von jedem Element in den Katalog zu integrieren, um Elemente schneller identifizieren zu können. Der Bauteilkatalog kann je nach Anforderung mit den Ergebnissen der Beton- und Bewehrungsuntersuchungen erweitert werden.

ID	Skizze	Maße (in mm)	Öffnungs- maße (in mm)	Volumen (in m ³)	Masse (in t)	...
DE_10G_001		L 4500 B 2300 H 180	-	1,863	ca. 4,1	

11. BAUTEILKATALOG UND BAUTEILELOGISTIK

Im nächsten Schritt sollten die IDs des Katalogs in die noch zusammenhängende Bestandsstruktur übertragen werden, sodass nach dem Zugschnitt jedes Element entsprechend mit seiner jeweiligen ID markiert ist. Dies kann über einfache Markierung durch einen wasserfesten Marker, durch Sprühlack oder durch das Befestigen einer Plakette erfolgen.

Darüber hinaus können Maßnahmen zum Tracking und Tracing vorgenommen werden:

Tracking + Tracing

Building Information Modeling (BIM) - als digitale Arbeitsmethode - kann beim Rückbau und Wiederaufbau erfolgreich eingesetzt werden. Insbesondere bei der Erfassung, Kennzeichnung individueller Eigenschaften, der Verteilung und der Planung spezifischer Einbauweisen von Bauteilen sind die Techniken der Bauwerksdatenmodellierung von großem Vorteil. Die Informationsspeicherung und -weitergabe kann dabei von einfachen QR-Codes, die mit einer Online-Elementdatenbank verknüpft sind, bis hin zu in die Bauteile integrierten RFID-Chips reichen.

Generell sollte im Vorfeld abgewogen werden, welche Ziele durch Tracking und Tracing verfolgt werden sollen und welche Vorteile die Verwendung von IT-gestützten Methoden für das jeweils vorliegende Projekt bringen können. So kann ein schnelles Erkennen von Elementeigenschaften durch QR-Codes oder RFID-Tags sehr nützlich sein, wenn eine Vielzahl von Elementen gleicher Abmessungen aber unterschiedlicher Betondruckfestigkeit oder Bewehrung vorliegen. Darüber hinaus bietet sich die Speicherung spezifischer Baudaten auch

11. BAUTEILKATALOG UND BAUTEILELOGISTIK

29

Dervishaj,
Hernández
Vargas,
Gudmundsson:
Enabling reuse of
prefabricated con-
crete components
through multiple
tracking technol-
ogies and digital
twins, 2023.

für die Archivierung des Bauvorhabens im Sinne eines Gebäudepas-
ses an.

Einen umfassenden Überblick zur Anwendung von digitalen Tracking-
und Tracing-Methoden in Kombination mit BIM für die Wiederverwen-
dung von Stahlbetonelementen bietet die Forschung von Arlind Der-
vishaj und José Hernández Vargas von der KTH Stockholm²⁹.

30

Datensatz LKW-
Diesel-25m-40t-
Zug-2020-Basis

www.probas.
umweltbundes-
amt.de/php/
prozessdetails.php?
p?id=(C088E3F9-
4B58-451E-9A3B-
966C7D7FF432)

Im Rahmen der Bauteillogistik müssen Konzepte für den Transport und
Lösungen für die Zwischenlagerung entwickelt werden:

Transport

Für den Transport sollten anhand des Bauteilkatalogs und unter Be-
rücksichtigung der Rückbaureihenfolge sinnvolle Kombinationen für
die Beladung des eingesetzten Tiefladers entwickelt werden. Dabei
muss die Ladungssicherung und der Schutz der Elemente vor Beschä-
digungen beachtet werden. Gegebenenfalls müssten temporäre Aus-
steifungen oder Stützen vorgesehen werden.

31

Datensatz Beton-
fertigteil Decke,
Dicke 20cm

www.oekobaudat.
de/OEKOBAU.
DAT/datasetdetail/
process.xhtml?u-
uid=6575f9dd-
8a50-440c-90df-
30608167c739

Entfernung

Je weiter die Elemente transportiert werden müssen, desto schlechter
fällt ihre Ökobilanz (siehe Kapitel 18) aus. Durch einen Tonnenkilo-
meter (tkm) LKW-Transport (40-Tonner, Sattelzug) werden zurzeit ca.
0,05 Kg CO₂-Äq. freigesetzt.³⁰ Für eine Tonne Stahlbeton, hier bei-
spielsweise ein Deckenfertigteil, werden in der Herstellung 171,7 Kg
CO₂-Äq. ausgestoßen.³¹ Das bedeutet, dass eine Tonne gebrauchter
Stahlbetonelemente bis zu 3.400 km per LKW transportiert werden
kann, bevor die Herstellungsemissionen eines neuen Elements er-

92

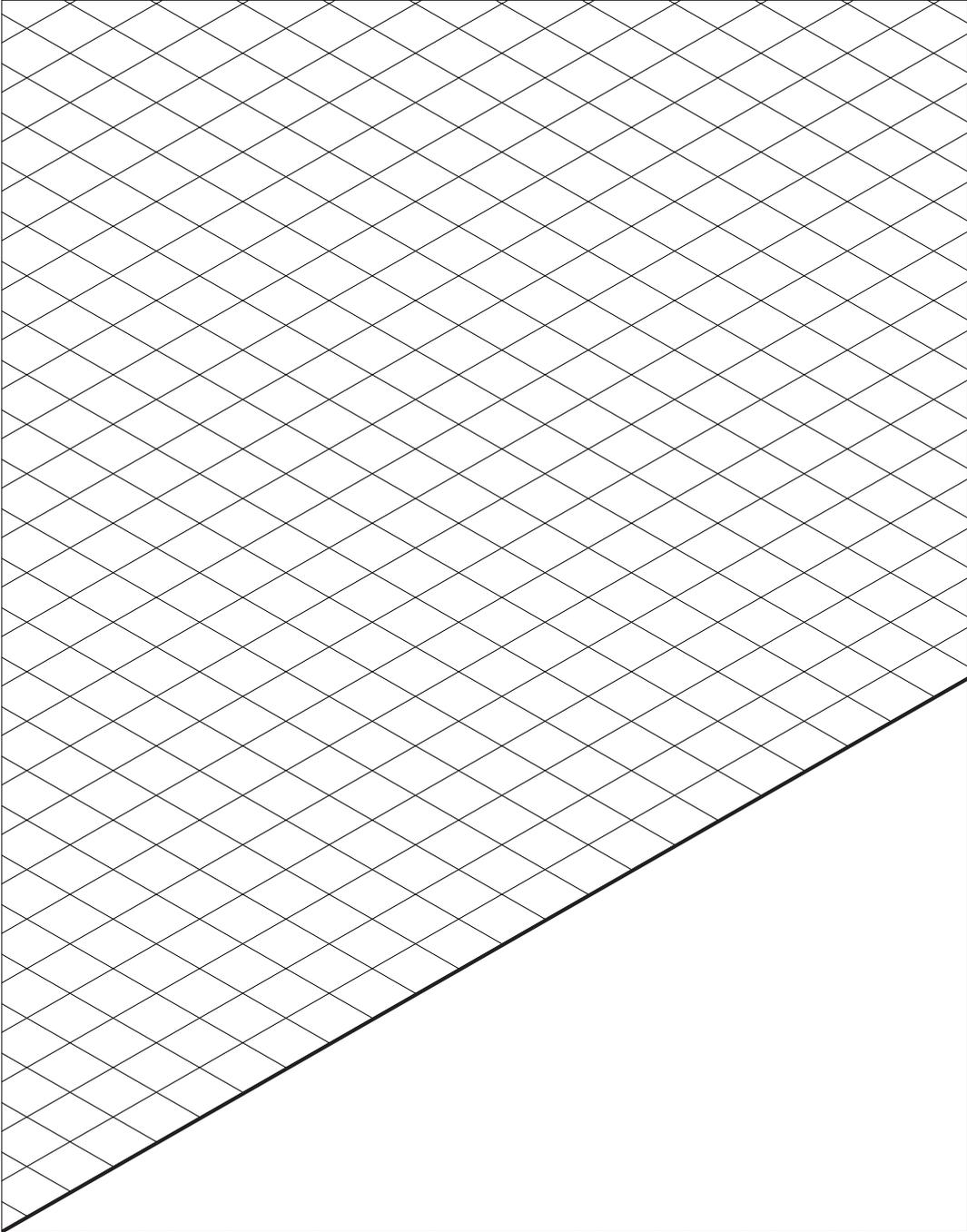
11. BAUTEILKATALOG UND BAUTEILELOGISTIK

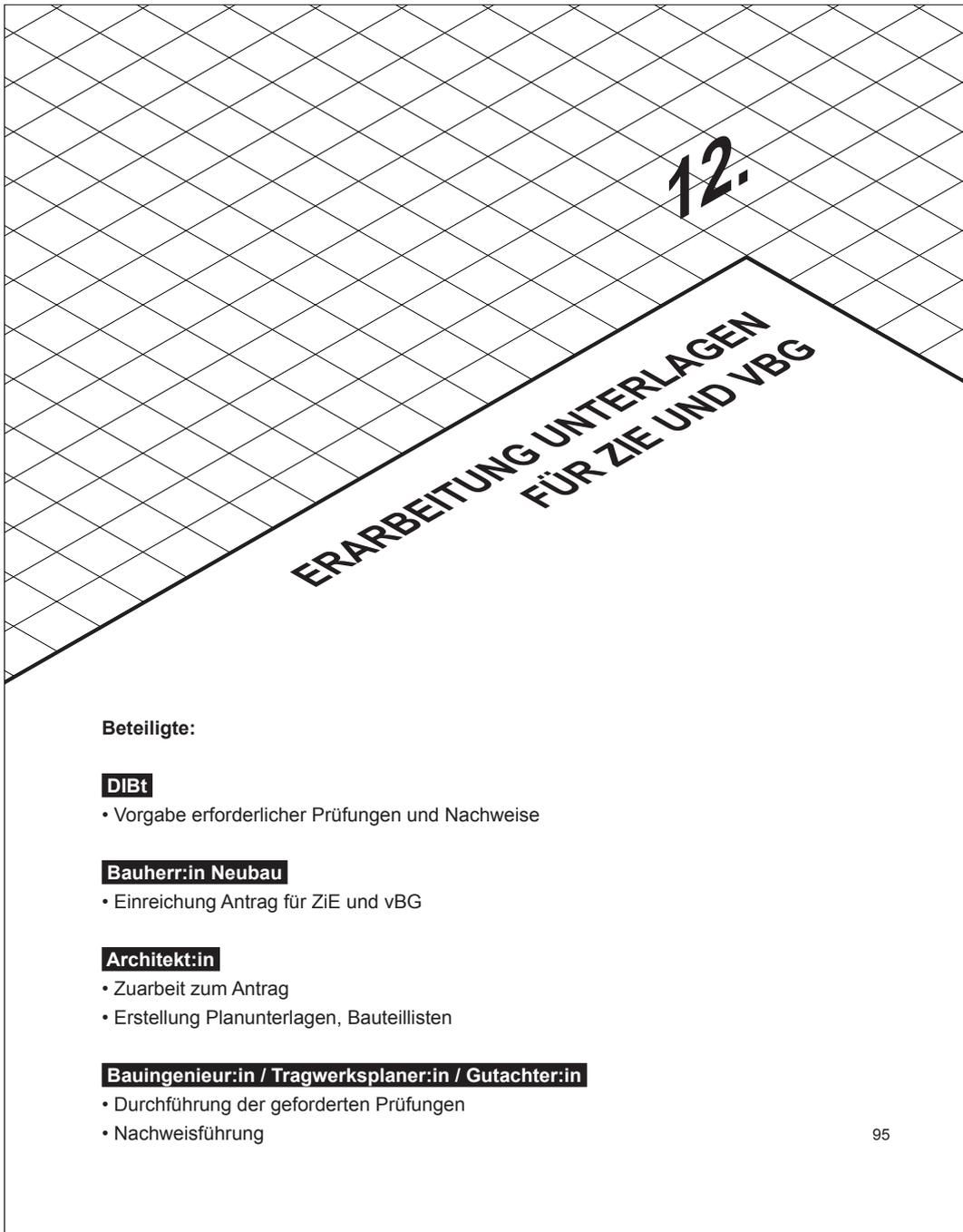
reicht werden.

Zwischenlagerung (siehe auch Kapitel 19)

Für die Zwischenlagerung muss eine geeignete Fläche gefunden werden, die ausreichend Platz für das Einlagern der Elemente bietet. Die Fläche sollte durch eine ausreichend ausgebaute Straße erschlossen sein, sodass sowohl der LKW-Zug als auch ein Mobilkran das Zwischenlager gut erreichen können und dort auch wenden können. Bei der Zwischenlagerung ist zu beachten, dass die Elemente wahrscheinlich nicht in der gleichen Reihenfolge wieder eingebaut werden, wie sie ausgebaut wurden. Somit sollte bei der Einlagerung eine Sortierung vorgenommen werden, die in Übereinstimmung mit der Aufbauplanung gemacht wurde. Für die Einlagerung ist eine überdachte Fläche vorzuziehen. Falls keine Überdachung vorhanden ist, sollten die Elemente mit Planen abgedeckt werden. Generell ist festzuhalten, dass die tragenden Stahlbetonelemente wie Stützen, Unterzüge und Decken für die Anwendung im Innenbereich ausgelegt sind und daher keine ausreichende Betondeckung aufweisen, um über längere Zeit frei bewittert zu werden. Die Elemente werden durch die Lagerung unter freien Witterungsbedingungen nicht unbedingt unbrauchbar, jedoch kann es zu Schädigungen wie Korrosion, Frostsprengung, etc. kommen, die vor der Wiederverwendung aufwendig repariert werden müssen. Darüberhinaus kann durch eine stark vorangeschrittene Karbonatisierung die Korrosionsgefahr (siehe Kapitel 5) stark zunehmen. Aufgrund dieser Gefahren sollte die Zwischenlagerung von so kurzer Dauer wie möglich sein und unter den bestmöglichen Bedingungen erfolgen.

93





12.

**ERARBEITUNG UNTERLAGEN
FÜR ZIE UND VBG**

Beteiligte:

DIBt

- Vorgabe erforderlicher Prüfungen und Nachweise

Bauherr:in Neubau

- Einreichung Antrag für ZIE und vBG

Architekt:in

- Zuarbeit zum Antrag
- Erstellung Planunterlagen, Bauteillisten

Bauingenieur:in / Tragwerksplaner:in / Gutachter:in

- Durchführung der geforderten Prüfungen
- Nachweisführung

95

12. ERARBEITUNG UNTERLAGEN FÜR ZIE UND VBG

Nachdem mit der Fertigstellung der Entwurfsplanung (Milestone 3) bereits der Antrag auf ZIE und vBG beim DIBt eingereicht wurde, müssen nun anhand des durch das DIBt vorgegebenen Prüfplans alle notwendigen Untersuchungsprotokolle und technischen Nachweise erarbeitet werden.

Die Anforderungen für die Zulassung bzw. Genehmigung basieren auf den generellen bauordnungsrechtlichen Anforderungen für bauliche Anlagen und können damit in die nachfolgenden Kriterien und entsprechenden Anforderungen geordnet werden.

Kriterium	Anforderungen
Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit	Tragfähigkeits- und Standsicherheitsnachweis (siehe Kapitel 5 und 14)
Brandschutz	Erfüllung des baulichen Brandschutzes (siehe Kapitel 13 und 15)

12. ERARBEITUNG UNTERLAGEN FÜR ZIE UND VBG

Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	<p>Gemäß § 3 BauO Bln, Erfüllung von allgemeinen Anforderungen an bauliche Anlagen bezüglich des Gesundheitsschutzes (enthalten in MvVtB, Anhang 8) und bezüglich der Auswirkungen auf Boden und Gewässer (enthalten in MvVtB Anhang 10)</p> <p>In der nächsten Novelle der EU-Bauproduktenverordnung (geplant für Juni 2024) werden die Anforderungen an Bauprodukte in Bezug auf Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz konkreter festgelegt.</p>
Sicherheit und Barrierefreiheit bei der Nutzung	<p>Gewährleistung von der Barrierefreiheit des Gebäudes gemäß BauO</p> <p>(siehe Kapitel 13)</p>

97

12. ERARBEITUNG UNTERLAGEN FÜR ZIE UND VBG

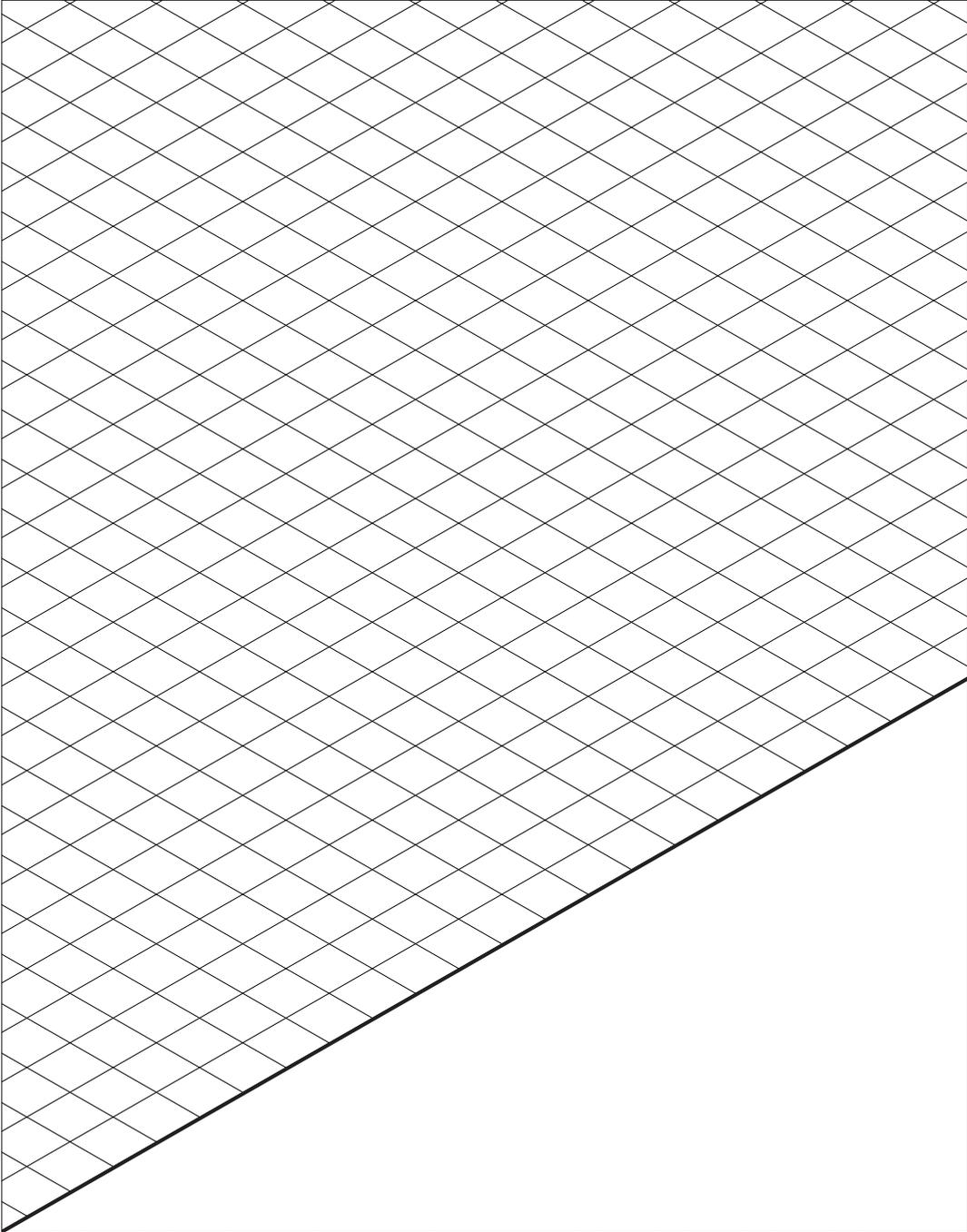
Schallschutz	Gewährleistung des erforderlichen Schallschutzes gemäß DIN 4109-1 (siehe Kapitel 13)
Energieeinsparung und Wärmeschutz	Nachweis der Einhaltung der Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) (siehe Kapitel 16)

Für jedes der Kriterien müssen alle Anforderungen so erfüllt sein, wie sie auch durch allgemein zugelassene konventionelle Bauprodukte erfüllt sind. Das bedeutet, dass entweder durch die Eigenschaften der wiederverwendeten Stahlbetonelemente die Anforderungen bereits erfüllt sind und dies nur durch entsprechende Prüfungen festgestellt und nachgewiesen werden muss oder dass durch etwaige Ertüchtigung die Eigenschaften der Elemente so weit verbessert werden, dass die Anforderungen erfüllt werden können. Der Prozess dieser Abwägungen sollte im Rahmen der Genehmigungsplanung erfolgen, da sich die oben genannten Kriterien mit den Anforderungen an den gesamten (Wieder-)Neubau überschneiden. Gegebenenfalls bedeutet das, dass die neu her-

12. ERARBEITUNG UNTERLAGEN FÜR ZIE UND VBG

zustellenden Verbindungen der gebrauchten Elemente bereits in diesem Schritt geplant werden müssen. Dies nimmt bereits einen Baustein der Ausführungsplanung (Kapitel 21) vorweg. Im Kapitel 21 werden Vorschläge zur Konstruktion der neuen Verbindungen und eventuell einzusetzenden Verbindungsmitteln gemacht.

Am Ende der Genehmigungsplanung und zum Zeitpunkt der Einreichung des Bauantrags müssen die Zustimmung im Einzelfall oder die vorhabenbezogene Bauartgenehmigung vorliegen, damit gegenüber der Bauaufsichtsbehörde nachgewiesen werden kann, dass die Bauweise des zu genehmigenden Bauvorhabens alle Anforderungen erfüllt.



13.

GENEHMIGUNGSPLANUNG

Beteiligte:

Architekt:in

- Erstellung der Bauvorlagen (Pläne, Formulare)

Bauherr:in Neubau

- Mitwirken bei der Erstellung der Bauvorlagen

Tragwerksplaner:in

- Erstellung der Genehmigungsstatik (s. Kapitel 14)

ggf. Prüfsachverständige für Bautechnik

- Erstellung der Prüfstatik (s. Kapitel 14)

Brandschutzplaner:in

- Erstellung des Brandschutzkonzeptes (s. Kapitel 15)

ggf. Brandschutzprüfer:in

- Prüfung des Brandschutzkonzeptes

Energieberater:in / Bauphysiker:in

TGA-Planer:in

- Erstellung des Gebäudeenergie-nachweises (s. Kapitel 16)

ggf. Anwalt / Anwältin für Baurecht

- Sicherstellung der Einhaltung der öffentlich-rechtlichen Anforderungen

101

13. GENEHMIGUNGSPLANUNG

Die (Bau-)Genehmigungsplanung (Leistungsphase 4 gemäß HOAI) ist der Teil eines Bauvorhabens, bei dem ein Planungsstand erarbeitet wird, der den in der Bauordnung festgelegten Ansprüchen für eine Genehmigungsfähigkeit von baulichen Anlagen durch die Bauaufsichtsbehörden entspricht. Das Ziel der Genehmigungsplanung ist die Einreichung eines Bauantrags und letztlich die Erlangung der Baugenehmigung. Die Bauordnung beschreibt den Fall der Wiederverwendung von Bauteilen und Konstruktionselementen bisher nicht, daher müssen die nachfolgend beschriebenen Anforderungen für konventionelle Bauweisen genauso auch für das zirkuläre Bauen angewendet werden.

Die folgenden Ausführungen wurden auf Grundlage der Bauordnung des Landes Berlin (vom 29. September 2005, letzte Änderung 12.10.2020) erarbeitet und sollten weitestgehend für andere Bundesländer analog anwendbar sein, da alle Landesbauordnungen auf der Musterbauordnung (MBO, herausgegeben von der Bauministerkonferenz) basieren. Für die Planung in anderen Bundesländern sollten die hier gemachten Angaben aber sicherheitshalber auf länderspezifische Abweichungen überprüft werden.

Genehmigungspflicht (enthalten in § 59 - 62)

Generell muss für das Errichten von baulichen Anlagen und Gebäuden eine Genehmigung durch die örtlich zuständige Bauaufsichtsbehörde erteilt werden. Die rechtlichen Grundlagen, sowie Ausnahmen, eventuelle Genehmigungsbefreiungen und Verfahrensfreie Bauvorhaben werden in den Paragraphen 59 bis 62 der Bauordnung beschrieben. In der Regel kann für Neubauvorhaben mit üblichen Nutzungen wie Wohnen oder Gewerbe davon ausgegangen werden, dass eine Ge-

13. GENEHMIGUNGSPLANUNG

nehmung und damit die Erstellung von Genehmigungsplänen notwendig sein wird.

Vereinfachtes Baugenehmigungsverfahren (enthalten in § 63)

Für alle Gebäude außer den Sonderbauten (siehe nachfolgender Absatz) kann ein vereinfachtes Baugenehmigungsverfahren durchgeführt werden, bei dem die Genehmigungsfähigkeit eines Bauvorhabens nicht umfassend, sondern nur auf eine festgelegte Reihe von rechtlichen Kriterien überprüft wird. Dadurch wird der Prozess beschleunigt und die Baugenehmigung wird deutlich schneller erteilt als beim regulären Verfahren. Allerdings kann es dadurch auch zu „Verletzung[en] öffentlich-rechtlicher Vorschriften außerhalb des Prüfprogramms“³² kommen, wodurch es im schlimmsten Fall sogar zu einer Abriss- oder Beseitigungsanordnung kommen kann. Für große oder komplexe Bauvorhaben, die im vereinfachten Genehmigungsverfahren genehmigt werden sollen, empfiehlt sich daher entweder eine eigenständige tiefgründige Prüfung der Gewährleistung von öffentlich-rechtlichen Anforderungen gegebenenfalls durch baurechtliche Fachpartner:innen. Sicherer wäre allerdings die Anwendung des regulären Baugenehmigungsverfahrens nach § 64.

Gebäudeklassen (enthalten in § 2)

Die Anforderungen bzgl. Brandschutz und Statik für ein spezifisches Bauvorhaben orientieren sich nach den in der Bauordnung festgelegten Gebäudeklassen. Die Gebäudeklassen werden in Abhängigkeit von Gebäudehöhe und Größe der Brutto-Grundfläche der Nutzungseinheiten in Stufen von 1 bis 5 klassifiziert. Je höher und größer ein Gebäude, desto höher die Gebäudeklasse. Zusätzlich zu den Ge-

32

OVG Berlin-Brandenburg 2. Senat:
Aktenzeichen
OVG 2 S 99.09,
Beschluss vom
23.06.2010

103

bäudeklassen gibt es die Kategorie Sonderbauten, in die aufgrund bestimmter Voraussetzungen wie Größe und Nutzung zum Beispiel Hochhäuser oder Versammlungsstätten fallen.

Brandschutz (enthalten in § 27 - 37 und § 51)

In den Paragraphen 27 bis 37 werden die Anforderungen für tragende Wände, Stützen, Außenwände, Trennwände, Brandwände, Decken, Dächer, Rettungswege, Treppen, Ausgänge, Flure, Fenster und Türen sowie für Brandabschnitte in Abhängigkeit von der jeweiligen Gebäudeklasse beschrieben. Analog dazu werden in den Paragraphen 39 bis 41 die Anforderungen für die technische Gebäudeausrüstung und für Installationen beschrieben. Entsprechend der Klassifizierung nach Größe der Gebäude steigen die Anforderungen an die Bauteile von Gebäudeklasse 1 zu Gebäudeklasse 5 progressiv an. Für Sonderbauten trifft der §51 zu, in dem alle spezifischen Anforderungen bzgl. Bauteilen und Gebäudeausstattung für diesen Gebäudetyp beschrieben werden.

Wärmeerzeugung, Sanitäre Anlagen, Abfallbehandlung, Blitzschutz (enthalten in § 42 - 46)

Die Anforderungen für die Ausführung von sanitären Anlagen, Abwasserinstallationen, Blitzschutzanlagen sowie für die Aufbewahrung von festen Abfallstoffen werden in den Paragraphen 42-46 festgelegt.

Nutzungsbedingte Anforderungen (enthalten in § 47 - 49)

Die Vorgaben für die Planung von Aufenthaltsräumen und Wohnungen werden in den Paragraphen 47 und 48 beschrieben. Hier werden z.B. Mindest-Raumhöhen oder -Fenstergrößen und Vorgaben für die Ge-

13. GENEHMIGUNGSPLANUNG

staltung von Wohnungen beschrieben. Im Paragraph 49 werden Vorgaben für die Stellplätze von Fahrzeugen und Fahrrädern beschrieben.

Barrierefreiheit (enthalten in § 50)

Im Paragraphen 50 werden die Vorgaben für die Gewährleistung der Barrierefreiheit von Wohnungen und baulichen Anlagen beschrieben. Diese werden unabhängig von der Gebäudeklasse formuliert, allerdings können unter bestimmten Voraussetzungen Abweichungen beantragt werden.

Bauarten / Bauprodukte (enthalten in § 16a - 25)

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln 9 und 12 beschrieben, wird für die Erlangung einer Baugenehmigung für ein Bauvorhaben bei dem wiederverwendete Stahlbetonelemente eingesetzt werden sollen, eine besondere Zulassung dieser Elemente benötigt. Die Anforderungen an Bauarten ist in der Bauordnung so formuliert, dass Bauarten nur angewendet werden dürfen, wenn die bauliche Anlage „während einer dem Zweck entsprechenden angemessenen Zeitdauer die Anforderungen dieses Gesetzes“³³ erfüllt. Dies kann durch die Erteilung einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung oder einer Zustimmung im Einzelfall wie in den Kapitel 9 und 12 beschrieben, erfüllt werden. Eine mögliche Ausnahme bietet der Satz 4 des Paragraphen 16a, nachdem bei Ausschluss von Gefahren durch die jeweilige Bauaufsichtsbehörde eine Zustimmung zur Bauweise auch ohne Bauartgenehmigung festgelegt werden kann. Diese Ausnahme wird als „Verzichtserklärung für die Zustimmung im Einzelfall“ bezeichnet und wird in Berlin genauso wie die Zustimmung im Einzelfall und die vorhabenbezogene Bauartgenehmigung vom DIBt im Auftrag der

33

Bauordnung
BauO Berlin

105

13. GENEHMIGUNGSPLANUNG

obersten Bauaufsichtsbehörde erteilt. Auf eine Anfrage bezüglich der Anwendbarkeit dieser Regelung im Falle der Wiederverwendung von gebrauchten Stahlbetonelementen hat die oberste Bauaufsichtsbehörde des Landes Berlin leider nicht reagiert.

Für alle sonstigen Bauarten und Bauprodukte, die abgesehen von den wiederverwendeten Stahlbetonelementen im Bauvorhaben eingesetzt werden, gelten die regulären Anforderungen und Zulassungsvorschriften gemäß den Paragraphen 16a bis 25.

Die am Bau beteiligten (enthalten in § 52 – 56)

In den Paragraphen 52 bis 56 werden Anforderungen für die am Bau beteiligten Akteure beschrieben. Diese werden in Bauherrin / Bauherr, Entwurfsverfasserin / Entwurfsverfasser, Unternehmerin / Unternehmer, Bauleiterin oder Bauleiter aufgegliedert. Für jede:n dieser Akteurinnen / Akteure bestehen verschiedene Voraussetzungen und Aufgaben bei der Mitwirkung bei einem Antrag auf Baugenehmigung. Es sollte sichergestellt sein, dass zum Zeitpunkt der Genehmigungsplanung und spätestens bei Einreichung des Bauantrags die Erfüllung aller Anforderungen an die am Bau beteiligten gewährleistet ist.

Bautechnische Nachweise (enthalten in § 66)

Im Paragraf 66 werden die erforderlichen Nachweise in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse beschrieben. Die Anforderungen an den Standsicherheitsnachweis werden in Kapitel 14, die an den Brandschutznachweis in Kapitel 15 und die an die Energieeinsparung in Kapitel 16 erläutert. Für den Nachweis zum Schallschutz muss gemäß § 12 der Berliner Bauverfahrensordnung mittels Berechnungen die

13. GENEHMIGUNGSPLANUNG

Einhaltung der „bauordnungsrechtlichen Vorschriften“³⁴ nachgewiesen werden. Diese werden in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) zusammenfassend dargestellt und dort mit den Anforderungen gemäß DIN 4109-1 „Schallschutz im Hochbau“ definiert.³⁵ Der Nachweis zum Erschütterungsschutz wird zwar in der Bauordnung gefordert, allerdings werden dann weder in der Bauverfahrensordnung noch in der MVV TB genaue Angaben für die Anforderungen formuliert. Analog zum Schallschutznachweis könnten DIN-Normen wie die DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ angewendet werden. Welche genauen Anforderungen für ein spezifisches Bauvorhaben bestehen und wie der Nachweis des Erschütterungsschutzes geführt werden kann, sollte aber mit einer / einem Sachverständigen individuell für jedes Projekt geklärt werden.

Im Verlauf der Genehmigungsplanung sollten alle oben beschriebenen Aspekte berücksichtigt, bearbeitet und in die Planung integriert werden. Dafür benötigt es einer intensiven Zusammenarbeit zwischen allen zu diesem Zeitpunkt am Bauvorhaben beteiligten Planer:innen (Architekt:in, Tragwerksplaner:in, Brandschutzplaner:in, Bauphysiker:in, Energieberater:in, TGA-Planer:in, etc.) um die zuvor beschriebenen Anforderungen an Brandschutz, Standsicherheit, Barrierefreiheit, technische Ausstattung, Bauart und durch spezifische Nutzungen miteinander in Einklang zu bringen und zu erfüllen. Als Ergebnis dieser Planungsphase werden Unterlagen (Zeichnungen, Berichte, etc.) erstellt, die als Bestandteil des Bauantrags als sogenannte Bauvorlagen (siehe Kapitel 17) bei der Bauaufsichtsbehörde eingereicht werden.

Die einzige Unterscheidung für die Genehmigungsplanungsphase bei

34

Verordnung über
Bauvorlagen und
das Verfahren im
Einzelnen -
BauVerfV Berlin

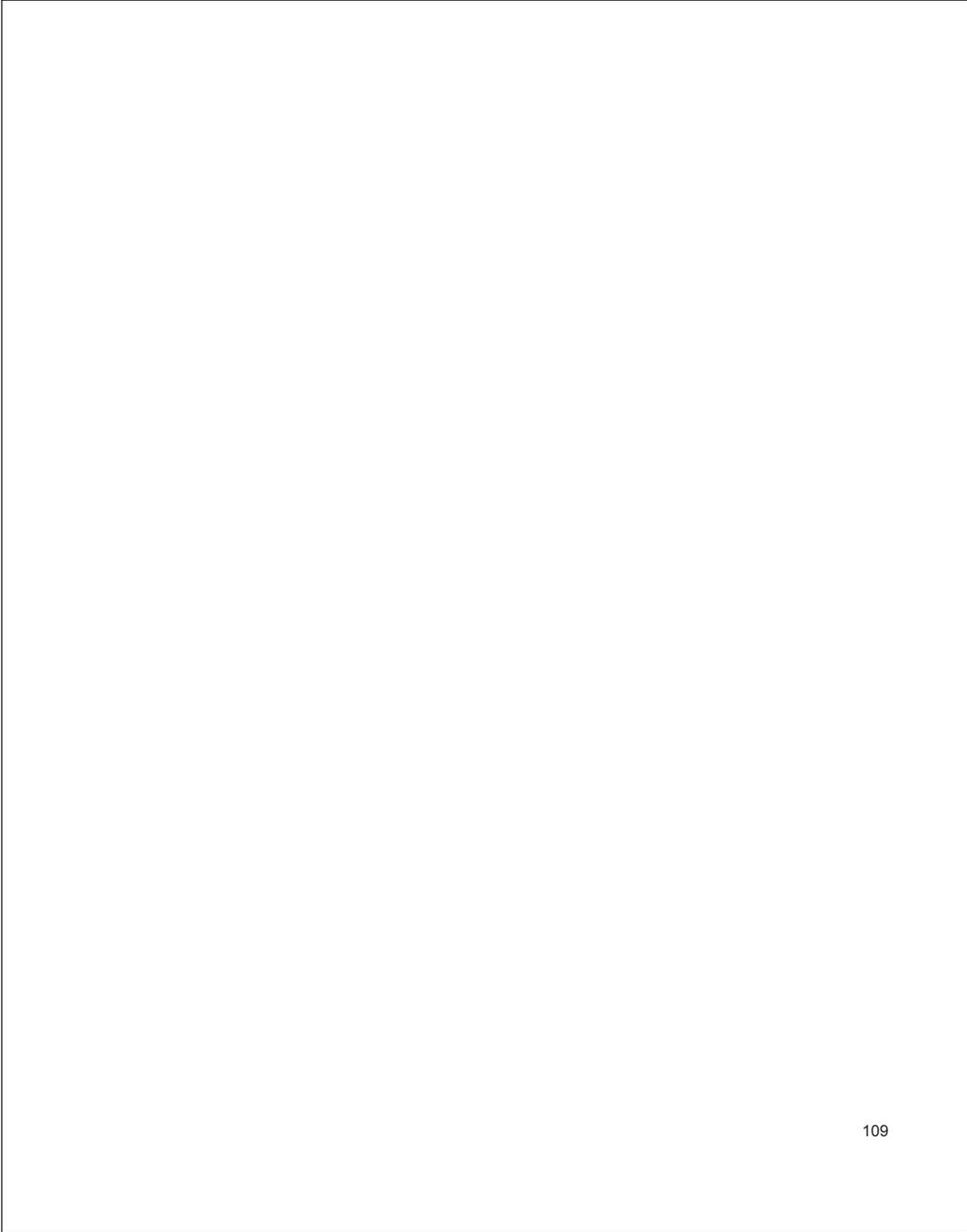
35

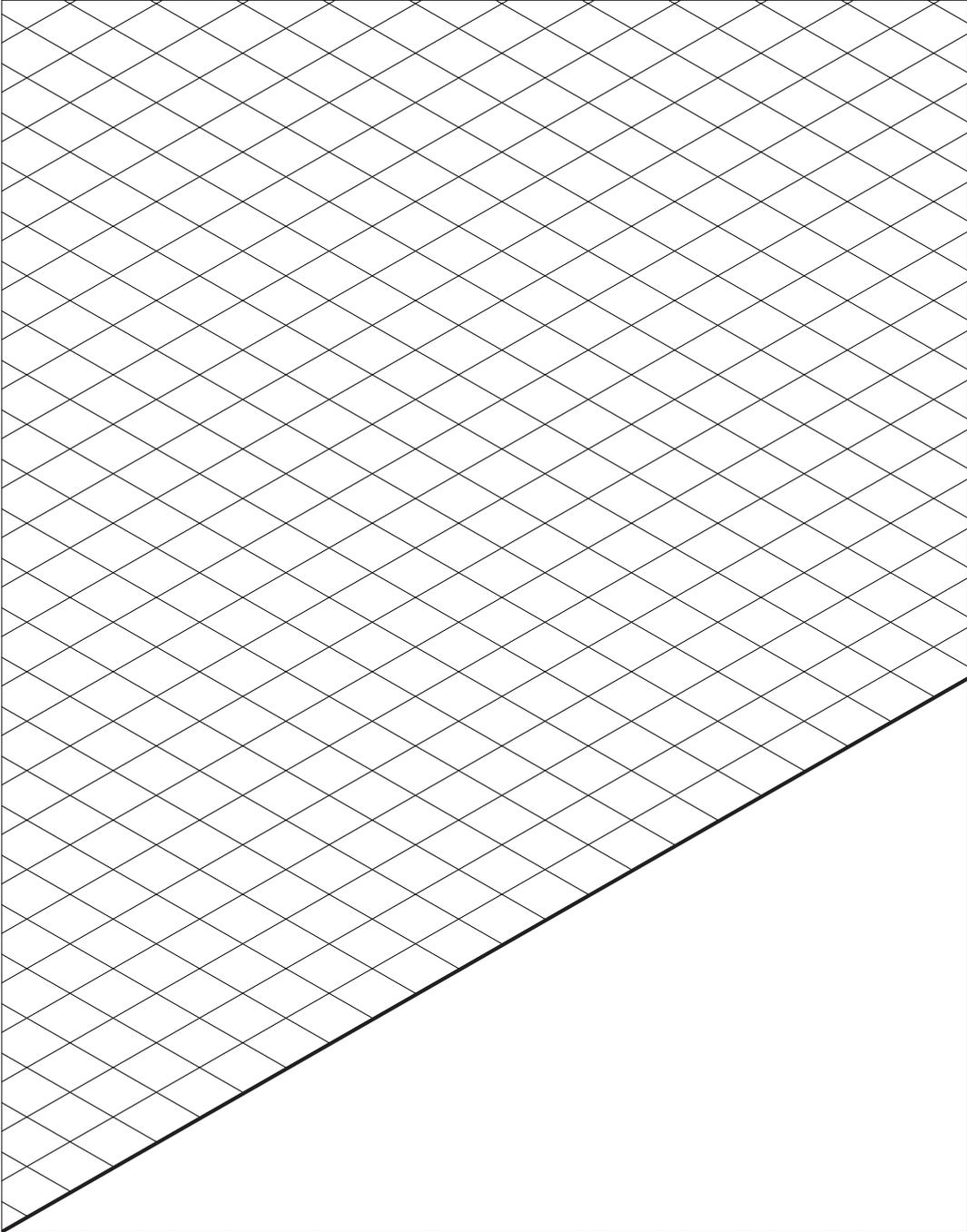
Muster-Verwal-
tungsvorschrift
Technische Bau-
bestimmungen
MVV TB 2023

107

13. GENEHMIGUNGSPLANUNG

Bauvorhaben mit wiederverwendeten Bauelementen zu konventionellen Bauweisen stellt die Erlangung der Zulassung eben dieser wiederverwendeten Bauelemente dar. Die dafür notwendigen Schritte wurden in den Kapiteln 9 und 12 beschrieben. Die Erfüllung aller Anforderungen der Bauaufsichtsbehörde bzw. deren Gutachter sowie eventuelle Prüfergebnisse und -protokolle müssen nach Vorgabe der Bauaufsichtsbehörde in die Bauvorlagen aufgenommen werden.





14.

GENEHMIGUNGSSTATIK NEUBAU

Beteiligte:

- Tragwerksplaner:in**
 - Erstellung der Genehmigungsstatik
- Architekt:in**
 - Einarbeitung der Bauteilbemessung und statischen Angaben in die Planung
- ggf. Prüfsingenieure für Bautechnik (BVPI)**
 - Erstellung der Prüfstatik
- Bodengutachter:in**
 - Erstellung eines Baugrundgutachtens

14. GENEHMIGUNGSSTATIK NEUBAU

³⁶
Bauordnung
BauO Berlin

Gemäß § 12 der Bauordnung müssen Gebäude „im Ganzen und in ihren einzelnen Teilen für sich allein standsicher sein“.³⁶ Um dies nachweisen zu können müssen im Rahmen der Genehmigungsplanung statische Berechnungen des geplanten Gebäudes durchgeführt werden. Für die Darstellung der Berechnungsergebnisse als sogenannter Standsicherheitsnachweis werden in der Bauverfahrensverordnung unter § 10 bestimmte Anforderungen beschrieben. So müssen tragende Bauteile einschließlich ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit als statisches System inklusive erforderlicher Konstruktionszeichnungen, Berechnungen und Beschreibungen im Rahmen des Bauantrags der Bauaufsichtsbehörde vorgelegt werden, um die Standsicherheit der geplanten baulichen Anlage nachzuweisen. Zusätzlich muss die Beschaffenheit des Baugrundes beschrieben und seine Tragfähigkeit dargestellt werden. Falls noch nicht vorhanden, muss dafür durch eine:n Bodengutachter:in ein Baugrundgutachten mit Proben an neuralgischen Punkten (z.B. Standorte Fundament) erstellt werden. Sollten sich in direkter Nähe des Bauvorhabens benachbarte Gebäude befinden, ist außerdem nachzuweisen, dass diese oder deren Baugrund durch das Bauvorhaben nicht gefährdet werden.

Gemäß den in der Anlage 14 zur HOAI unter Abschnitt 14.1 beschriebenen Leistungsbildern für die Tragwerksplanung in der Leistungsphase 4 (Genehmigungsplanung) müssen folgende Grundleistungen erbracht werden:

„a) Aufstellen der prüffähigen statischen Berechnungen für das Tragwerk unter Berücksichtigung der vorgegebenen bauphysikalischen Anforderungen [...]

112

14. GENEHMIGUNGSSTATIK NEUBAU

- c) Anfertigen der Positionspläne für das Tragwerk oder Eintragen der statischen Positionen, der Tragwerksabmessungen, der Verkehrslasten, der Art und Güte der Baustoffe und der Besonderheiten der Konstruktionen in die Entwurfszeichnungen des Objektplaners
- d) Zusammenstellen der Unterlagen der Tragwerksplanung zur Genehmigung
- e) Abstimmen mit Prüfmännern und Prüfingenieuren oder Eigenkontrolle
- f) Vervollständigen und Berichtigen der Berechnungen und Pläne³⁷

Diese Leistungen und deren Ausführungen sollten sich bei einer Bauweise mit wiederverwendeten Stahlbetonelementen nicht sonderlich von der eines konventionellen Baus mit neu hergestellten Fertigteilen unterscheiden. Besonderes Augenmerk muss auf den Verbindungen der wiederverwendeten Elemente, bzw. auf deren Anschluss an neu herzustellende Bauteile gelegt werden.

Ob ein Standsicherheitsnachweis durch eine:n Prüfingenieur:in geprüft werden muss oder nicht, hängt zum einem von der Nutzung, zum anderen von der Gebäudeklasse und zuletzt von der Bauart ab:

Prüfung des Standsicherheitsnachweises

Für Wohngebäude der Gebäudeklassen 1 und 2 ist in keinem Fall eine Prüfung notwendig. Für alle anderen Gebäude der Gebäudeklassen 1 bis 3 (einschließlich Wohngebäuden der Gebäudeklasse 3) ist ein von der Bauaufsichtsbehörde erstellter Kriterienkatalog auszufüllen,

37

HOAI 2021 Anlage 14 Abschnitt 14.1 Leistungsbild Tragwerksplanung

113

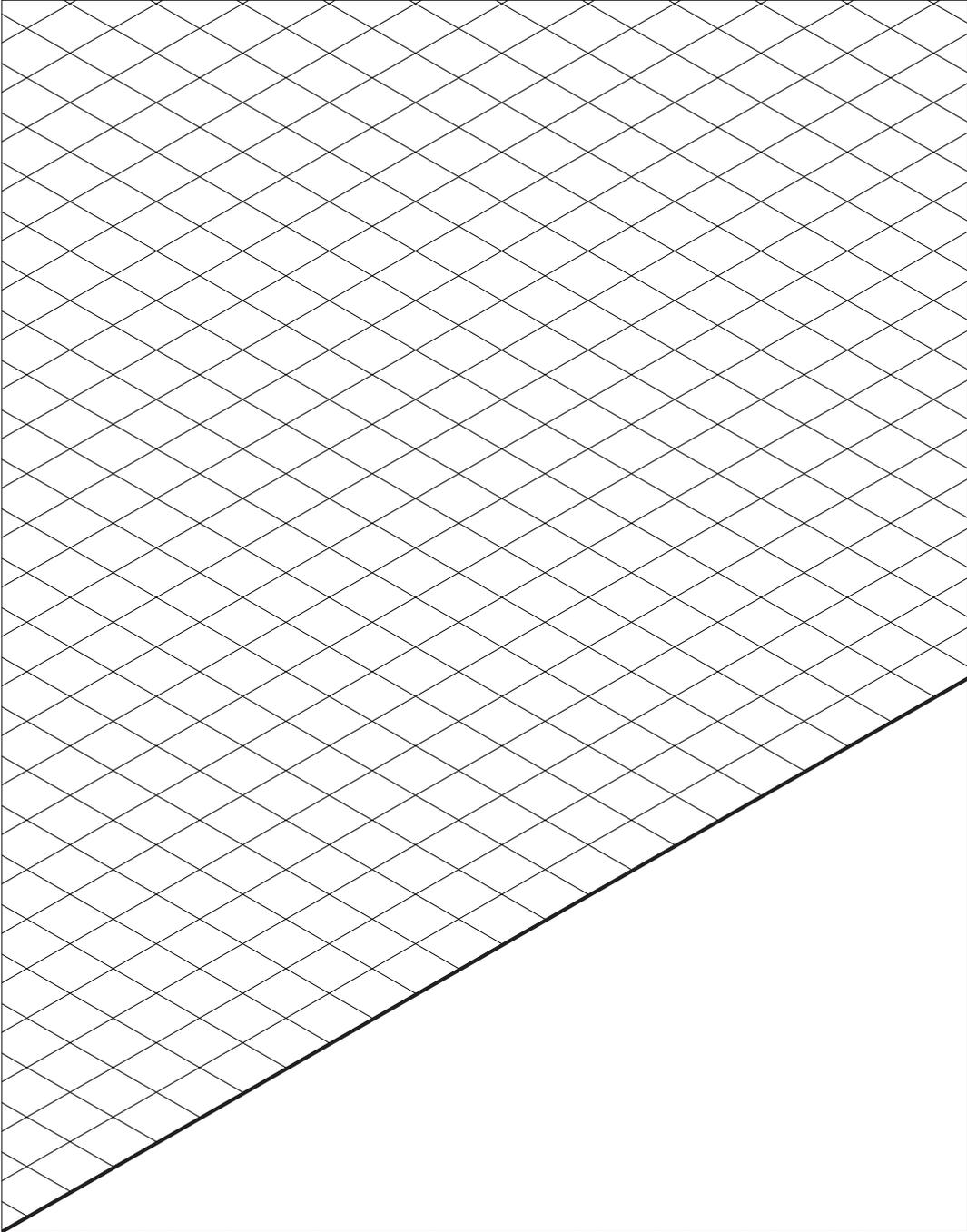
14. GENEHMIGUNGSSTATIK NEUBAU

36
Formular 111
Bauaufsicht Berlin
– Erklärung zum
Stand sicherheits-
nachweis

in dem verschiedene Anforderungen zur Baukonstruktion beschrieben sind, die im Wesentlichen auf komplexe statische oder baukonstruktive Fragestellungen abzielen. Für den Fall, dass alle dieser Anforderungen erfüllt sind und damit keine komplexen statischen oder baukonstruktiven Lösungen zum Einsatz kommen, muss der Standsicherheitsnachweis für Gebäude der Gebäudeklasse 1 bis 3 keine Prüfung erfolgen. Unter Punkt 8 des Kriterienkatalogs des Lands Berlin wird der Einsatz „besonderer Bauarten“³⁸ beschrieben. Da die Wiederverwendung von Stahlbetonelementen aus rückgebauten Gebäuden eine besondere Bauart darstellt, die wie zuvor beschrieben eine vorhabenbezogene Bauartgenehmigung (vBG) oder Zustimmung im Einzelfall (ZiE) benötigt, kann davon ausgegangen werden, dass damit die Anforderungen des Kriterienkataloges nicht vollständig erfüllt werden können und somit eine Prüfung des Standsicherheitsnachweises auch für Nichtwohngebäude der Gebäudeklassen 1 und 2 sowie allen Gebäuden der Gebäudeklasse 3 erforderlich wird. Für Gebäude der Gebäudeklassen 4 und 5 sowie für Sonderbauten ist eine Prüfung des Standsicherheitsnachweises ohnehin in jedem Fall notwendig.

114





15.

BRANDSCHUTZKONZEPT

Beteiligte:

- Brandschutzplaner:in**
 - Erstellung des Brandschutzkonzepts
- Architekt:in**
 - Einarbeitung der Brandschutzanforderungen in die Planung
- ggf. Brandschutzprüfer:in**
 - Durchführung der Brandschutzprüfung

117

15. BRANDSCHUTZKONZEPT

39

Bauordnung
BauO Berlin

40

Ausnahme leicht-
entflammbare
Stoffe, die in
Verbindung mit
anderen Stoffen
nicht mehr leicht-
entflammbar sind

Gemäß § 14 der Bauordnung sind Gebäude so zu errichten sowie anzuordnen, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung und Ausbreitung von Bränden, Feuer und Rauch vorgebeugt wird und dass „bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind“.³⁹

Der Brandschutz bei Gebäuden wird in vier Bereiche unterteilt: baulicher, anlagentechnischer, organisatorischer und abwehrender Brandschutz. Das Brandschutzkonzept setzt sich in der Regel aus dem Zusammenspiel dieser vier Bereiche.

Folgende spezifische Anforderungen werden durch die Bauordnung für den baulichen Brandschutz formuliert:

Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (enthalten in § 26 BauO)

Baustoffe werden in nichtbrennbare Baustoffe, schwerentflammbare Baustoffe und normalentflammbare Baustoffe gegliedert und nur Stoffe, die eine der drei Kategorien zugeordnet werden können, dürfen als Baustoffe verwendet werden.⁴⁰ Bauteile werden in feuerbeständige Bauteile, hochfeuerhemmende Bauteile und feuerhemmende Bauteile gegliedert. Darüber hinaus gibt es weitere Unterteilungen für Bauteile, die aus verschiedenen Stoffen mit unterschiedlichen Eigenschaften zusammengesetzt sind. Diese bauaufsichtlichen Anforderungen können in Feuerwiderstandsklassen übersetzt werden, welche die Feuerwiderstandsdauer (z.B. F 30 = 30min) abbilden.

118

Für den Einsatz von wiederverwendeten Stahlbetonelementen ist zu-

15. BRANDSCHUTZKONZEPT

nächst festzuhalten, dass der Baustoff Stahlbeton nichtbrennbar ist. Für die Einschätzung der brandschutztechnischen Eigenschaften der Elemente als Bauteile sind Faktoren wie die statische Funktion (tragende Wand, nicht-tragende Wand, Decke, etc.) der Querschnitt des Bauteils, die Betondeckung sowie die Einbausituation in Zusammenhang mit anderen Baustoffen maßgeblich. Liegt z.B. ein tragender wiederverwendeter Stahlbetonbalken auf Stahlkonsolen auf, die eine geringere Feuerwiderstandsklasse haben als der Balken, gilt für das Bauteil des Balkens die Feuerwiderstandsklasse der Konsolen. Somit können bei der Einschätzung zur Einhaltung der Brandschutzanforderungen beim Einsatz von wiederverwendeten Stahlbetonelementen keine pauschalen Annahmen aus den Eigenschaften des Elements gezogen werden, sondern es muss immer der (Wieder-)Einbaukontext mitbetrachtet werden.

Wie bereits im Kapitel 13 beschrieben, müssen neben den zuvor dargestellten Anforderungen an Baustoffe und Bauteile auch weitere Brandschutzanforderungen für Rettungswege, Erschließung und Brandabschnitte in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse beachtet werden. Diese Brandschutzanforderungen müssen vor allem durch die Planung der Grundrisse und durch die Wahl einer den Anforderungen entsprechenden Einbausituation der Bauteile erfüllt werden.

Anlagentechnischer Brandschutz

Der anlagentechnische Brandschutz umfasst den Schutz von technischen Anlagen vor Schäden durch Brände sowie den Brandschutz der durch technische Anlagen sowohl präventiv (Brand- oder Rauchdetektion) als auch operativ (Entrauchung, Brandlöschung) vorgenommen werden kann.

119

15. BRANDSCHUTZKONZEPT

Organisatorischer Brandschutz

Zum organisatorischen Brandschutz zählen Maßnahmen zur Kennzeichnung (Fluchtwege, Fluchtpläne), Organisation (Brandschutzordnung, Brandschutzbeauftragte) und Instandhaltung und Wartung der Brandschutzanlagen.

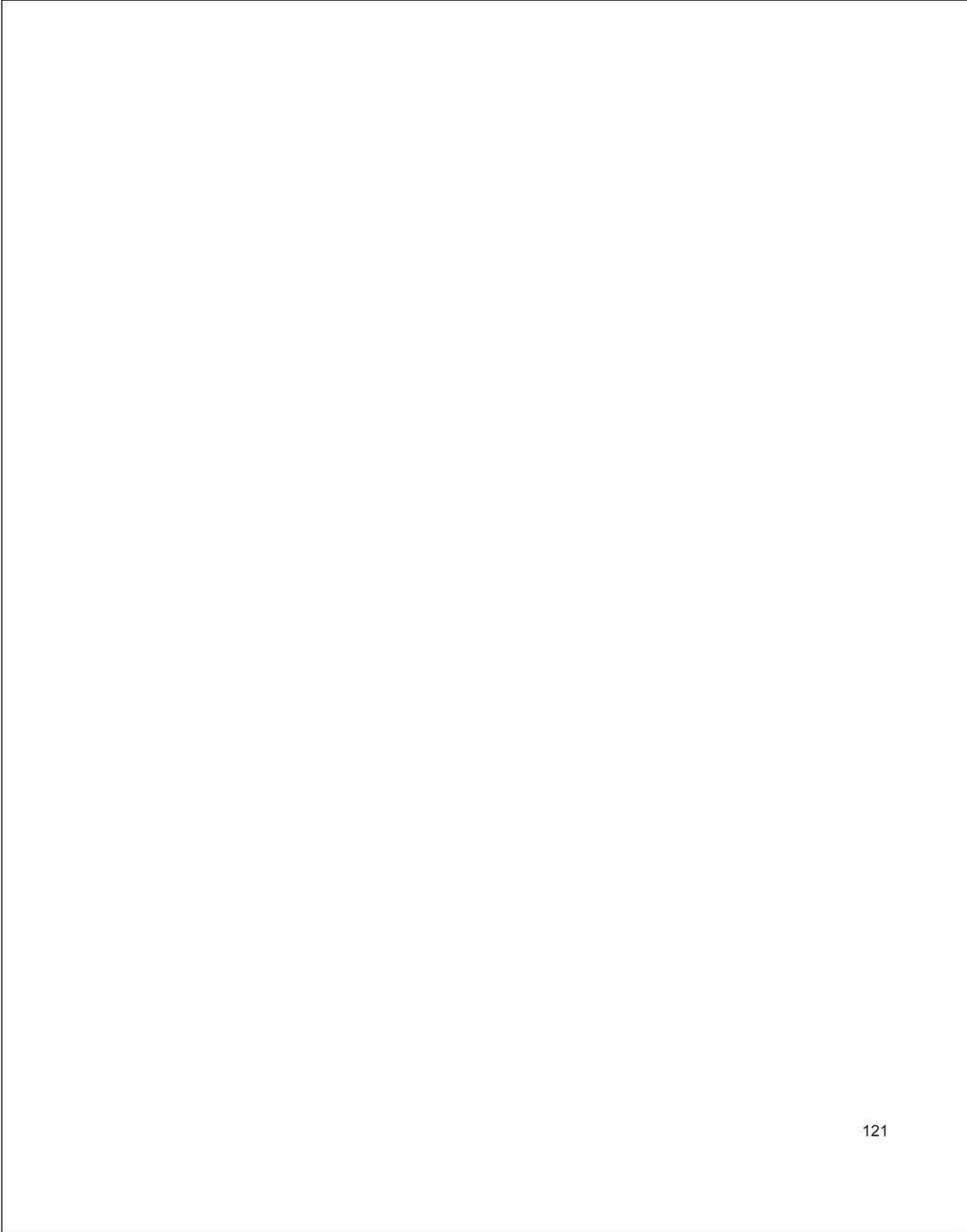
Abwehrender Brandschutz

Mit dem abwehrenden Brandschutz werden alle Maßnahmen zur Brandbekämpfung, Rettung von Menschen und Tieren sowie zur Verhinderung von Schäden des Gebäudes und der Umwelt während eines Brandes beschrieben, die durch Feuerwehr und Rettungsstellen geleistet werden.

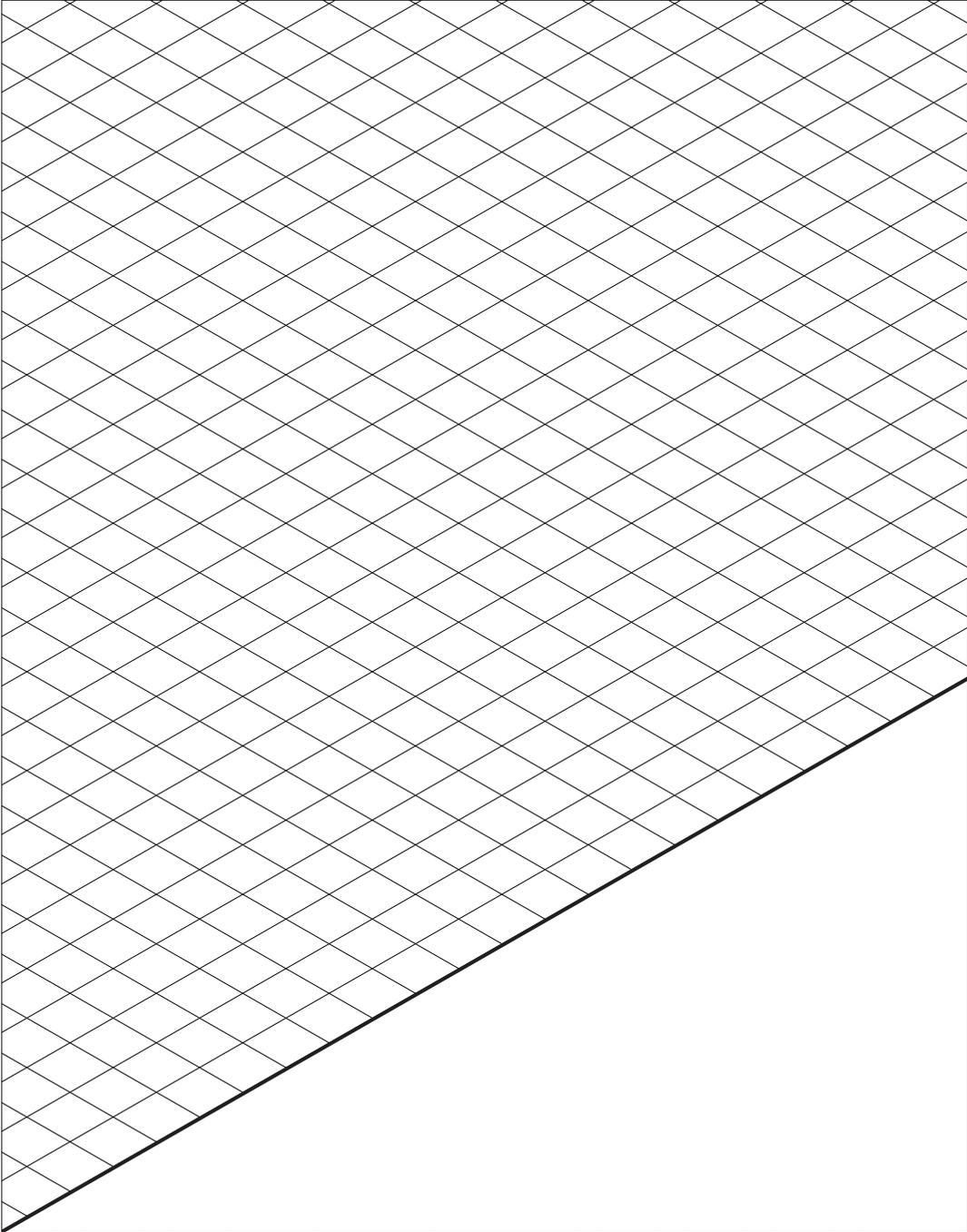
Für die Anforderungen bzw. Lösungen des anlagentechnischen, organisatorischen und abwehrenden Brandschutzes spielt der Einsatz von wiederverwendeten Stahlbetonelementen keine Rolle. Alle dazugehörigen Maßnahmen müssen dementsprechend wie bei konventionellen Bauvorhaben geplant und im Brandschutznachweis dargestellt werden.

Brandschutzprüfung

Gemäß Paragraf 66 der Bauordnung muss der Brandschutznachweis bei Sonderbauten, Mittel- und Großgaragen sowie bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5 durch eine:n zugelassene:n Prüfsachverständige:n geprüft werden.



121



16.

BAUPHYSIK UND ENERGIEKONZEPT

Beteiligte:

Bauphysiker:in / Gebäudeenergieingenieur:in

- Wärmeschutzauslegung
- Wärmebedarfsberechnung
- Energie- und Wärmeversorgungskonzept

Architekt:in

- Einarbeitung der bauphysikalischen Anforderungen in die Planung

Labor / Baustoffgutachter:in

- Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit der Stahlbetonelemente

123

41
Bauordnung
BauO Berlin

Gemäß Paragraf 15 der Bauordnung müssen Gebäude einen „ihrer Nutzung und den klimatischen Verhältnissen entsprechenden Wärmeschutz haben“.⁴¹ Zusätzlich dazu muss gemäß Paragraf 66 ein Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen an die Energieeinsparung erbracht werden. Diese Kriterien werden im GEG (Gebäudeenergiegesetz, Novelle 2023) und in der DIN 4108 konkretisiert.

Bei der Wiederverwendung von Stahlbeton sind die Anforderungen zum Wärmeschutz nur dann besonders zu beachten, wenn eines der Stahlbetonelemente in einem Bauteil so eingesetzt wird, dass es Kontakt zum Außenklima (Außenluft oder Baugrund) hat. Soll also ein wiederverwendetes Stahlbetonelement in der Gebäudehülle, als Teil einer Außenwand oder im Dach verwendet werden, muss der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) des Stahlbetonelements bestimmt werden und entsprechend mit einer Wärmedämmung in einer Stärke ergänzt werden, die den U-Wert des gesamten Bauteils, auf den durch das GEG geforderten Wert herabsenkt.

Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten für die wiederverwendeten Stahlbetonelemente

Zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten wird die Dicke des Bauteils (in m) durch die Wärmeleitfähigkeit (λ in W/m·K) des Baustoffs bzw. des Bauteils dividiert. Da die Wärmeleitfähigkeit bei Stahlbeton stark von der Rohdichte, den verwendeten Zuschlägen und dem Bewehrungsanteil des jeweiligen Bauteils abhängt, muss sie gemäß DIN EN ISO 10456 bestimmt werden. Die benötigten Messwerte können mithilfe eines Plattengeräts nach ISO 8302, eines Wärmestrommessplatten-Geräts nach ISO 8301 oder eines geregelten oder kali-

124

16. BAUPHYSIK UND ENERGIEKONZEPT

brierten Heizkastens nach ISO 8990 durch spezialisierte Labore bzw. Gutachter:innen ermittelt werden.

Im Folgenden werden beispielhaft die notwendigen Schritte für die Auslegung der Wärmedämmung für eine Außenwand zur Erfüllung der Vorgaben nach dem GEG beschrieben. Es wird angenommen, dass es sich um einen Neubau eines Wohngebäudes mit einer hinterlüfteten Holzfasade und einer Holzfaseraußendämmung handelt. Für den tragenden Teil der Außenwand wird eine 20cm starke Stahlbetonwand als wiederverwendetes Element aus einem Gebäuderückbau angenommen.

Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
Aufbau	Holzschalung (27mm, Kiefer) Traglattung (40mm, e=60cm) Konterlattung (40mm, e=60cm) Fassadenbahn Holzfaserdämmplatte (Stärke ist zu bestimmen) ggf. Ausgleichsputz Stahlbetonwand (200mm, wiederverwendet, Wärmeleitwert ist anzunehmen oder festzustellen)
Anforderungen	gemäß GEG 2023 Neubau, Wohngebäude U-Wert: $U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

125

16. BAUPHYSIK UND ENERGIEKONZEPT

42
Middel et al.: Bau-
physik nach Maß,
2003, S.167

Zunächst muss für die Wärmeleitfähigkeit der Stahlbetonwand ein Wert bestimmt werden, falls diese noch nicht durch die im vorherigen Absatz beschriebenen Verfahren bestimmt wurde. Für Stahlbeton der Rohdichte 2,3 t/m³ mit einem Bewehrungsanteil von 1% kann eine Wärmeleitfähigkeit von 2,3 W/m·K angenommen werden.⁴¹ Als Dämmstoff wurde eine Holzfaserdämmplatte mit der Wärmeleitfähigkeit von 0,042 W/m·K ausgewählt. Anhand dieser beiden maßgeblichen Bauteilschichten kann nun der U-Wert für das Bauteil Außenwand in Abhängigkeit von der Dämmschichtstärke ermittelt werden. Dies kann entweder durch eine Berechnung nach DIN EN ISO 6946 oder für eine schnelle grobe Auslegung über ein entsprechendes Online-Tool erfolgen. Für dieses Beispiel wird das Online-Tool „Ubakus U-Wert-Rechner“ verwendet. In diesem können die einzelnen Bauteilschichten mit ihren entsprechenden Baustoffen und Schichtdicken angelegt werden und aus diesen wird dann automatisch der U-Wert des Bauteils ermittelt. Für die Dämmung wurden Stärkenvarianten von 10cm bis 18cm in Schritten von 2cm eingegeben:

20cm StB. + 10cm HF	0,365 W/(m ² ·K)
20cm StB. + 12cm HF	0,311 W/(m ² ·K)
20cm StB. + 14cm HF	0,271 W/(m ² ·K)
20cm StB. + 16cm HF	0,240 W/(m ² ·K)
20cm StB. + 18cm HF	0,215 W/(m ² ·K)

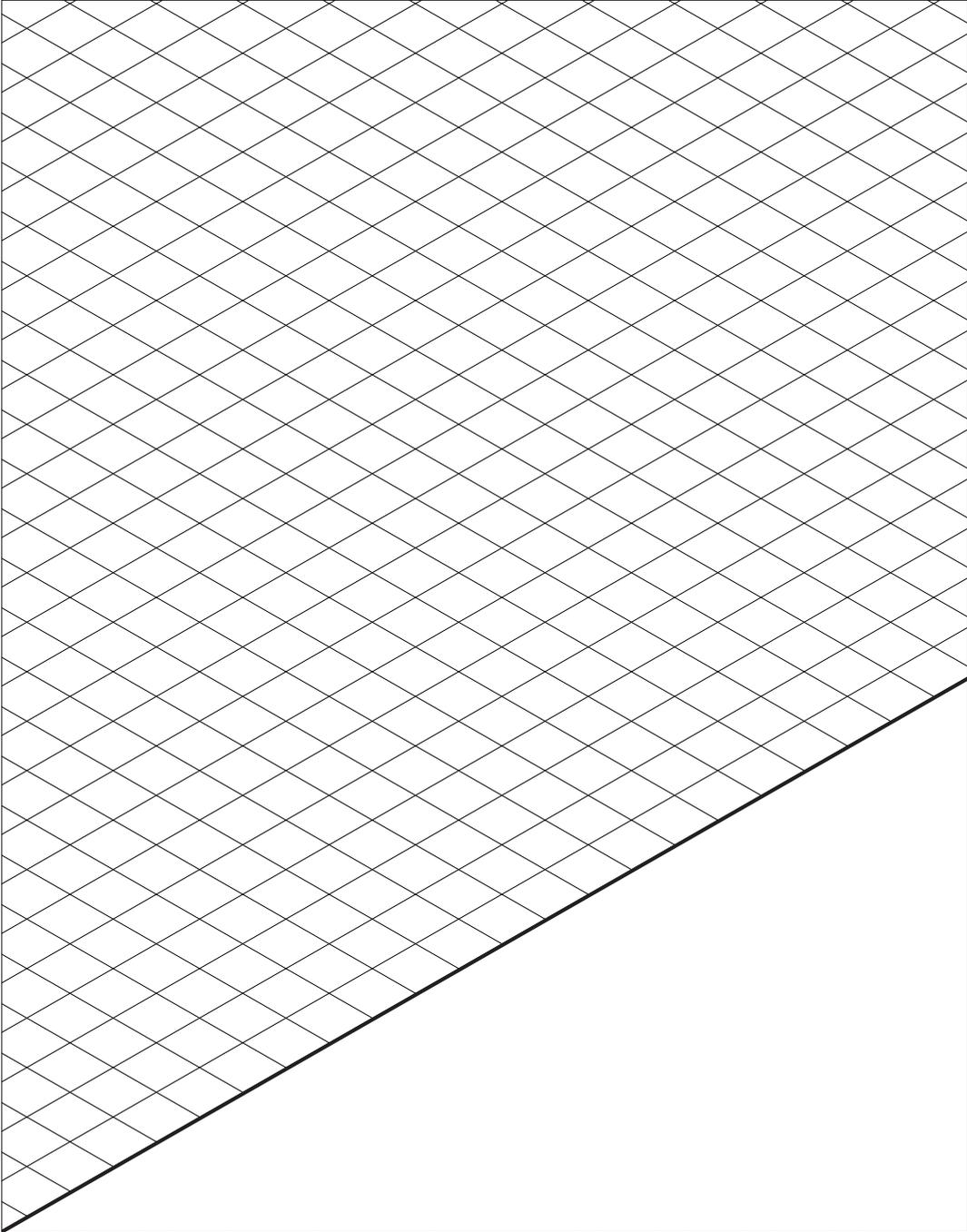
Aus diesen Versuchsvarianten lässt sich erkennen, dass die Außenwand die Anforderungen nach GEG ab einer Dämmstärke von 14cm erfüllen würde.

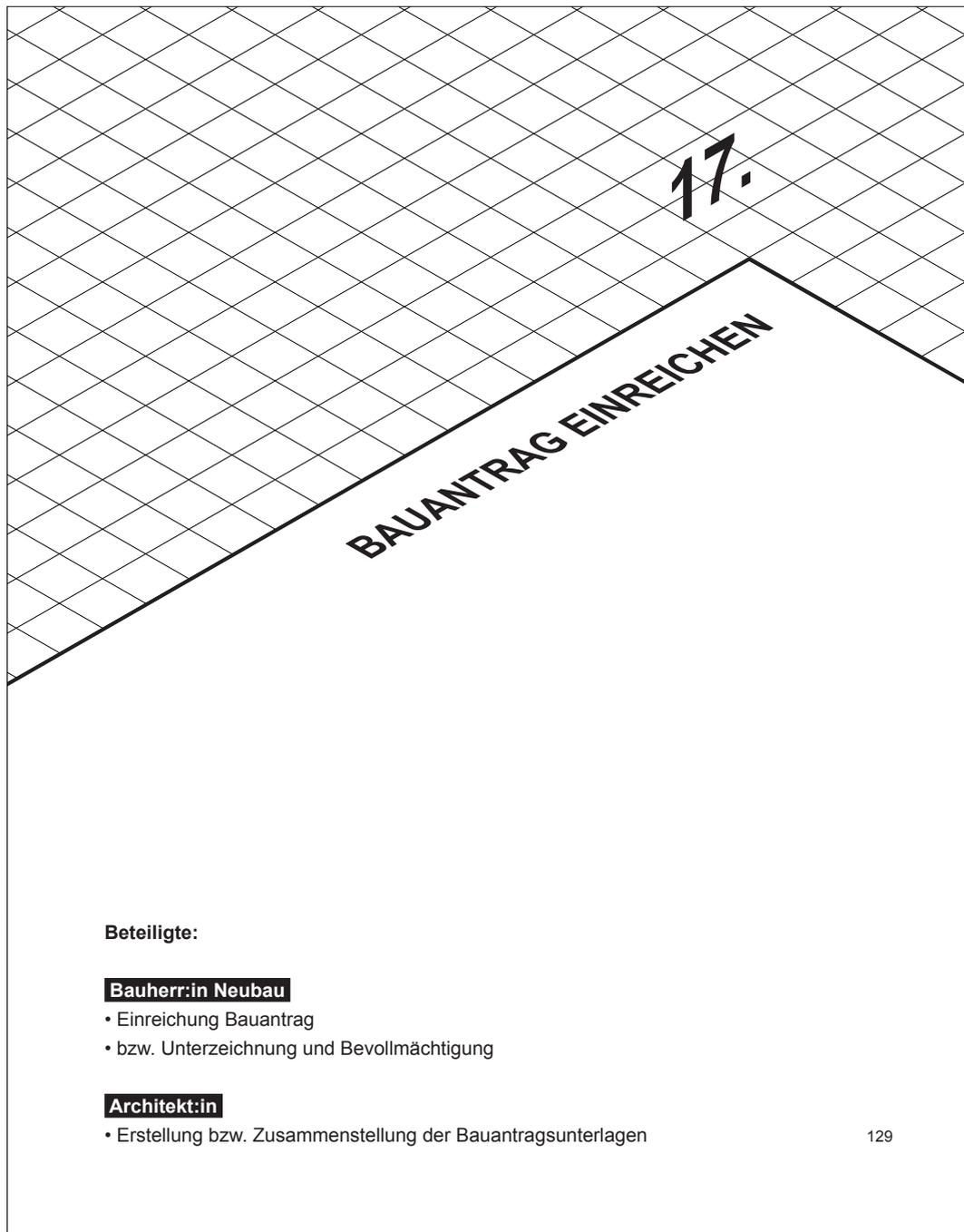
126

Neben der Energieeinsparung durch die Reduzierung von Wärmever-

16. BAUPHYSIK UND ENERGIEKONZEPT

lusten schreibt das GEG auch eine Begrenzung des Primärenergiebedarfs für Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlung vor. Dieser darf 55% des Primärenergiebedarfes des im GEG bestimmten Referenzgebäudes nicht überschreiten. Dies kann zum einen durch die Verwendung von erneuerbaren Quellen zur Energieversorgung umgesetzt werden. Zum anderen kann es aber auch bedeuten, dass der U-Wert der Gebäudehülle weiter gesenkt werden muss, als für die einzelnen Bauteile eigentlich vorgeschrieben ist. Aufgrund dieser Zusammenhänge sollte von einer / einem Energieberater:in ein umfassendes Energiekonzept für das Gebäude entwickelt werden, in dem optimale Lösungen sowohl für die Energie- und Wärmeerzeugung im Zusammenspiel mit der Gestaltung der Gebäudehülle erarbeitet werden.





17. BAUANTRAG EINREICHEN

Als nächster Schritt im Bauvorhaben muss der Bauantrag bei der Bauaufsichtsbehörde eingereicht werden. Der Bauantrag setzt sich aus einer Reihe von Unterlagen, den sogenannten Bauvorlagen, zusammen. Diese müssen erstellt, in mehrfacher Ausführung bereitgestellt, unterschrieben und der Bauaufsichtsbehörde per Post zugestellt werden. Welche Unterlagen eingereicht werden müssen ist in der Bauverfahrensverordnung (BauVerfV) festgeschrieben. Folgende Bauvorlagen müssen in der Regel zusätzlich zum Bauantragsformular eingereicht werden:

Bauantrag, Bauvorlagen (enthalten in § 68)

- „1. Ein Auszug aus der Flurkarte und der Lageplan [...],
2. die Bauzeichnungen [...],
3. die Baubeschreibung und die Betriebsbeschreibung [...],
4. der Nachweis der Standsicherheit [...], soweit er bauaufsichtlich geprüft wird, andernfalls die Erklärung der Tragwerksplanerin oder des Tragwerksplaners nach Maßgabe des Kriterienkataloges [...],
5. der Nachweis des Brandschutzes [...], soweit er bauaufsichtlich geprüft wird und nicht bereits in den übrigen Bauvorlagen enthalten ist,
6. die Nachweise zur Einsparung von Energie [...],
7. die erforderlichen Angaben über die gesicherte Erschließung hinsichtlich der Versorgung mit Wasser und Energie sowie der Entsor-

17. BAUANTRAG EINREICHEN

gung von Abwasser und der verkehrsmäßigen Erschließung, soweit das Bauvorhaben nicht an eine öffentliche Wasser- oder Energieversorgung oder eine öffentliche Abwasserentsorgungsanlage angeschlossen werden kann oder nicht in ausreichender Breite an einer öffentlichen Verkehrsfläche liegt,

8. bei Bauvorhaben im Geltungsbereich eines Bebauungsplans, der Festsetzungen zum Maß der baulichen Nutzung enthält, eine prüffähige Berechnung [...], soweit diese nicht bereits Bestandteil des Lageplans ist,

9. bei Gebäuden der Erhebungsbogen für die Bautätigkeitsstatistik [...].“⁴³

43

Verordnung über
Bauvorlagen und
das Verfahren im
Einzelnen -
BauVerfV Berlin

Die Ansprüche an die Bauvorlagen sind beim Bauen mit wiederverwendeten Stahlbetonelementen identisch wie die für konventionelle Bauvorhaben. Die Informationen über die Verwendung von gebrauchten Bauteilen sollte in der Baubeschreibung erfolgen. Der Baubeschreibung sollten auch die Unterlagen der ZIE oder vBG angefügt sein.

Nach Einreichung der Unterlagen prüft die Bauaufsichtsbehörde zunächst auf Vollständigkeit des Antrags. Sollten keine weiteren Unterlagen oder Ergänzungen und Überarbeitungen der eingereichten Bauvorlagen nachgefordert werden, beginnt die eigentliche Prüfung des Antragsgegenstands. Dafür beteiligt die Bauaufsichtsbehörde andere Dienststellen und Behörden, um die Vereinbarkeit des Bauvorhabens mit allen öffentlich-rechtlichen Vorschriften und Belangen gewährleisten zu können.

131

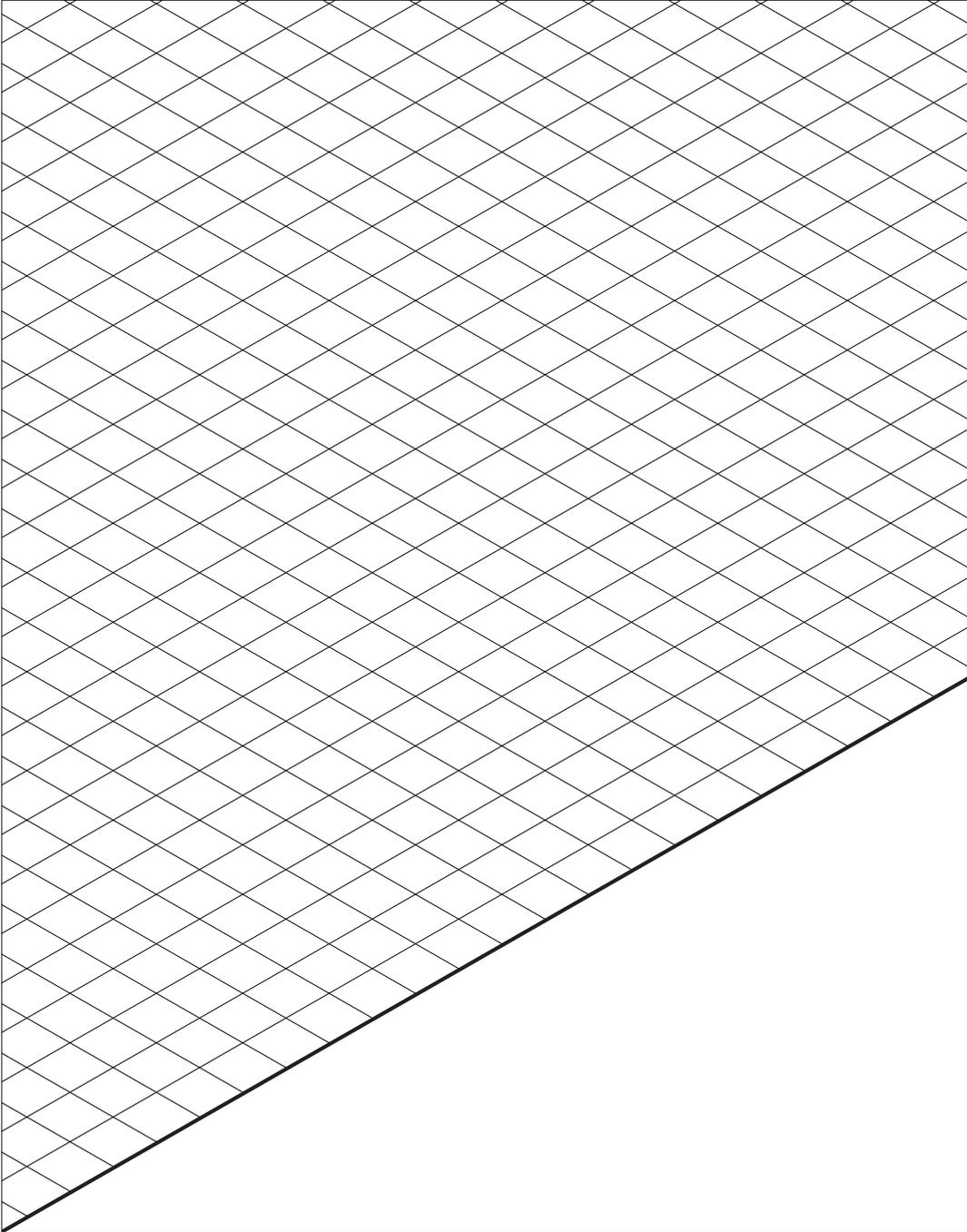
17. BAUANTRAG EINREICHEN

44
Verordnung über
die Erhebung
von Gebühren im
Bauwesen,
BauGebO Berlin

In der Regel sollte diese Prüfung eines normalen Bauantrags (im Unterschied zum vereinfachten Verfahren, siehe Kapitel 13) etwa drei bis fünf Monate gegebenenfalls aber sogar länger dauern.

Mit Erhalt der Baugenehmigung ergeht auch der Gebührenbescheid, wobei sich die Gebühr für das Baugenehmigungsverfahren an den Baukosten des Vorhabens orientiert und in der Regel etwa 0,35 % der Erstellungskosten⁴⁴ (KG 300+400) des Projektes. Bei einem Bauvorhaben mit Erstellungskosten von 400.000 Euro läge die Gebühr für die Baugenehmigung also bei 1.400 Euro.





18.

ÖKOBILANZ (LCA)

Beteiligte:

- Architekt:in / Bauingenier:in**
- Umweltingenieur:in**

- Erstellung der Ökobilanz gemäß DIN EN 15978

135

18. ÖKOBILANZ (LCA)

Für die Bewertung der Umwelteinwirkungen eines Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg können sogenannte Ökobilanzen (engl. LCA – Life Cycle Assessment) erstellt werden. Vor allem für die Erlangung von Nachhaltigkeits-Zertifikaten ist die Ökobilanz zwingend erforderlich, aber auch so werden Gebäuden immer häufiger bilanziert, um eine Einschätzung über die Treibhausgasemissionen oder den Energieverbrauch in der Herstellung und beim Betrieb zu gewinnen.

Bei der Betrachtung der Umwelteinwirkungen wird im aktuellen Diskurs besonders das Erderwärmungspotenzial (Global Warming Potential - GWP), also der Ausstoß von CO₂ und CO₂-Äquivalenten, in den Fokus genommen, da dieser besonders für den Klimawandel relevant ist und eine Reduzierung hier besonders dringend ist, um dem voranschreitenden Klimanotstand entgegenzuwirken.

Ökobilanz (LCA)

Die Erstellung einer Ökobilanz von Gebäuden basiert in der Regel auf den Vorgaben der DIN EN 15978, in der der Lebenszyklus eines Gebäudes in verschiedene Phasen (A, B, C und D) aufgeteilt und bestimmte Prozesse (Herstellung, Transport, etc.) innerhalb dieser Phasen wiederum jeweiligen Modulen (A1, A2, etc.) zugordnet werden.

Als Grundlage der Ökobilanz muss eine Mengenermittlung des Gebäudes erstellt werden, in der die im Gebäude eingesetzten Materialien und Produkte quantifiziert werden. Diese Gebäudebestandteile werden für die Ermittlung der Herstellungenergie (auch Graue Energie) benötigt, die im Modul A erfasst wird. Gemäß der DIN EN 15978 wird das Gebäude für die Mengenermittlung in Teile unterteilt.

18. ÖKOBILANZ (LCA)

Diese Bestandteile umfassen Gebäudeelemente, Bauwerksteile, Bauprodukte und Baustoffe und müssen gemäß DIN 276 in Kostengruppen gegliedert werden. Der Detaillierungsgrad der Bestandteilliste kann je nach Projektstand in Abhängigkeit von der gestellten Zielsetzung frei gewählt werden,⁴⁵ muss aber, für den Fall der Verwendung der Ökobilanz im Rahmen einer Zertifizierung, den durch die Zertifizierungsstelle gegebenen Vorgaben entsprechen. Für die DGNB-Zertifizierung müssen z.B. alle Bauteile der Kostengruppen 300 und 400 bilanziell erfasst werden.⁴⁶

Mit jedem der erfassten Bauteile muss ein Datensatz verknüpft werden, in dem mögliche Umwelteinwirkungen pro Flächen- oder Volumeneinheit hinterlegt sind. Diese Datensätze können entweder aus der zentralen Datenbank des Bundesministeriums (Ökobaudat) oder direkt von den Herstellern spezifischer Produkte (Environmental Product Declaration, EPD) beschafft werden.

Neben der Herstellungenergie für die eingesetzten Produkte und Stoffe muss auch die für den Betrieb und die Nutzung benötigte Energie ermittelt werden, die im Modul B dargestellt wird. Hierbei wird z.B. der Strom- und Heizwärmebedarf des Gebäudes ermittelt, aber auch der Instandhaltungsaufwand, Reinigungsbedarf, Wasserverbrauch oder der Austausch von kurzlebigeren Bauteilen berücksichtigt.

Im den Modulen C1 bis C4 werden die Umwelteinwirkungen ermittelt, die durch die Entsorgungsphase am Lebensende des Gebäudes durch Rückbau, Abfallbehandlung, Recycling und Beseitigung auftreten.

45

DIN EN 15978
7.5 Gebäude-
modell

46

DGNB Rahmen-
werk für klima-
neutrale Gebäude
und Standorte,
Stand Mai 2020

137

18. ÖKOBILANZ (LCA)

47
 Endbericht
 BBSR-Forschungsprojekt:
 Wissenschaftliche
 Begleitung der
 Arbeitsgruppe
 "Modul D" des
 Runden Tisches
 Nachhaltiges
 Bauen, 2017.

Im Modul D werden die Vorteile oder Belastungen dargestellt, die sich durch Wiederverwendung, Rückgewinnung und Recycling der Bestandteile des Gebäudes ergeben. In der Bilanz von Gebäuden ist Modul D zurzeit nur unter Vorbehalt anzuwenden, da die Datenlage zu den End-of-Life-Prozessen noch lückenhaft ist.⁴⁷

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind sogenannte Umwelteinwirkungen, die sich aus in eigenen Lebenszyklusanalysen der Herstellung der Produkte und Stoffe ermittelt wurden und als die zuvor beschriebenen Datensätze (Ökobaudat, EPD) auf das Gebäude übertragen, skaliert und addiert werden.

Die üblichsten Umwelteinwirkungen, wie sie auch für die DGNB-Zertifizierung aufgestellt werden müssen, sind:

Umweltschädigung	Umwelteinwirkung	Einheit
Klimawandel	Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP)	Kg CO ₂ -Äq.
Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht	Ozonschichtabbaupotenzial (Ozone Layer Depletion Potential, ODP)	Kg CFC11-Äq.

138

18. ÖKOBILANZ (LCA)

Sommersmog, bodennahes Ozon	Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP)	Kg C ₂ H ₄ -Äq.
Versauerung von Böden, Wald- und Fischsterben	Versauerungspotenzial (Acidification Potential, AP)	Kg SO ₂ -Äq.
Überdüngung von Oberflächengewässern	Überdüngungspotenzial (Eutrophication Potential, EP)	Kg (PO ₄) ₃ -Äq.
	Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (PEne)	MJ
	Gesamtprimärenergiebedarf (PEges)	MJ
	Anteil erneuerbarer Primärenergie	MJ
Abiotischer, nicht-energetischer Ressourcenverbrauch	Abiotisches elementares Ressourcenabbaupotenzial (ADPelements)	Kg Sb-Äq.
Süßwasserknappheit	Wasserverbrauch: Net use of fresh water (FW)	M ³

Die Erstellung einer Ökobilanz für ein Gebäude, bei dem gebrauchte Stahlbetonelemente eingesetzt werden, unterscheidet sich nicht von der

139

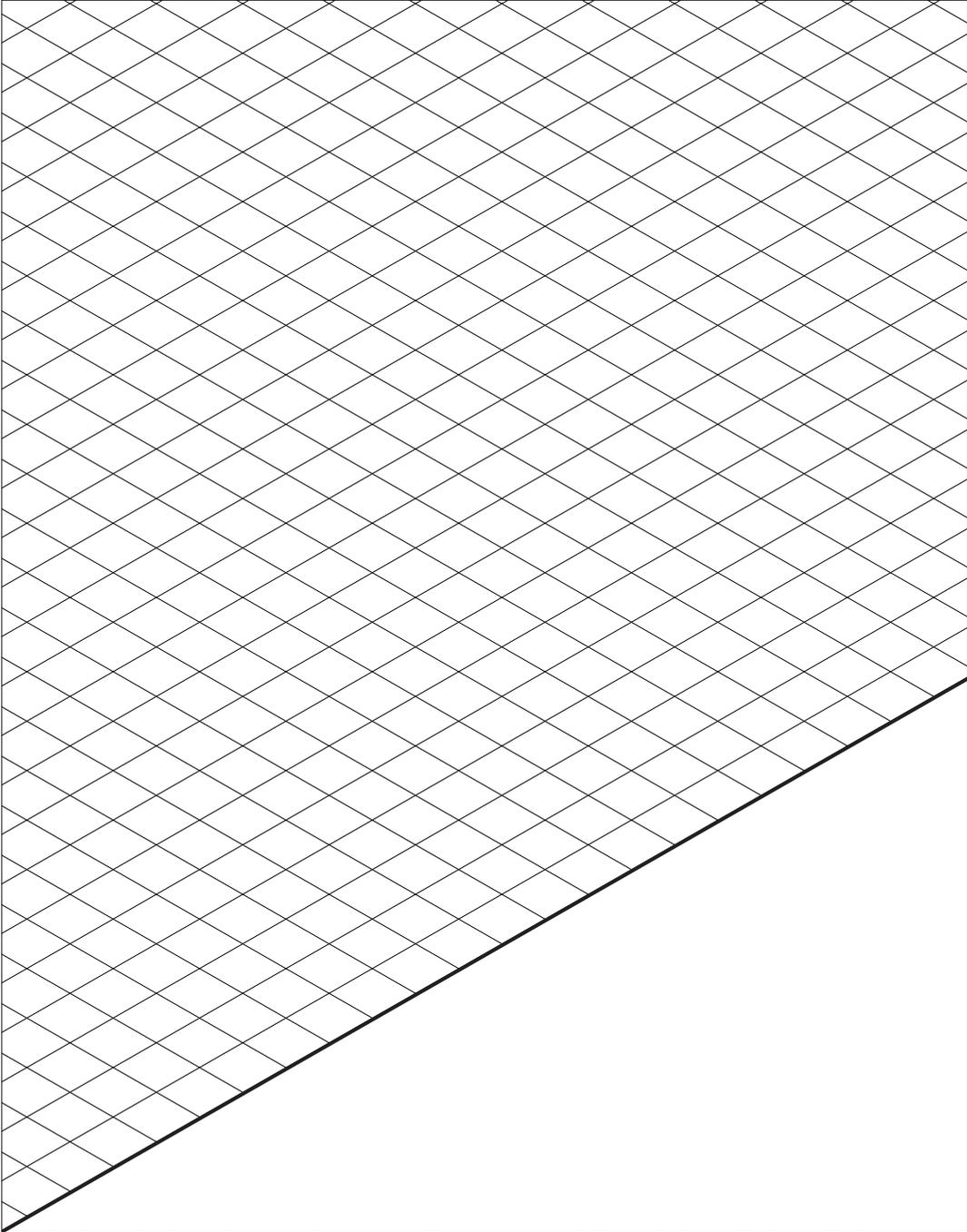
18. ÖKOBILANZ (LCA)

für konventionelle Gebäude. Alle Schritte müssen analog abgearbeitet und mit Daten versehen werden. Da es für die gebrauchten Elemente (noch) keine Datensätze gibt, muss z.B. das GWP der Module A1-3 mit 0 Kg CO₂-Äq. / t angesetzt werden. Der notwendige (Energie-)Aufwand für den Rückbau des Bestandsgebäudes kann in der Ökobilanz eben jenes Bestandsgebäudes im Modul C (Entsorgung) verbucht werden und fließt somit nicht in die Bilanz des (Wieder-)Neubaus ein.

Um die eingesparten CO₂-Emissionen im Vergleich zu konventionellen Bauvorhaben ermitteln zu können, bietet es sich an, eine Variante der Bilanzierung zu erstellen, bei der anstatt der gebrauchten Stahlbetonelemente ein Datensatz für neue Elemente bzw. für neuen Stahlbeton verwendet wird. Die Differenz der Gesamtsumme des GWPs der beiden Varianten ist das Einsparpotenzial, dass durch den Einsatz von gebrauchten Elementen erreicht werden konnte.



141

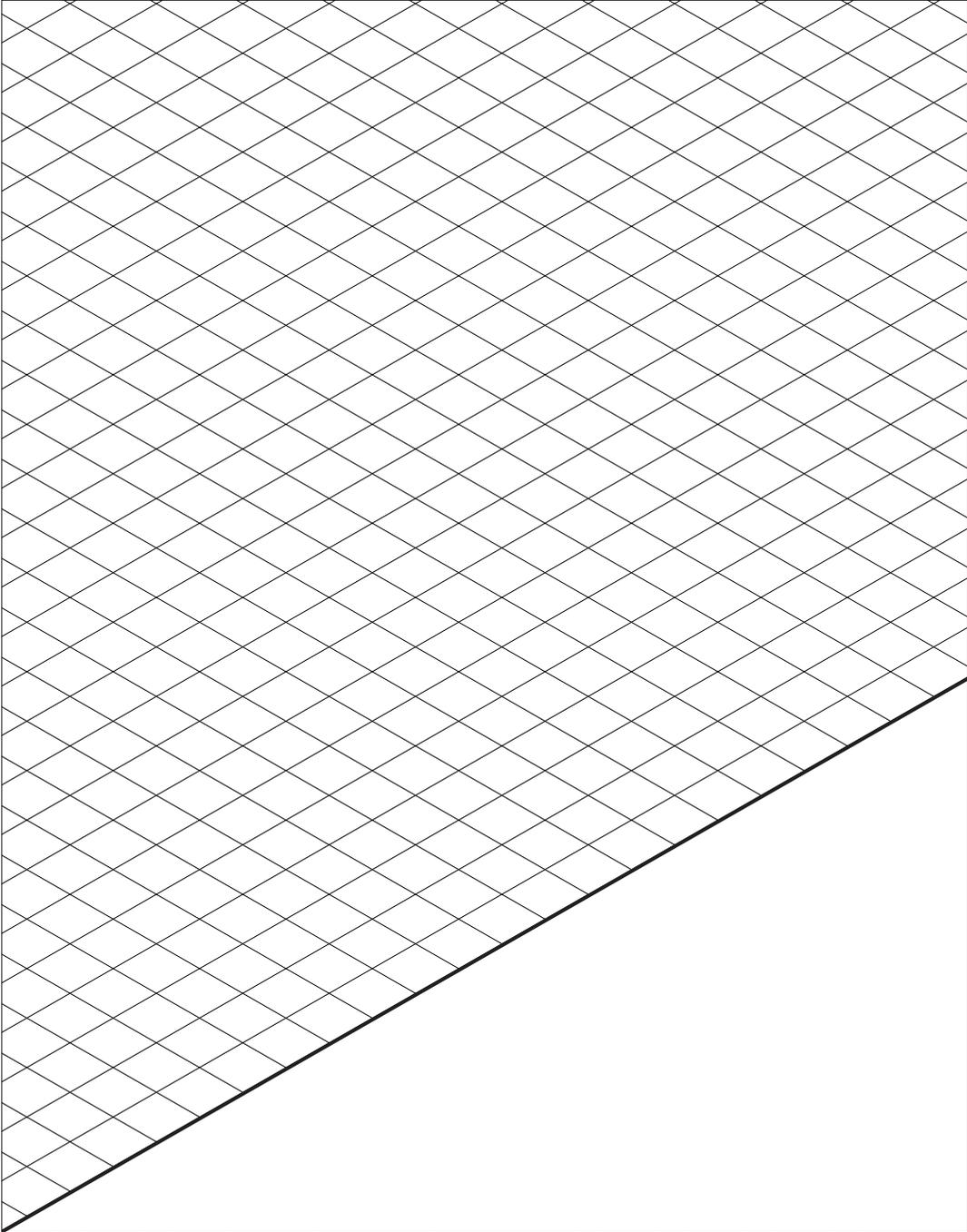




MILESTONE 5
BAUGENEHMIGUNG

Mit der Fertigstellung aller vorheriger Schritte und der Klärung aller darin enthaltenen Problemstellungen sollte in Folge die Baugenehmigung für das Bauvorhaben durch die zuständige Bauaufsichtsbehörde erteilt werden können. Damit kann nun die nächste Phase begonnen werden, in der zunächst die Ausführungsplanung, dann die Vergabe der Bauleistungen und schließlich die tatsächliche Durchführung der Baumaßnahmen anstehen.

143



19.

**ZWISCHENLAGER FESTLEGEN
UND LAGERBEDINGUNGEN**

Beteiligte:

Bauherr:in Neubau

- Bereitstellung von Zwischenlagerflächen

Architekt:in

- Entwicklung eines Plans zur Einlagerung

Rückbauunternehmen

- Beratung zu Transport und Logistik

145

19. ZWISCHENLAGER FESTLEGEN UND LAGERBEDINGUNGEN

Vor Durchführung des Rückbaus und als Grundlage der Logistikplanung muss ein Standort für die Zwischenlagerung der durch den Rückbau generierten Stahlbetonelemente gefunden werden, da davon auszugehen ist, dass der Bauprozess nicht so durchgeführt werden kann, dass Elemente aus dem Spendergebäude entnommen und direkt im (Wieder-)Neubau eingesetzt werden können.

Das Zwischenlager sollte nicht zu weit entfernt von den Abbau- und Aufbaustandorten sein. Mit jedem weiteren Transportkilometer verschlechtert sich die Ökobilanz der wiederverwendeten Elemente (siehe Kapitel 11).

Einbaureihenfolge

Für die Positionierung der Elemente im Lager muss ein Plan erstellt werden, der die Position der Elemente im Lager so vorsieht, dass die Elemente entsprechend der späteren Einbaureihenfolge wieder aus dem Zwischenlager entnommen werden können, ohne zuerst aufwendig umgestapelt werden zu müssen. Dafür sollte im Vorfeld der Ausführungsplanung durch die / den Architekt:in falls möglich in Absprache mit dem beteiligten Ausführungsunternehmen eine Einbaureihenfolge festgelegt werden. Aufgrund dieser Reihenfolge kann die Stapelung der Teile festgelegt werden.

Für die Lagerbedingungen sind keine bestimmten Anforderungen zwingend erforderlich, je besser die Elemente jedoch vor Witterung geschützt werden, desto besser kann ihr Zustand erhalten werden und es können gegebenenfalls notwendige Reparaturen verhindert werden. Folgende Schädigungen können durch freie Bewitterung entstehen:

19. ZWISCHENLAGER FESTLEGEN UND LAGERBEDINGUNGEN

Frostspaltungen

Wenn Regenwasser in Risse und Öffnungen im Beton eindringt, sich dort sammelt und im Winter gefriert, können durch das temperaturbedingt gestiegene Volumen des gefrorenen Wassers Abplatzungen oder Brüche im Beton entstehen. Daher ist es empfohlen die Betonelemente vor Niederschlag zu schützen.

Beschleunigte Karbonatisierung

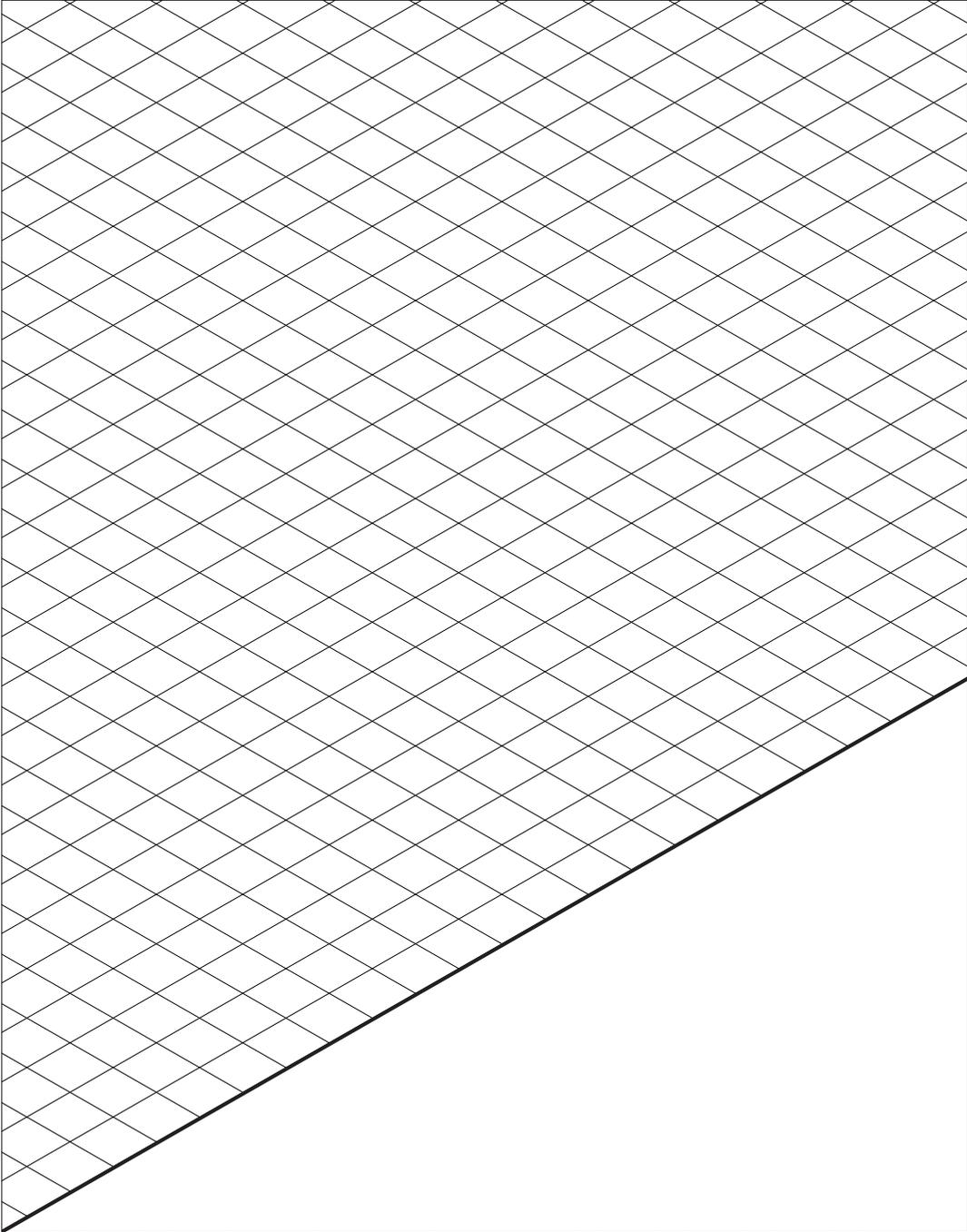
Durch erhöhte Feuchtigkeit im Beton kann der Karbonatisierungsprozess unter bestimmten Umständen beschleunigt werden.⁴⁸ Eine weiter vorgeschrittene Karbonatisierungsfront kann sich negativ auf die Wiederverwendungseignung auswirken (Siehe Kapitel 5).

Für eine sachgemäße Lagerung sollten die Elemente voneinander durch schützende Lagerhölzer getrennt werden, sodass Schädigungen durch Kontakt von einem Element zu einem anderen vermieden werden können. Generell empfiehlt es sich Elemente in der gleichen Ausrichtung zu lagern, wie sie im Bestandsgebäude eingebaut waren, da die Bewehrung für diese Lastfälle ausgelegt ist und Schädigungen durch nicht vorgesehene Belastungen vermieden werden können. Das bedeutet, dass Decken liegend, Wände und Stützen hingegen stehend gelagert werden sollten.

48

Mettke:
Wiederver-
wendung von
Bauelementen
des Fertigteilbaus,
1995.

147



20.

**PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG
RÜCKBAU**

Beteiligte:

Eigentümer:in / Bauherr:in Bestand

- Kenntnisnahme der Bauherrenaufgaben im Rahmen des Rückbaus
- Wahrnehmung der Bauherrenaufgaben
- bzw. Delegieren dieser

Architekt:in

- Erarbeitung des Leistungsverzeichnisses für den Rückbau

Tragwerksplaner:in

- Mithilfe bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses

Rückbauunternehmen

- ggf. Beratung

149

49

Unruh, Nagora:
Rückbau von
Plattenbauten
Vorbereitung und
Gestaltung der
Baustellenprozesse
bei De- und
Remontagen,
2002.

Auf Grundlage des Zuschnittplans (Kapitel 7) und des Bauteilkatalogs (Kapitel 11) müssen nun die Rückbauarbeiten des Bestandsgebäudes geplant, ausgeschrieben und vergeben werden.

Wie bereits eingangs beschrieben, basiert die Möglichkeit der Wiederverwendung von Bauteilen auf der Voraussetzung, dass statt eines konventionellen Abbruchs ein selektiver Rückbau durchgeführt wird.

Selektiver Rückbau

Der selektive Rückbau ist eine Form des Abbruchs von Gebäuden, bei dem Baustoffe so ausgebaut werden, dass sie sortenrein gesammelt und abtransportiert werden können. Das Ziel dabei ist die Erhaltung von Ressourcen und die Zuführung dieser zu möglichen Wiederverwendungs- (ReUse) und Wiederverwertungsprozessen (Recycling).⁴⁹ Die beim selektiven Rückbau anfallende Elemente und Stoffe können wie folgt gegliedert werden:

Elemente:

- Fenster und Türen
- Heizkörper (inkl. Fittings und Ventile)
- Sanitärobjekte (inkl. Fittings und Ventile)
- Elektroinstallationsobjekte (Lampen, Schalter, Steckdosen, ...)

Stoffe:

- Bauschutt (Ziegel, Beton, Estrich, Mörtel, Fliesen, Keramik, Sand)
- Bau- und Abbruchholz (getrennt nach Belastungsgrad)
- Baustoffe auf Gipsbasis (Gipsmörtel, Gipskarton)
- Glas (Fenster, Glasbausteine)

150

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

- Papierabfälle (Tapeten)
- Metalle (Bewehrung, Geländer, Einbauten, etc.)
- Kabelschrott (Elektroinstallationen)
- Kunststoffe (Fensterprofile, Bodenbeläge, PVC-Rohre)
- asbesthaltige Baustoffe (Dämmplatten, Fugenfüllstoffe, etc.)
- Bitumendachbahnen / Teerdachpappen
- Dämmstoffe (Styropor, Mineralwolle, Perlite, etc.)

Da im Rahmen der Wiederverwendung von Stahlbetonelementen der Fokus zunächst nur auf der Rohbaustruktur liegt, muss das Bestandsgebäude bis auf diese Rohbaustruktur zurückgebaut (entkernt) werden. Dabei fällt Bauabfall an, der entsprechend der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV, § 8 und 9) getrennt und gemäß den örtlich geltenden Vorschriften entsorgt werden muss.

Bauabfallentsorgung

Falls keine anderweitige direkte Wiederverwendung von z.B. Fensterelementen, Bauholz oder anderen anfallenden Stoffen und Elementen vorgesehen ist, wodurch die Festlegung dieser Stoffe und Elemente als Abfall gegebenenfalls ganz und gar abgewendet werden kann (rechtliche Voraussetzungen siehe Kapitel 22), müssen die Abfälle auf Grundlage der Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) durch den Abfallerzeuger bzw. -besitzer gemäß der europäischen fünfstufigen Abfallhierarchie entsorgt werden. Dieser Entsorgungsprozess muss so gestaltet sein, dass zunächst Möglichkeiten der Wiederverwendung, dann des Recyclings und zuletzt sonstiger stofflicher, chemischer oder energetischer Verwertung der Abfälle abgewägt werden müssen, bevor eine endgültige Beseitigung (z.B. Deponierung)

151

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

50
www.berlin.de/
sen/uvk/umwelt/
kreislaufwirt-
schaft/service/ge-
werbetreibende/
bauabfall/

erfolgen darf. Im Land Berlin sind die genauen Anforderungen für die Entsorgung von Bauabfällen durch die Abfallwirtschaftsbehörde auf Grundlage der GewAbfV in einer Reihe von Merkblättern dokumentiert, die auf der Website der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt unter der Rubrik „Bauabfall“ abgerufen werden können.⁵⁰ Die folgenden Merkblätter sind dabei zu beachten:

- Merkblatt 1 – Bauherrenpflichten im Land Berlin, Anforderungen der Abfallwirtschaftsbehörde
- Merkblatt 2 – Hinweise zur Entsorgung von gefährlichen Bauabfällen, die bei Baumaßnahmen im Land Berlin anfallen
- Merkblatt 3 – Hinweise zur Entsorgung von asbesthaltigen Bauabfällen
- Merkblatt 4 – Hinweise zur Entsorgung von mineralischen Bauabfällen, die bei Baumaßnahmen im Land Berlin anfallen

Die den Vorschriften entsprechende Entsorgung der Bauabfälle (ab insgesamt 10m³) ist gemäß der GewAbfV § 8 zu dokumentieren und die Dokumentation ist auf Verlangen der zuständigen Behörde vorzulegen.

Neben den Vorgaben zur Entsorgung sind auch für den Rückbau selbst und für die Rückbauplanung eine Reihe Normen und Richtlinien anzuwenden bzw. einzuhalten. Folgende Normen und Richtlinien sollten dabei betrachtet werden:

152

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

- ATV DIN 18459 – VOB C: Abbruch- und Rückbauarbeiten
- DIN 18007 – Abbrucharbeiten - Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche
- VDI 6210 – Abbruch von baulichen und technischen Anlagen

51
ATV DIN 18459

Während in der ATV DIN 18459 zwischen Abbruch und Rückbau unterschieden wird, werden die Vorgaben für die im Rückbau erforderlichen Arbeiten und einzusetzenden Verfahren und Maschinen in der DIN 18007 und der VDI-Richtlinie 6210 unter dem Überbegriff Abbruch zusammengefasst dargestellt, daher kommt es in den folgenden Absätzen zur Verwendung beider Begriffe, für die allerdings im Fall des vorliegenden Leitfadens immer der Rückbau und kein Abbruch gemeint ist.

ATV DIN 18459 – Abbruch und Rückbauarbeiten

Die Angaben der ATV DIN 18459 sind bei der Ausschreibung gemäß VOB als Vertragsbedingung für die Vergabe Rückbauarbeiten zusätzlich zu den ATV DIN 18299 (Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art) und weiteren zutreffenden ATV anzuwenden. Durch die ATV DIN 18459 wird für Rückbauvorhaben festgelegt, welche Angaben zur Baustelle und zur Ausführung in der Leistungsbeschreibung aufgeführt sein müssen. Außerdem werden konkrete Durchführungsvorgaben gemacht, die z.B. unvorhergesehene Ereignisse, die Behandlung von anfallendem Abwasser und Abfallstoffen oder das Fördern und Laden von Stoffen und Bauteilen regeln. Zusätzlich werden Angaben zu zulässigen Abweichungen, Nebenleistungen und zur Abrechnung getroffen.⁵¹

153

52 |
DIN 18007 |
53 |
VDI 6210 |
54 |
ebd. |

DIN 18007 – Abbrucharbeiten - Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche

In der DIN 18007 werden alle Begriffe definiert, die im Bereich der Abbruch- bzw. Rückbauarbeiten aufkommen.⁵²

VDI 6210 – Abbruch von baulichen und technischen Anlagen

In der VDI-Richtlinie 6210 werden Anforderungen für die am Rückbau beteiligten Akteure definiert. Dies umfasst Bauherrenaufgaben, Anforderungen an „Abbruchplaner“⁵³, Fachgutachter:innen und Rückbauunternehmen. Außerdem werden Vorgaben für die Planung (Einteilung in Leistungsstufen) und für die Ausführung des Abbruchs bzw. Rückbaus gemacht.⁵⁴

Die in der VDI 6210 aufgestellten Leistungsstufen für den Abbruch eines Gebäudes beschreiben den nach verschiedenen Arbeitsschritten gegliederten Ablauf eines Rückbauvorhabens von der Planung bis zur Fertigstellung mit den ihrer jeweiligen Stufe zugeordneten erforderlichen Leistungen. Eine Berücksichtigung dieser Stufen bei der Rückbauplanung wird empfohlen, im Folgenden werden allerdings zum Zwecke der Vereinfachung nur ausgewählte wichtige Anforderungen bei der Planung und Ausschreibung dargestellt, ohne dabei die Zuordnung zu der entsprechenden Leistungsstufe zu berücksichtigen.

Planungs- und Genehmigungsanforderungen

Die Planungs- und Genehmigungsanforderungen (in der VDI-Richtlinie 6210 als Bauherrenaufgaben beschrieben) umfassen unter anderem die Planungsverantwortung und die Entsorgungsverantwortung. Erstere beinhaltet u.a. die Erstellung von Abbruch- und Sicherheits-

154

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

plan, die Einholung erforderlicher z.B. bau- oder verkehrsrechtlicher Genehmigungen, die Erstellung einer Leistungsbeschreibung, die Vergabe der Leistungen und die Regelung von Vertragsdetails. In der Regel wird ein Großteil der Planungsverantwortung an Planungsbüros, Architekt:innen oder sonstige fachkundige Fachplaner:innen delegiert, da Bauherr:innen in Form von Privatpersonen in der Regel nicht die notwendige Fachkenntnis besitzen und nachweisen können.

Die zweite sogenannte Bauherrenaufgabe ist die Entsorgungsverantwortung, wonach die / der Bauherr:in als Erzeuger von Abfällen und ggf. auch Gefahrstoffen für deren ordnungsgemäße Verwertung oder Beseitigung verantwortlich ist. Dies ist mit Beendigung der Rückbaumaßnahme unter Beachtung der örtlichen Abfallsatzungen nachzuweisen. Darüber hinaus muss die / der Bauherr:in gewährleisten, dass die Medienfreiheit (Stilllegung von Wasser, Strom, Gas und Telekommunikation) vor Rückbaubeginn gegeben ist. Dafür sollte sich frühzeitig mit den lokalen Versorgungsunternehmen abgesprochen werden.

Schadstoffgutachten, Schadstoffentfernung

Eine maßgebliche Voraussetzung für die Planung des Rückbaus und für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses ist die Einschätzung des Bestands auf mögliche verbaute Schadstoffe. Ein dafür notwendiges Schadstoffgutachten sollte vor Beginn der Planung der Rückbauarbeiten erfolgen. Gegebenenfalls wurde dieses Gutachten schon im Rahmen der Bestandsuntersuchung (Kapitel 5) oder im Rahmen der Zulassung der wiederzuverwendenden Stahlbetonelemente (Kapitel 12) durchgeführt. Falls nicht, sollte dies nun spätestens an dieser Stelle im Projekt erfolgen.

155

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

55
 Bayrisches
 Landesamt für
 Umweltschutz:
 Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau,
 Kontaminierte Bausubstanz,
 2019.

Die wiederzuverwendenden Stahlbetonelemente sollten auf folgende Schadstoffe untersucht werden:⁵⁵

Schadstoff	Häufiges Vorkommen in...
Asbest	Brandschutzplatten, Wellplatten, Spachtelmassen, Kittungen, Pappen, Vliesen, Formteilen, Fugenfüllstoffen, Drähten, Kabeln, Dichtungen, Rohre, Anstrichen, Klebstoffen, etc.
Künstliche Mineralfasern (KMF)	Dämmstoffen (bis ca. Herstellungsjahr 2000, neuere Dämmstoffe sind nicht schädigend)
Ölige Holzschutzmittel (Chlor-naphthaline, PCP, Lindan, DDT, TBT, Chlorthalonil, Endosulfan, Teeröle und Teerölpräparate, Carbolineen, Salzbasierte Holzschutzmittel (Quecksilber, Arsen, Bor, Chrom, Fluorid, Kupfer, Zink)	Holzbauteilen (Dachstühle, Deckenbalken, etc.)

156

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Fugenmassen, Lacken u. Farben, Verguss- und Spachtelmassen, Kabelummantelungen, Hydraulik- und Schalölen
Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Teer- und pechhaltigen Klebstoffen, Asphalt, Dachbahnen und -pappen, Bitumenpräparaten zum Bautenschutz, Holzschutzmittel auf Teerbasis, Fugenvergussmittel, etc.
Metalle (Blei, Cadmium, Chrom, Zink, Quecksilber)	Farben und Lacken, Elektrospeicherheizgeräten
Nutzungsbedingte Belastungen (diverse Schadstoffe)	allen Bauteilen, die durch eine Nutzung unter Verwendung von Gefahrstoffen kontaminiert sein könnten
Biologisch bedingte Belastungen (Salmonellen, Bakterien, Chlamydien, Kryptokokken, Taubenzecke, Schimmel)	leerstehenden Gebäude oder Gebäudeteile, die durch Tiere (z.B. Tauben) befallen sind oder bei denen es durch Feuchteintrag zu einer Schimmelbildung kommt

157

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

56
Deutscher
Abbruchverband:
Hilfestellung
Abbruchstatik,
2017.

Je nach Ergebnis des Schadstoffgutachtens, muss eine ordnungsgemäße Entfernung und Entsorgung der Schadstoffe durchgeführt werden. Dies sollte in der Regel vor den eigentlichen Rückbaumaßnahmen erfolgen, um die notwendigen Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Handhabung von Gefahrstoffen einhalten zu können. Bei der Entfernung der Schad- bzw. Gefahrstoffe müssen alle technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) berücksichtigt werden und die fachgerechte Entsorgung der Schadstoffe bzw. Schadstoffhaltigen Bauteile muss dokumentiert werden.

Abbruchstatik / Rückbau- und Statikkonzept

Neben der Vermeidung der Gefährdung der Umwelt durch Schadstoffe ist auch die Gefährdung der am Rückbau beteiligten, der umgebenden Bebauung und der Nachbarschaft durch einen unsachgemäßen und unsicheren Rückbau zu vermeiden. Eine Maßnahme dafür ist die sogenannte Abbruchstatik, deren Hauptaufgabe es ist, durch die Darlegung des Rückbaukonzepts und ggf. zusätzlich notwendiger statischer Berechnungen ein „unkontrolliertes Versagen einer baulichen oder technischen Anlage [...] zu verhindern“.⁵⁶ Im Rückbaukonzept muss der Ablauf der Rückbaumaßnahme festgelegt werden. Darin muss dargestellt werden, in welcher Reihenfolge Schnitte in der Struktur vorgenommen werden und wie die Elemente nacheinander aus der Struktur entnommen werden. Wie detailliert die Abbruchstatik sein muss, bzw. ob ein sogenanntes Abbruchkonzept notwendig ist, in dem die Einhaltung statischer Sicherheit dargelegt werden kann, hängt von der Größe des rückzubauenden Objekts ab. So sind rechnerische Nachweise der Standsicherheit in der Regel nicht erforderlich für verfahrensfreie Anlagen (nach der jeweiligen Landesbauordnung), für eingeschossige

158

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

Anlagen ohne angrenzende kraftschlüssig verbundene Bebauung und in einigen Fällen auch für mehrgeschossige freistehende Anlagen. Für alle anderen Objekte und für Rückbauvorhaben bei denen tragende Elemente verändert oder entfernt werden, ist ein Standsicherheitsnachweise als Abbruchstatik zu erbringen. Ob dieser von der / vom Bauherr:in zu erbringen ist oder vom Rückbauunternehmen ist davon abhängig ob der statisch relevante Eingriff von der Bauherrenseite vorgegeben ist oder ob er durch das Abbruch-/Rückbauverfahren verursacht wird.⁵⁷ Eine detaillierte Auflistung der Anforderungen für die Abbruchstatik ist in der „Hilfestellung Abbruchstatik“ vom Deutschen Abbruchverband e.V. im Anhang A zu finden.

57

Deutscher
Abbruchverband:
Hilfestellung
Abbruchstatik,
2017.

Das Rückbaukonzept, das als Grundlage der Abbruchstatik erarbeitet wurde, kann im nächsten Schritt für die Erarbeitung eines Zeitplanes verwendet werden. Anhand des Zeitplanes können Termine festgelegt, die Standzeit des Krans und Mietdauern von benötigten Maschinen und der Baustelleneinrichtung kalkuliert werden. In der Regel sollte für einen Rückbau mit dem Ziel der Wiederverwendung von Stahlbetonelementen folgende Ausstattung vorhanden sein:

Baustelleneinrichtung

- ggf. Baustellenstraße (Voraussetzung der Erreichbarkeit des Bauplatzes durch Mobilkran und LKW)
- Bauzaun
- Gerüst
- Temporäre Absturzsicherungen
- Container
- Baustellentoilette

159

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

- ggf. Bürocontainer

Maschinen

- Mobilkran (üblicherweise) oder Turmdrehkran (selten, wegen begrenzter Tragfähigkeit und Mobilität)
- Handmaschinen für den Rückbau von Einbauten und für die Herstellung von Anschlagpunkten für den Kran
- Betonsäge (Kreis oder Seilsäge)

Für die Zerlegung der Stahlbetonrohbaustuktur in wiederverwendbare Elemente müssen Betonsägearbeiten durchgeführt werden. So können stückweise Elemente aus dem Bestand den Kran angeschlagen und dann aus dem Bestand gehoben werden. Anschließend müssen die Elemente zum Zwischenlager (siehe Kapitel 19) transportiert werden. Folgende Hinweise, Regelungen und Vorschriften sind bei diesen Arbeitsschritten zu beachten:

Betonsägearbeiten

Für die Beschreibung dieser Leistungen sollte das „Regelwerk für die Leistungsbeschreibung, Ausführung und Abrechnung von Betonbohren, Betonschneiden, Spalten und Pressen“ des Fachverbands Betonbohren und -sägen Deutschland e.V. beachtet werden. So müssen beispielsweise die Schnittlängen und -tiefen und das zu schneidende Bauteil angegeben werden. Außerdem müssen Arbeitshöhen und Raumhöhen oder ggf. das Arbeiten über Kopf in der Leistungsbeschreibung aufgeführt werden. Als mögliche einzusetzende Verfahren bieten sich das Wandsägen (Schnittiefen bis ca. 50cm), das Bodensägen bzw. Fugenschneiden (Schnittiefen bis ca. 50cm), das Seilsä-

20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

gen (Schnittiefen von 0,4m – 5m) oder das Kettensägen (Schnittiefen bis ca. 30cm) an. Die Auswahl des Sägeverfahrens sollte im Regelfall beim auszuführenden Unternehmer liegen. Die Kosten für die Betonsägearbeiten liegen laut BKI (Stand 2.Q 2023, Bundesdurchschnitt) für einen Meter Sägeschnitt bei 183 Euro für Schnittiefen bis 43cm und bei 389 Euro für Schnittiefen bis 90cm.

Anschlagen und Heben der Elemente

Für das Heben der freigesägten Elemente können geeignete Ketten, Riemen, Bänder oder Seile eingesetzt werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Elemente nicht beschädigt werden. Gegebenenfalls müssen Hilfskonstruktionen oder Bohrungen erstellt werden, damit eine gleichmäßige Lastverteilung gegeben ist. Neben den generell für den Rückbau und die eingesetzten Maschinen und Geräte geltenden Betriebssicherheitsverordnung und der Arbeitsstättenverordnung müssen die Hinweise für das sichere Anschlagen von Lasten (BG Bau Baustein 164) beachtet werden. Zusätzlich gilt die DGUV-Regel 109-017 „Betreiben von Lastaufnahmemitteln und Anschlagmitteln im Hebezeugbetrieb“. Durch die Beachtung dieser Vorschriften, Hinweise und Regelungen kann sichergestellt werden, dass die Elemente sicher auf einen bereitstehenden Tieflader oder zum vorgesehenen temporären Abstellort gehoben werden können.

Transport der Elemente

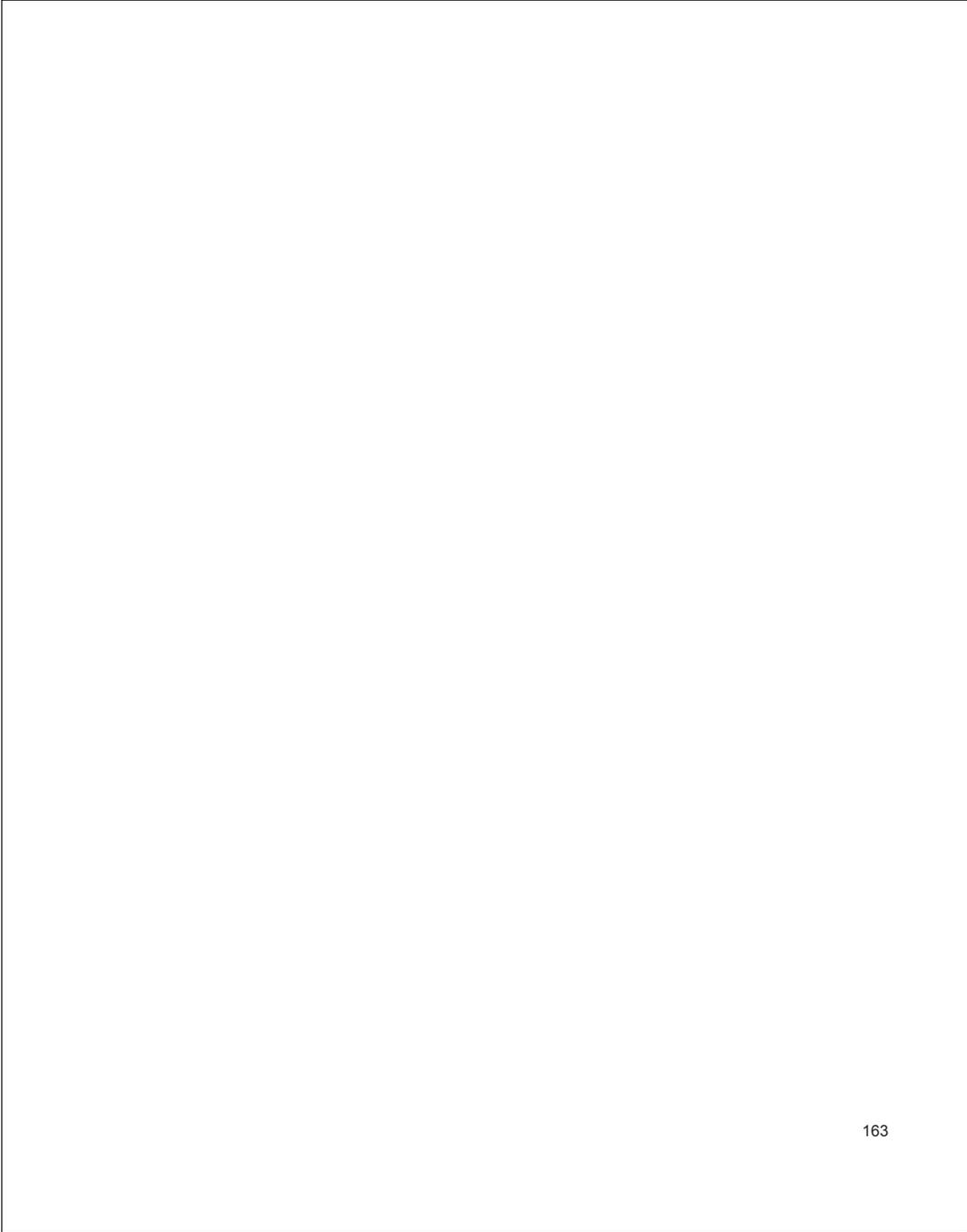
Für den Transport der Elemente muss beachtet werden, dass die geltenden Regelungen des Zuladungsgewichts und der Zuladungsabmaße nicht überschritten werden. Dies sollte durch die in der Zuschnittplanung (Kapitel 7) getroffenen Vorkehrungen abgesichert sein. Für

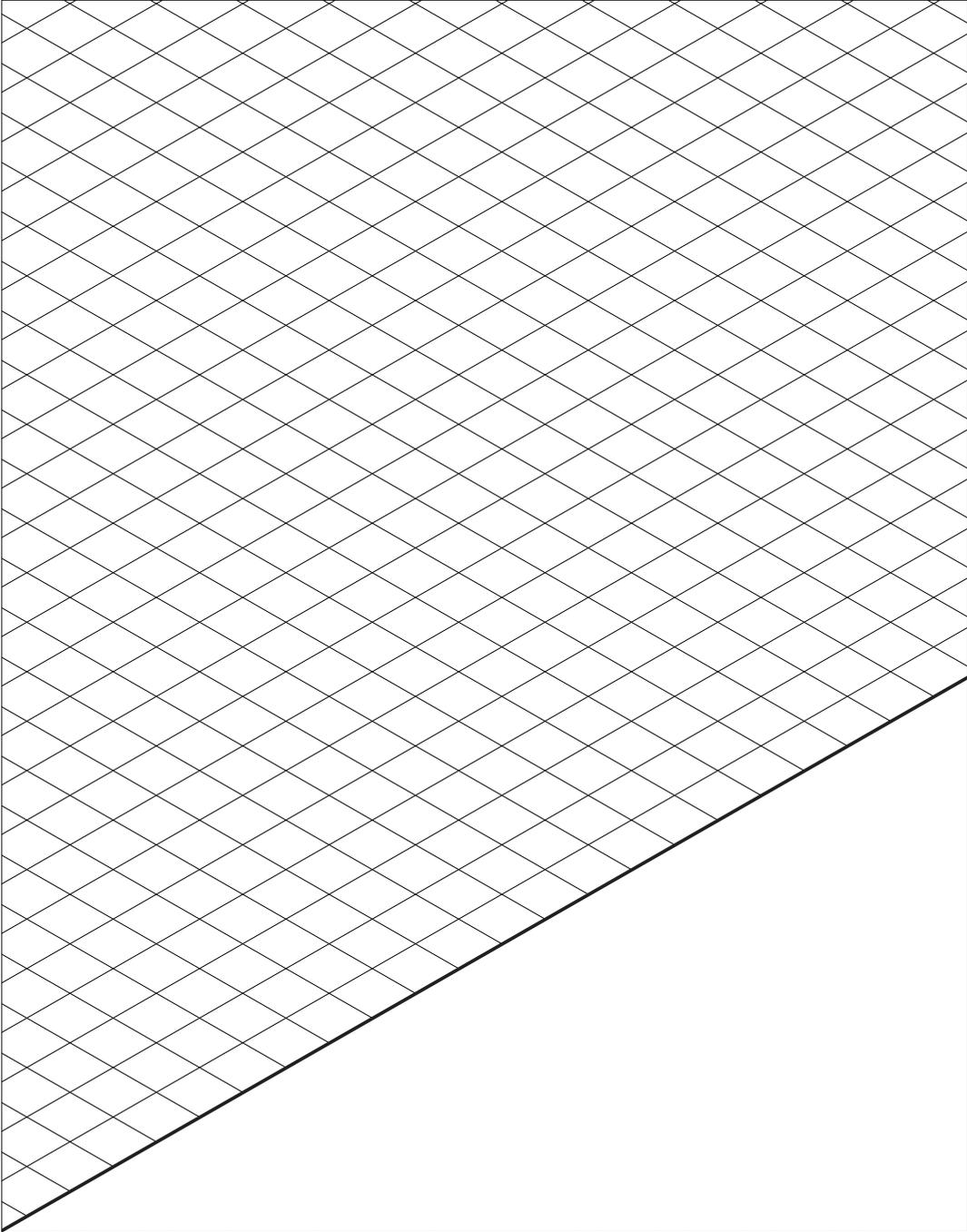
161

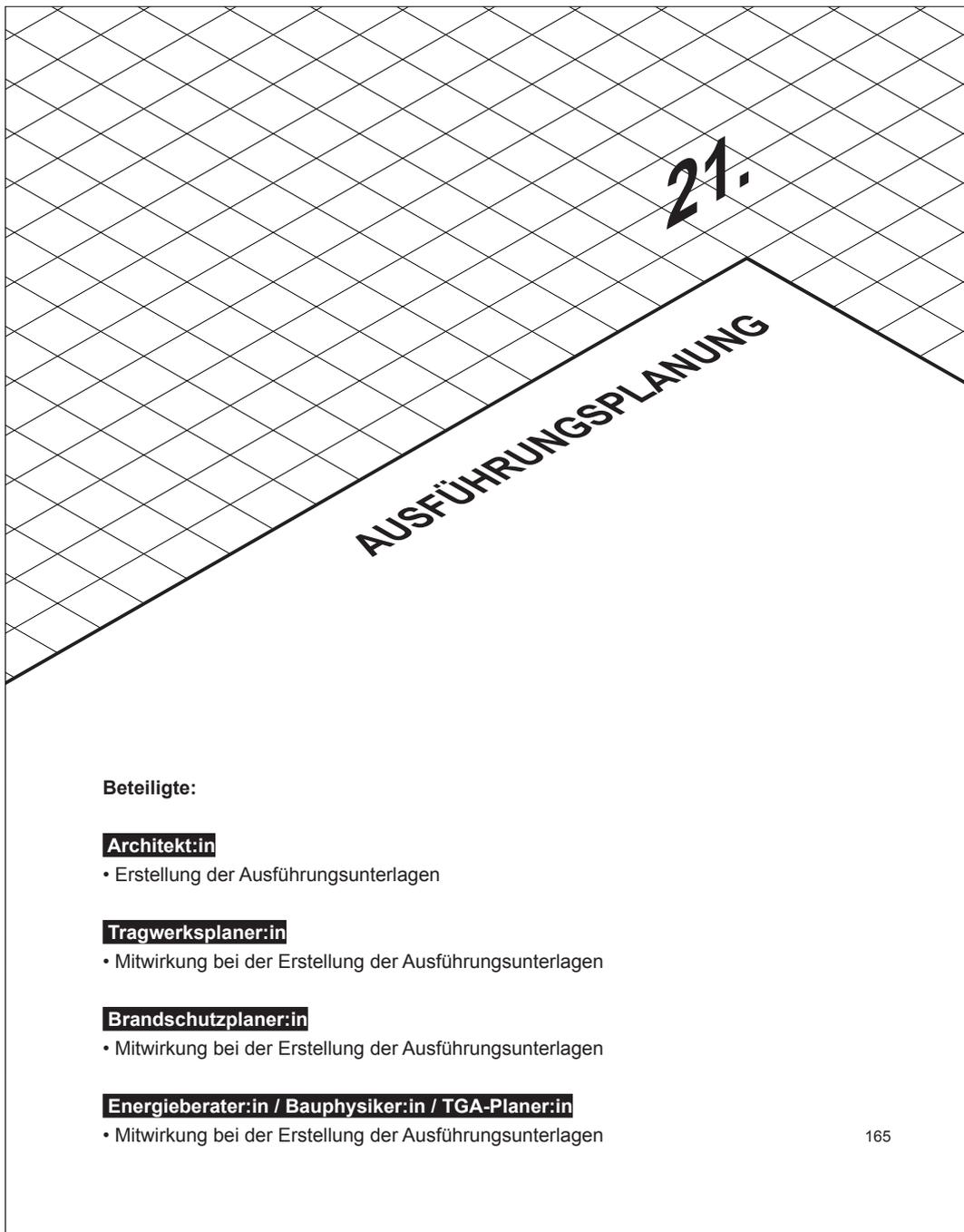
20. PLANUNG UND AUSSCHREIBUNG RÜCKBAU

Transporte mit einer Breite bis 2,55 m, einer Höhe bis 4 m, einer Länge (inkl. Sattelzug) bis 18,75 m und einem Gesamtgewicht bis 44 t bedarf es gemäß §32 der StVZO keiner Sondergenehmigung. Für höhere Maße und Gewichte wird eine Sondergenehmigung notwendig, dabei ist es in der Regel üblich, dass Transportunternehmen sogenannte Dauerausnahmegenehmigungen für Transporte bis 3 m Breite besitzen. Alle breiteren Transporte benötigen einer spezifischen Sondergenehmigung. Somit ergeben sich drei Stufen bei der Regelung des Transports, die sich so auch in den Kosten widerspiegeln. Transporte bis 2,5 m Breite, sind am günstigsten. Solche bis 3 m Breite etwas teurer und Transporte mit einer Breite von mehr als 3m sind am teuersten. Die Kosten für einen regulären Transport (B bis 2,5 m) beträgt, wie im Kapitel 7 beschrieben, zurzeit ca. 0,43 Euro pro Tonne und Kilometer.

Es empfiehlt sich, sowohl den ersten Transport der Elemente vom Rückbau zum Zwischenlager als auch den zweiten Transport vom Zwischenlager zur Neubaubaustelle in die Ausschreibung des Rückbaus zu integrieren. Dadurch ist sichergestellt, dass beide Transportwege einschließlich ihrer Ladevorgänge von einer einzigen Firma übernommen werden, die sich mit der Aufgabe ausreichend auseinandersetzen können und somit die Gefahr von eventuellen Beschädigungen reduziert werden kann.







21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG

Die Ausführungsplanung ist die Leistungsphase 5 gemäß HOAI. In dieser Phase im Projekt wird die Konstruktion des zu errichtenden Gebäudes auf Grundlage der Entwurfs- und Genehmigungsplanung detailliert erarbeitet und spezifische Materialien, Produkte oder Bauweisen werden endgültig festgelegt. Dies bedeutet, dass durch die oder den Architekt:in die Ausführungspläne und Konstruktionsdetails erstellt werden, die die ausführenden Bauunternehmen zur Kostenkalkulation der Leistungen und zur tatsächlichen Umsetzung der Bauaufgaben befähigen.

An dieser Stelle im Projekt sollte auch ein erster Termin- bzw. Bauablaufplan erarbeitet werden, welche im Rahmen der Ausschreibung und Vergabe weiter konkretisiert werden kann.

In der nachfolgenden Tabelle wird eine Übersicht von notwendigen Bauteilen eines Gebäudes aufgelistet und eventuelle Besonderheiten geordnet, die sich aus der Bauweise mit wiederverwendeten Stahlbetonelementen ergeben.

Abschnitt	Bauteil	Besonderheiten durch Einsatz wiederverwendeter Stahlbetonelemente
Rohbau	Gründung (Fundamente, Plattengründung)	individuelle Anschlussdetails an angrenzende Bauteile (Bodenplatte, Wände, Stützen) müssen geplant werden

166

21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG

Rohbau (Fortsetzung)	vertikale tragende Elemente (Wände, Stützen)	individuelle Anschlussdetails an angrenzende Bauteile (Bo- denplatte, Decken) müssen geplant werden
	horizontale tragende Elemente (Bodenplatte, Decken, Dach)	individuelle Anschlussdetails an angrenzende Bauteile (Wände, Stützen) müssen geplant werden ggf. Ertüchtigung zur Erfüllung des Schallschutzes notwendig
	Aussteifung	ggf. müssen neue aussteifen- de Elemente errichtet werden, um die wiederverwendeten Stahlbetonelemente auszu- steifen
Außenhülle	Thermische Hülle	entsprechend den Bauteilvor- gaben gemäß den Anforde- rungen zur Energieeinsparung (Kapitel 16) zu erstellen
	Fassade	keine Besonderheiten, Ausführung wie konventioneller Neubau
	Fenster und Außentüren	keine Besonderheiten, Ausführung wie konventioneller Neubau

167

21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG

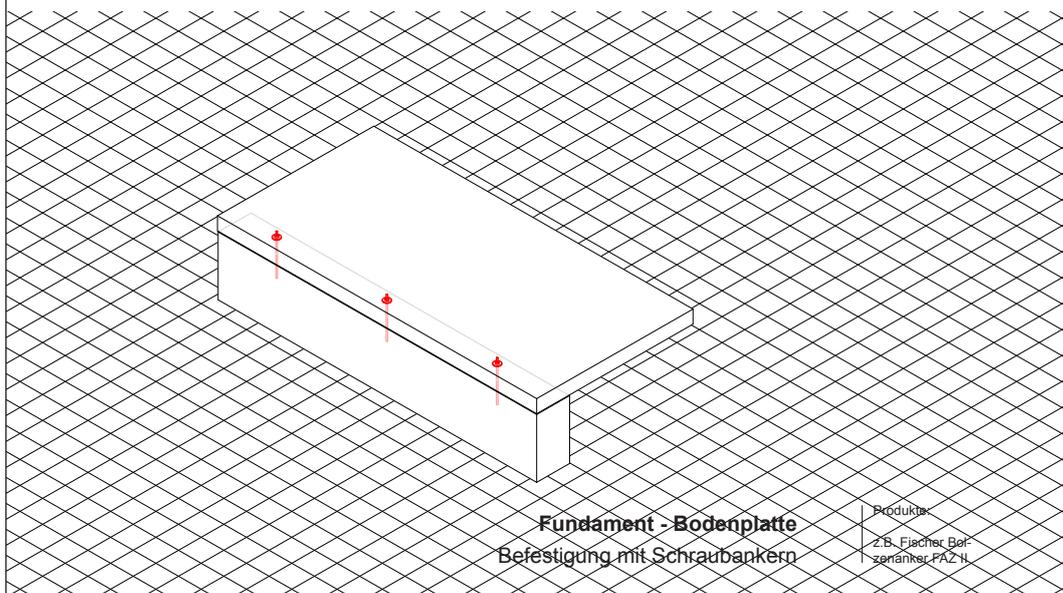
Außenhülle (Fortsetzung)	Dach	Dachkonstruktion abhängig von Dachform, die ggf. von wiederverwendeten Elementen beeinflusst ist
Ausbau Innen	Fußboden	keine Besonderheiten, Ausführung wie konventioneller Neubau
	Innentüren	
	Wand- und Deckenbekleidungen	
Technische Gebäudeausrüstung	Elektroinstallationen	ggf. sind Kernbohrungen oder Öffnungen in wiederverwendete Stahlbetonelemente herzustellen für Kabeldurchführungen
	Wasseranlagen	
	Sanitäranlagen	
	Wärmeerzeugung und -versorgung	

168

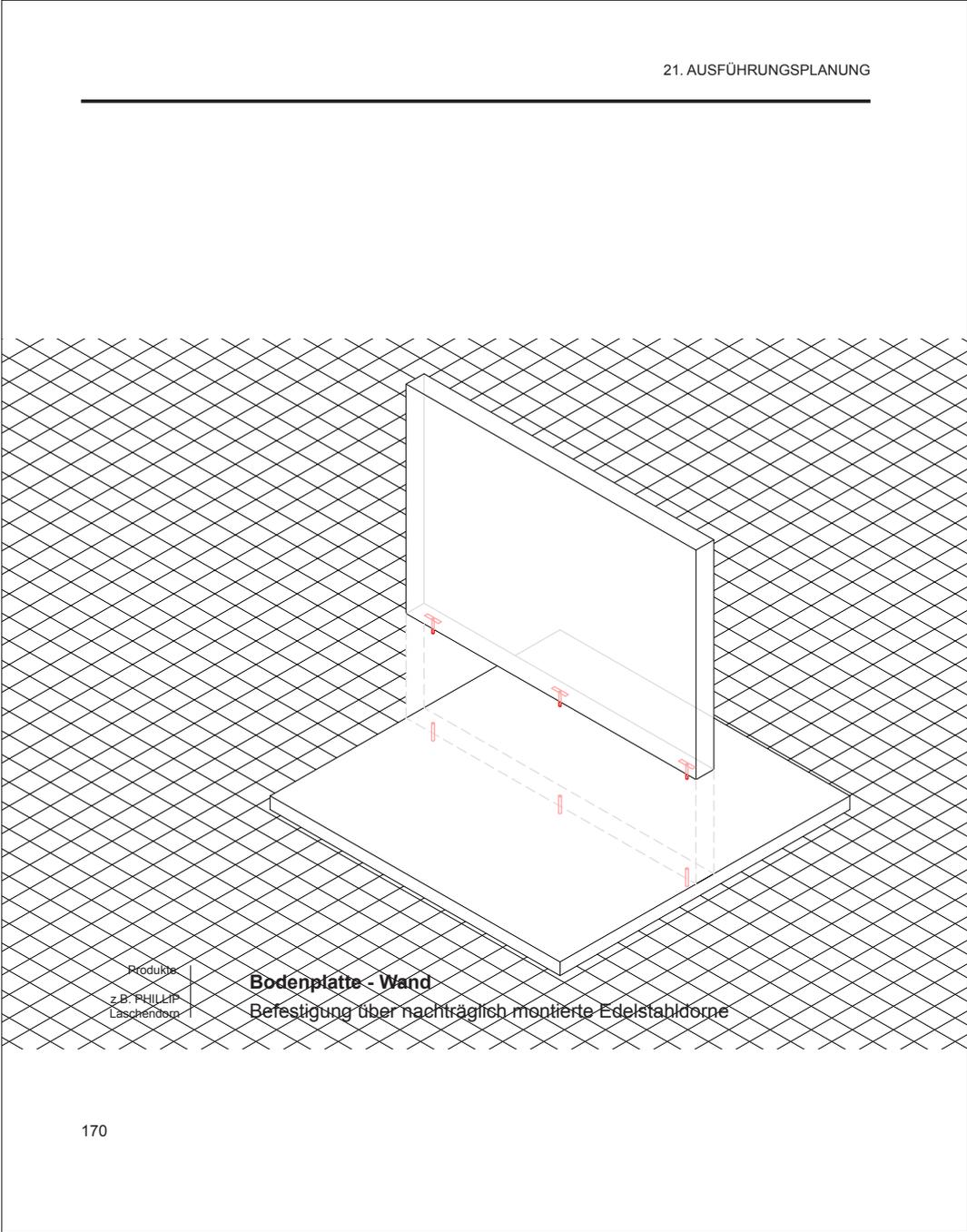
21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG

Anschlüsse und Verbinder

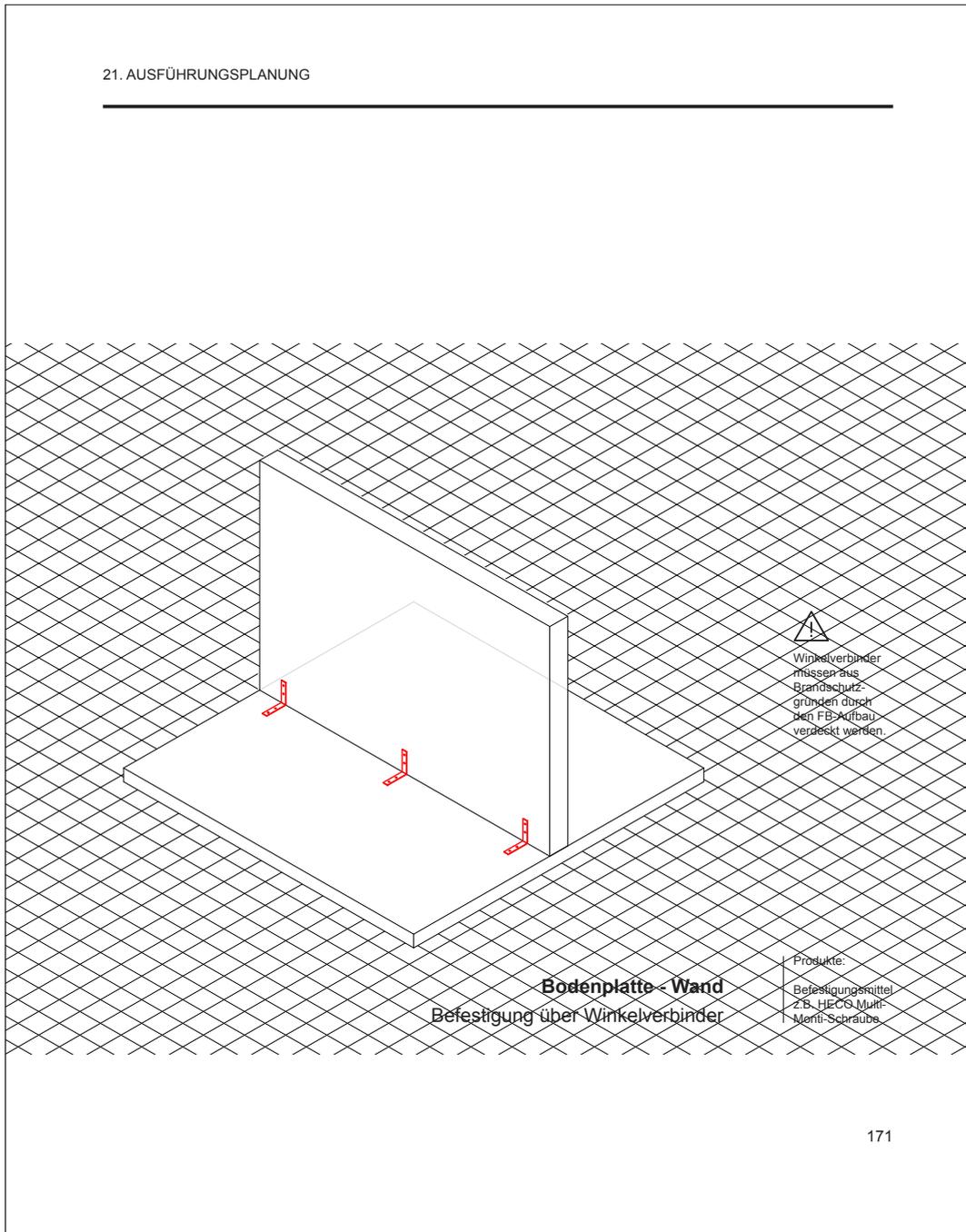
Im Folgenden werden eine Reihe von üblicherweise auftretenden Anschlüssen und mögliche dafür zu verwendende Verbinder aufgelistet.



169



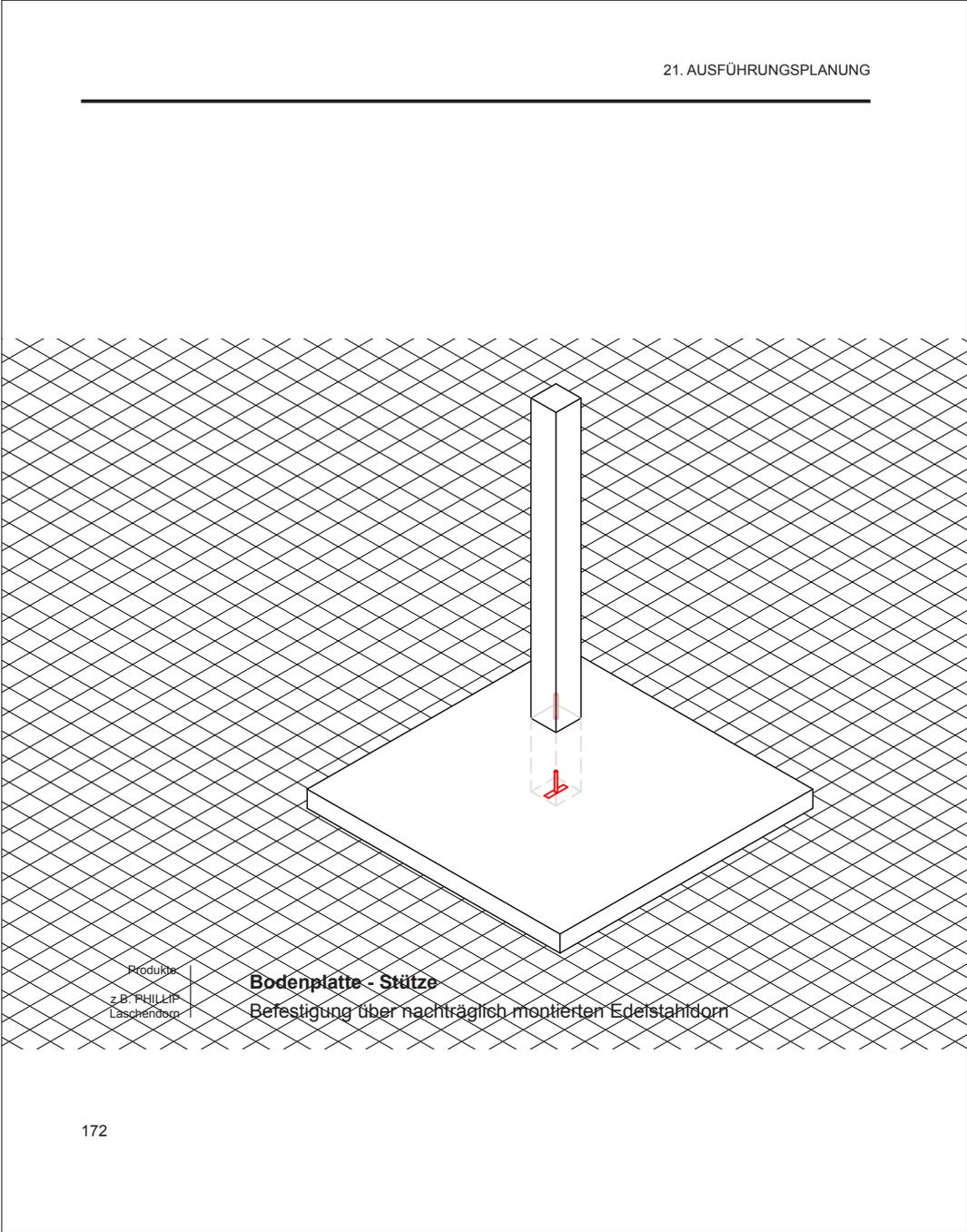
21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG



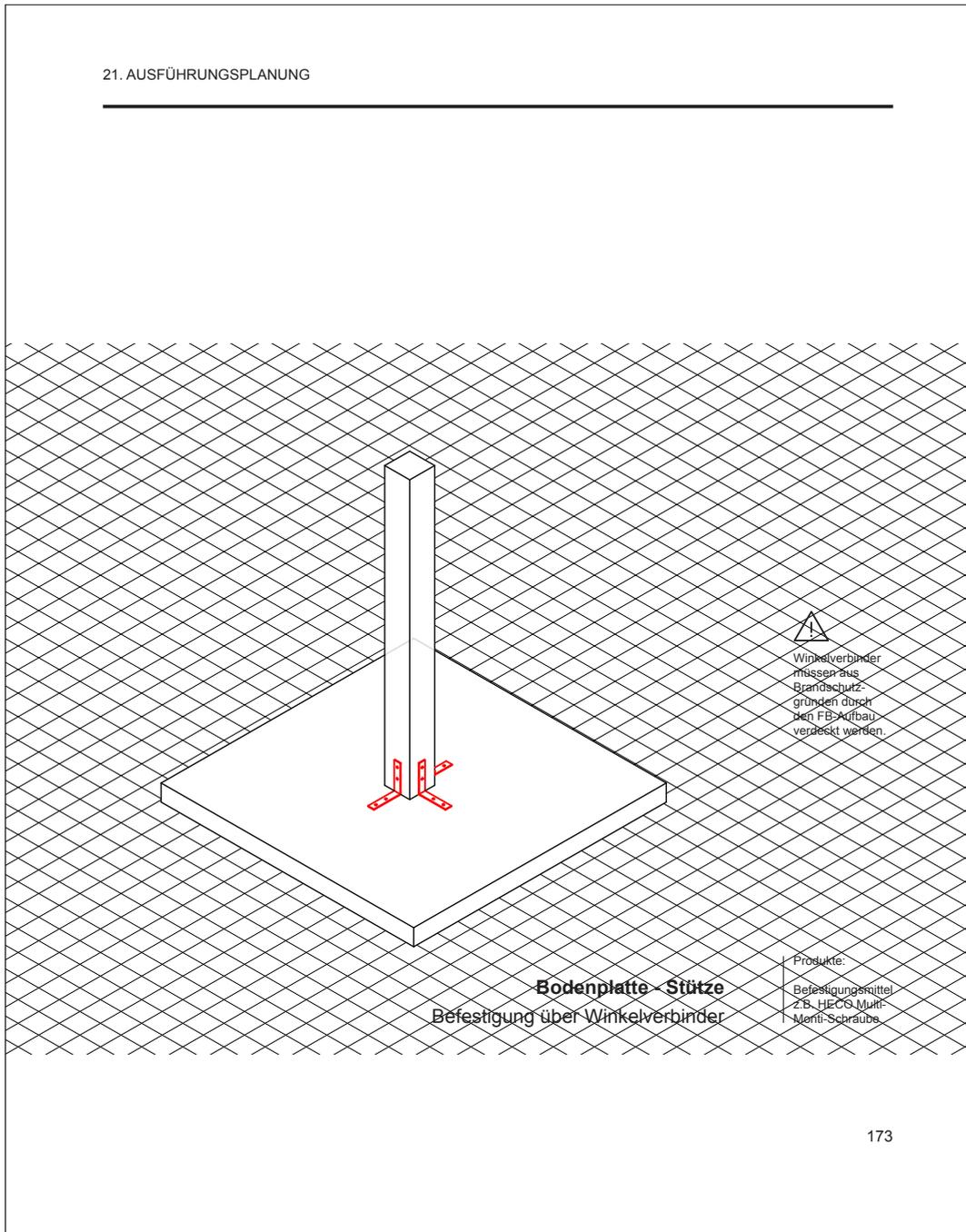
Winkelverbinder
müssen aus
Brandschutz-
gründen durch
den FB-Aufbau
verdeckt werden.

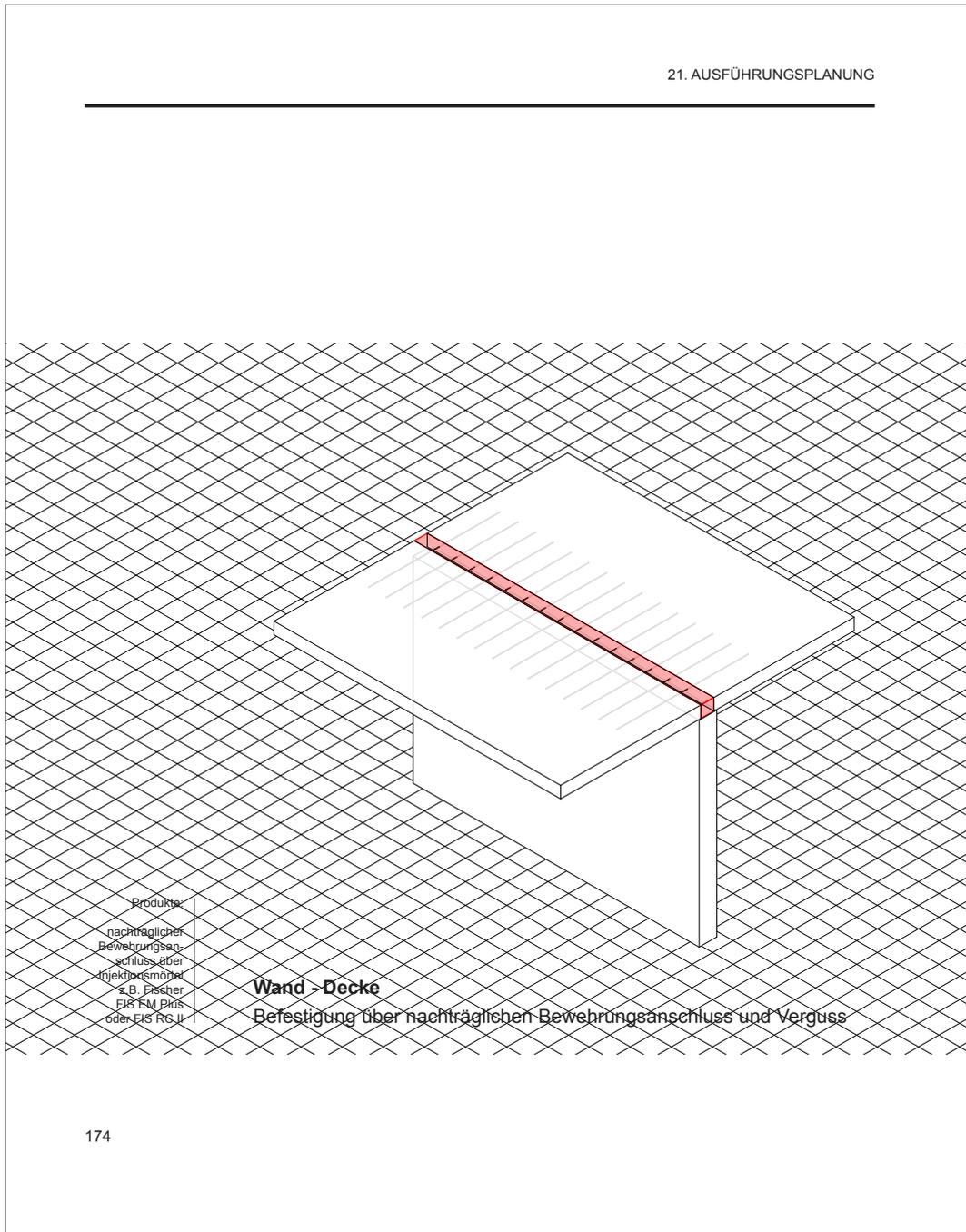
Bodenplatte - Wand
Befestigung über Winkelverbinder

Produkte:
Befestigungsmittel
z.B. HECO Multi-
Mentl-Schraube

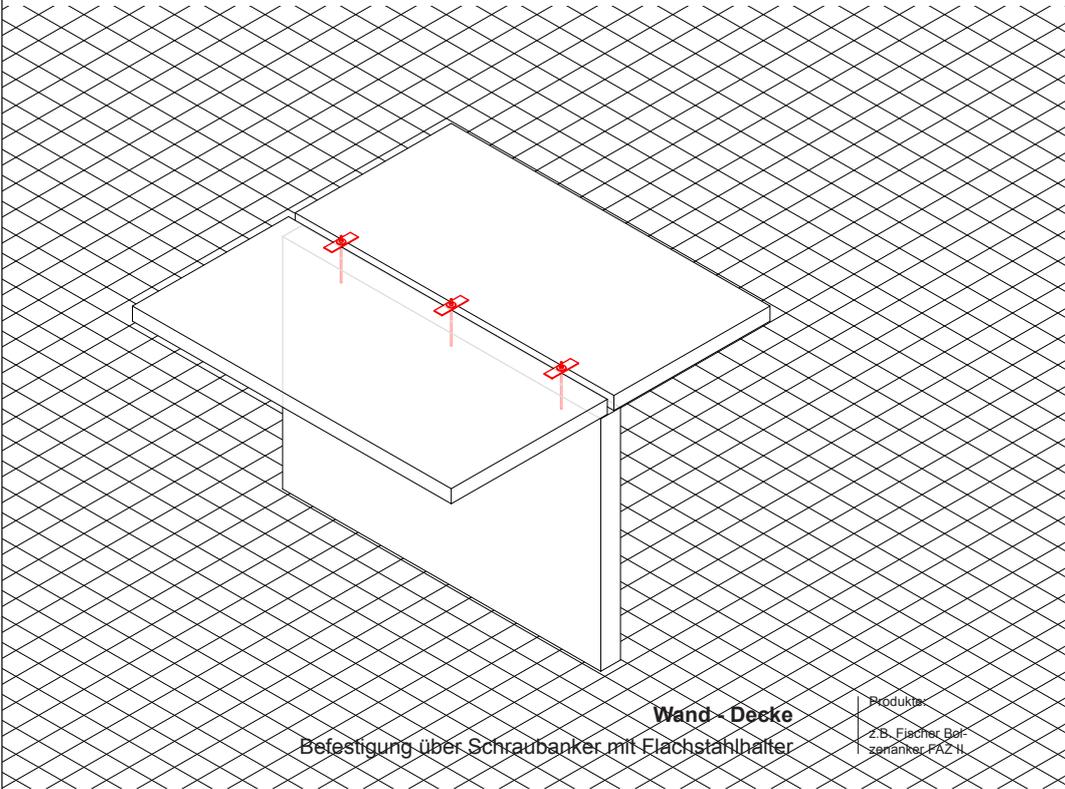


21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG



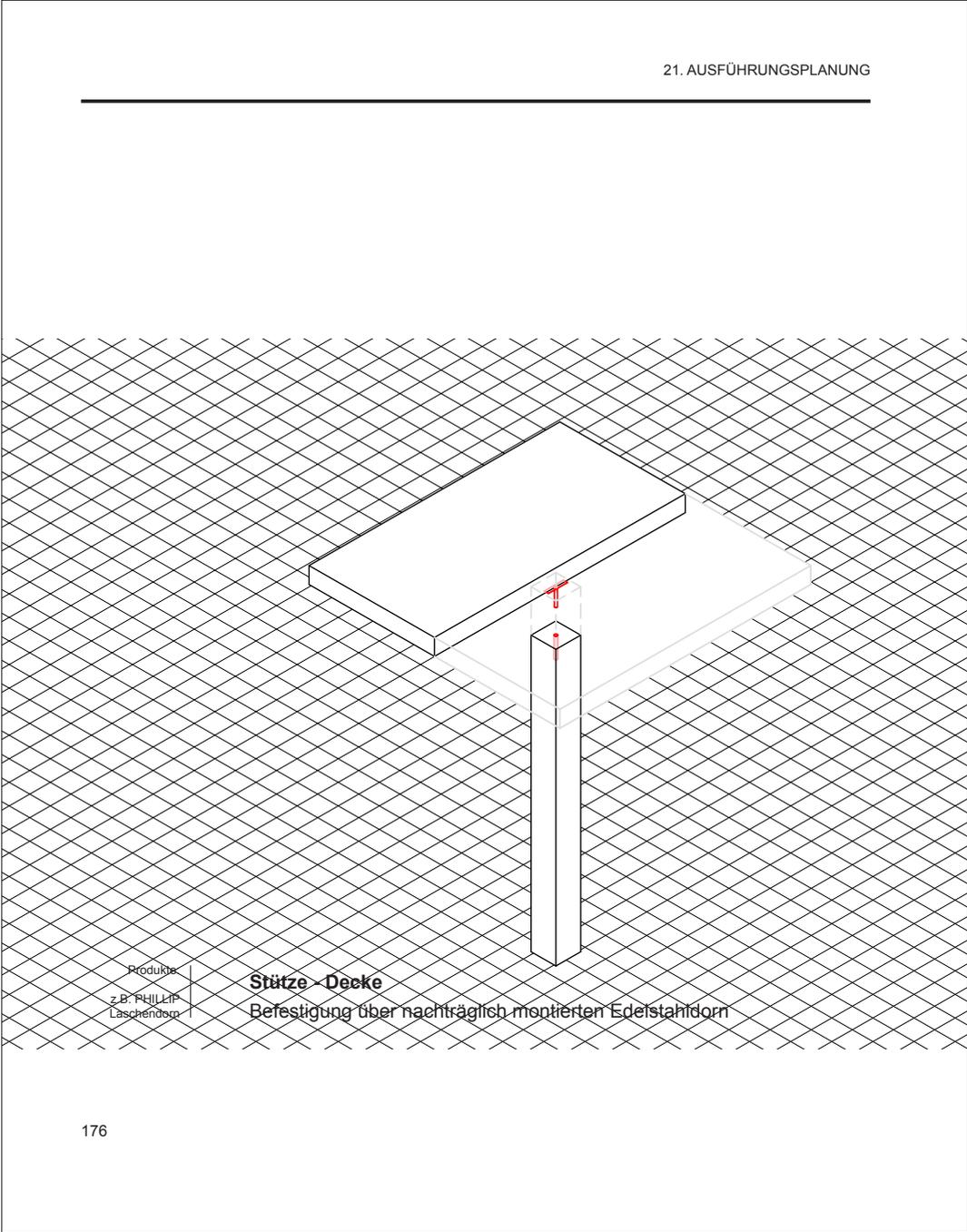


21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG

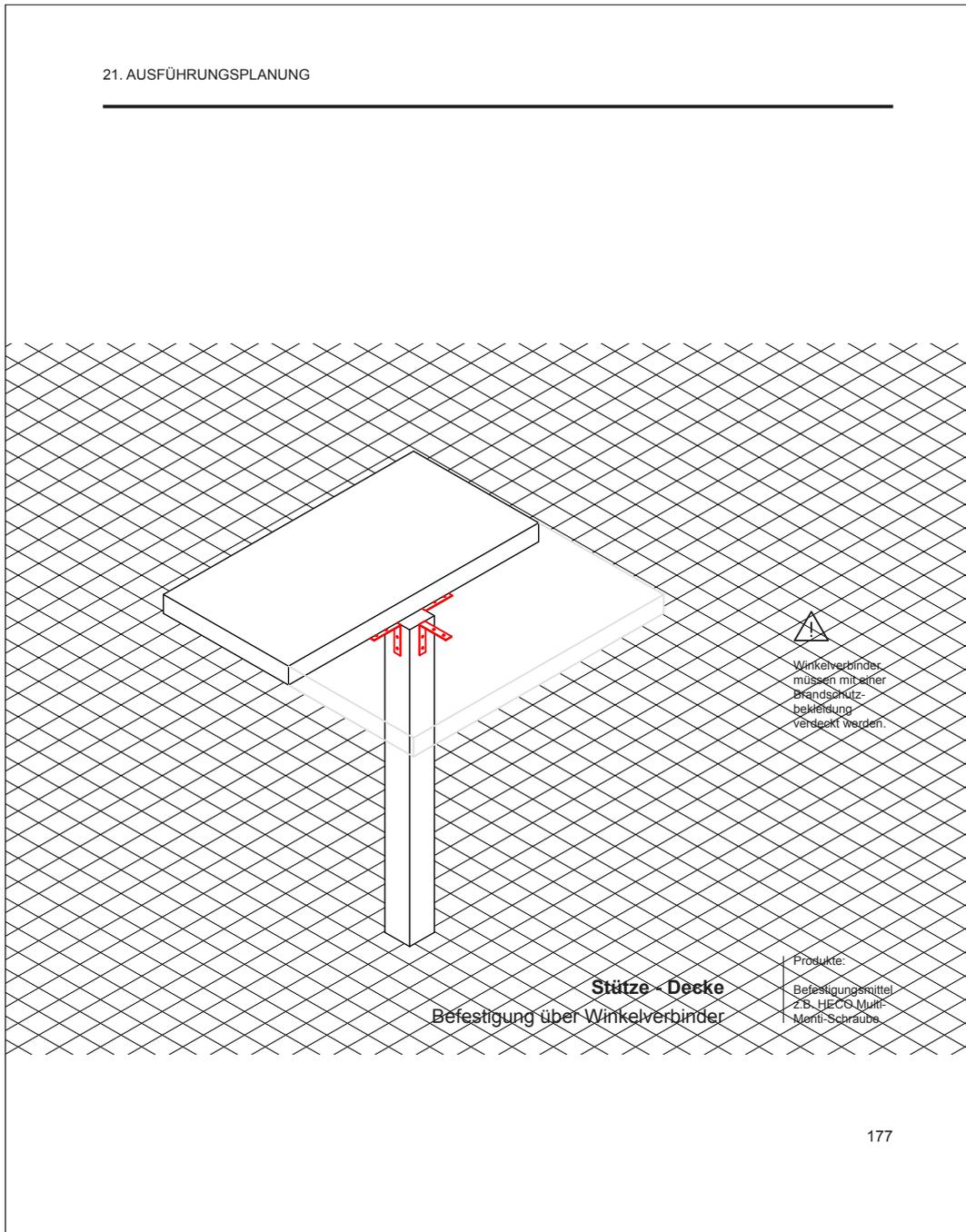


Wand-Decke
Befestigung über Schraubanker mit Flachstahlhalter

Produkte:
z.B. Fischer Befestiger FAZ H



21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG

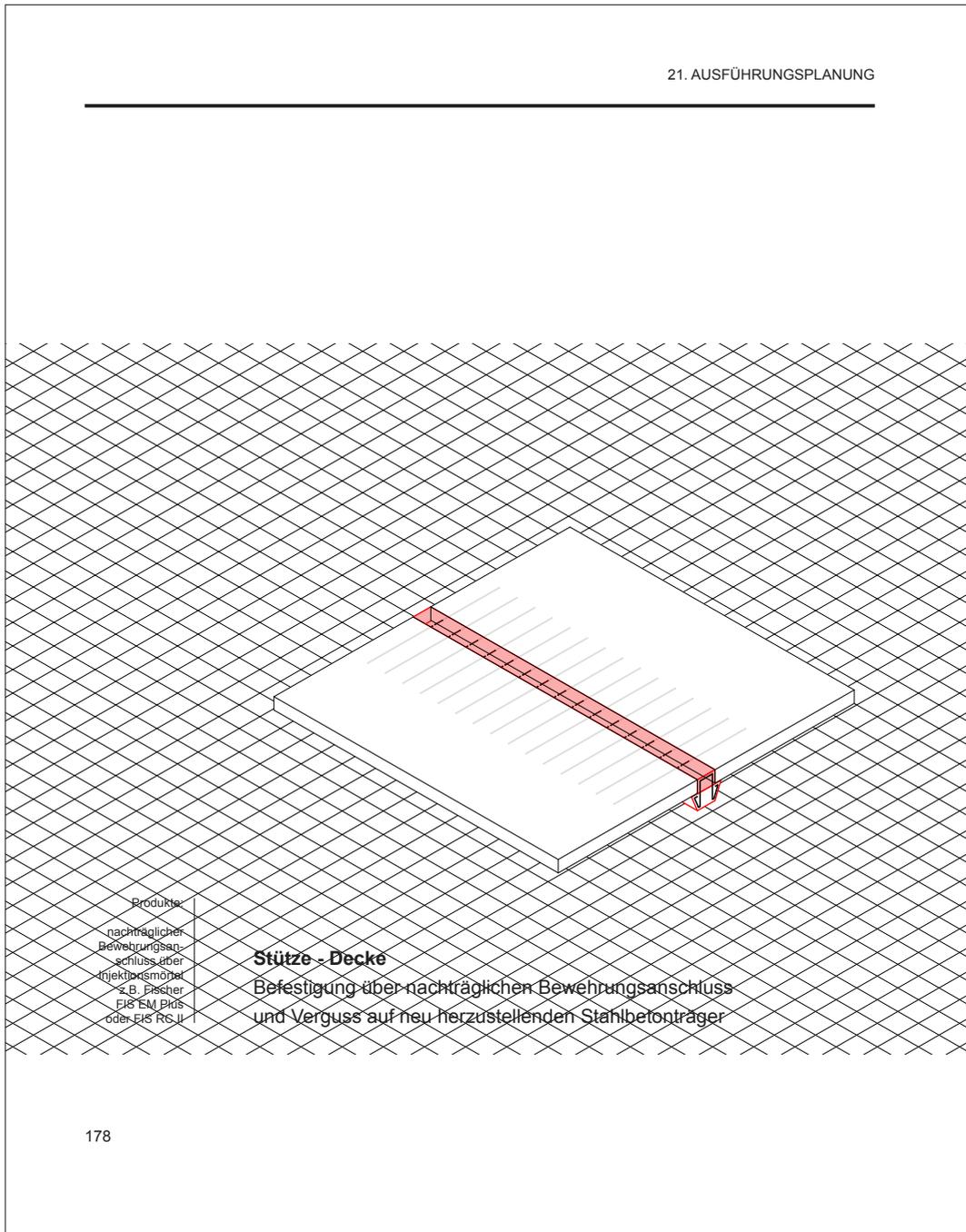


Winkelverbinder
müssen mit einer
Brandschutz-
bekleidung
verdeckt werden.

Stütze-Decke
Befestigung über Winkelverbinder

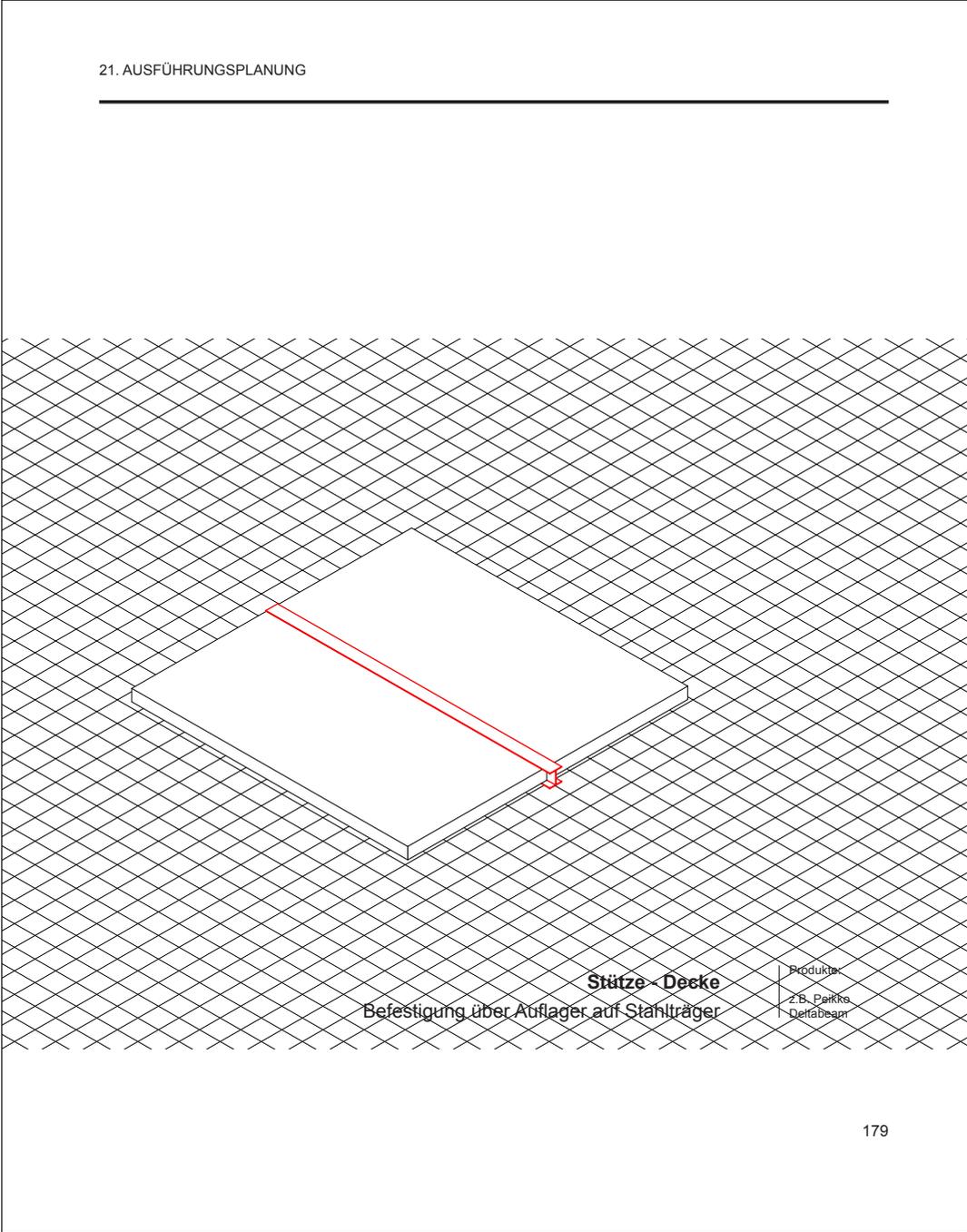
Produkte:
Befestigungsmittel
z.B. HECO Multi-
Ment-Schraube

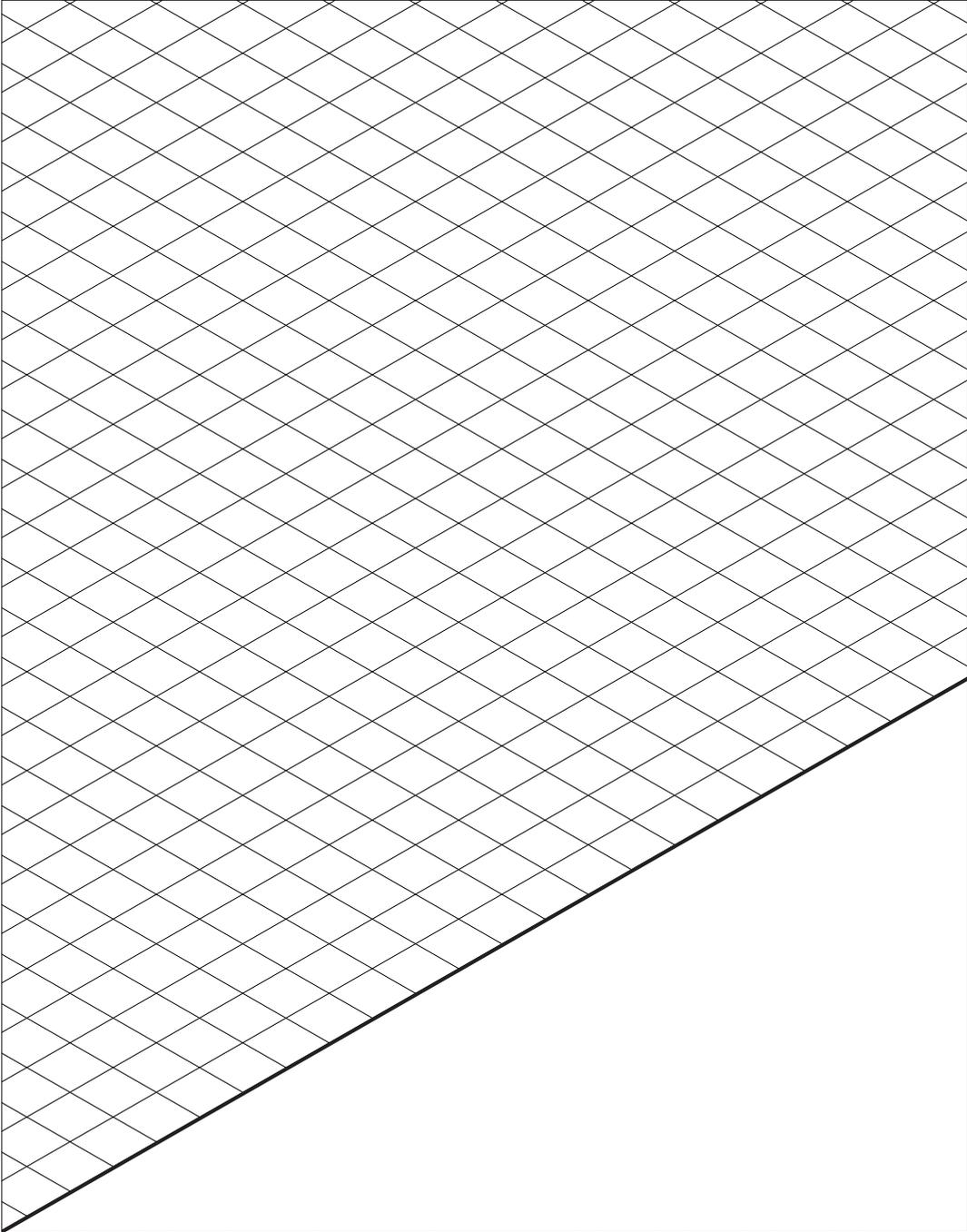
21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG



178

21. AUSFÜHRUNGSPLANUNG





22.

AUSSCHREIBUNG NEUBAU

Beteiligte:

Architekt:in

- Erstellung der Ausschreibungsunterlagen

Bauherr:in Neubau

- Abstimmung des Terminplans

Anwalt / Anwältin für Baurecht

- Beratung zu rechtlichen Bestimmungen der Ausschreibung

181

22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU

58
Rösel, Busch:
AVA-Handbuch,
2008.

Die Ausschreibung der Neubauleistungen ist Teil der Leistungsphase 6 (Vorbereitung der Vergabe) gemäß HOAI. Die Aufgaben in dieser Phase beinhalten das Aufstellen eines Vergabeterminplans, das Aufstellen von Leistungsverzeichnissen mit Leistungsbeschreibungen aller Arbeiten inklusive einer Mengenaufstellung sowie die Durchführung einer Kostenermittlung zur Überprüfung der ursprünglichen Kostenschätzung aus früheren Projektphasen.

Die zu erstellenden Ausschreibungsunterlagen gliedern sich in der Regel in Vorbemerkungen und Leistungsbeschreibung. In den Vorbemerkungen werden allgemeine Angaben zum Bauvorhaben, zur Baustellensituation und zum Zeitraum aber auch vertragliche Bestimmungen und rechtliche Grundlagen beschrieben. Die Leistungsbeschreibung stellt tabellarisch die zu erbringenden Leistungen inklusive der Mengen in üblichen Einheiten (m, m², Stück, etc.) dar.

Als Bestandteil der Vorbemerkungen muss entschieden werden, ob die Bestimmungen der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) angewendet werden sollen oder ob sich beim Bauvertrag (Beauftragung der Leistung) auf das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB) berufen werden soll. Während BGB-Bauverträge wegen der geringeren rechtlichen Komplexität im Vergleich zur VOB eher für kleine und private Bauvorhaben empfohlen werden, sollten große Projekte und müssen solche von öffentlichen Auftraggebern nach den Bestimmungen der VOB geregelt sein. Da bei der Erstellung der Vorbemerkungen der Ausschreibung rechtliche Feinheiten zum Tragen kommen, sollten sich die oder der Bauherr:in und die oder der Architekt:in von einer Anwältin oder einem Anwalt zum Baurecht beraten lassen.⁵⁸ Der entscheidende Punkt, bei dem sich

182

22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU

das Bauen mit wiederverwendeten Stahlbetonelementen von konventionellen Bauvorhaben unterscheidet, ist die Übernahme der Gewährleistung für den Einbau der gebrauchten Elemente.

59
gemäß VOB

60
gemäß BGB

Gewährleistung

Da im Regelfall die oder der Auftragnehmer:in (AN) noch vier⁵⁹ oder fünf Jahre⁶⁰ nach Abnahme der Bauleistung für Mängel am Bauwerk haftet, hat diese:r größtes Interesse Bauprodukte zu verwenden, deren Qualität nachweislich gesichert ist. Dies ist bei neuen Produkten durch die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ), durch ergänzende Prüfzeugnisse und durch die Anwendung der EU-Bauproduktenverordnung (CE-Kennzeichnung) gegeben, wodurch sich die Bauunternehmen bei der Verwendung dieser Produkte absichern können. Bei gebrauchten Stahlbetonelementen gibt es diese allgemeinen Absicherungen nicht. Bauunternehmen wären in diesem Fall gezwungen die von der oder dem Auftraggeber:in (AG) gelieferten wiederverwendeten „Produkte“ einzubauen und dennoch nach der Abnahme für Mängel an diesen zu haften, da sie Teil der durch sie ausgeführten Bauleistungen sind. Da die meisten Bauunternehmen durch diesen Sachverhalt kein Interesse an einem solchen vermeintlich risikoreichen Auftrag haben dürften, sollte durch die oder den AG bereits in der Ausschreibung eine Haftungsbefreiung entsprechend einer Bedenkenanmeldung gemäß § 13 VOB/B Absatz 3 für die Leistungen festgelegt werden, bei denen gebrauchte Stahlbetonelemente eingesetzt werden. Die Gewährleistung bzw. die Vorbeugung von Mängeln und Schäden an oder durch die gebrauchten Elemente sollte für die oder den AG durch die vorherigen Qualitätsuntersuchungen und -prüfungen (Kapitel 5), durch die Erlangung der Zustimmung im Einzelfall bzw. der vorhabenbezogenen

183

22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU

Bauartgenehmigung (Kapitel 12) sowie durch die statischen Berechnungen (Kapitel 14) ausreichend gegeben sein. In dieser Festlegung zur Haftungsbefreiung im Rahmen der Ausschreibung muss jedoch detailliert festgelegt werden, welche Leistungen genau haftungsbefreit sind und welche nicht, damit zum Beispiel neu hergestellte Befestigungsmittel, die bei der Befestigung von gebrauchten Elementen verwendet werden, nicht von der Haftung ausgenommen sind. Es empfiehlt sich hierbei eine Anwältin oder einen Anwalt für Bau- bzw. Vertragsrecht hinzuzuziehen. Zu beachten sind dabei auch mögliche versicherungstechnische Probleme, da Bauversicherungen zurzeit sicherlich noch nicht auf solche Sonderfälle vorbereitet sind.

In der Leistungsbeschreibung müssen die zu erbringenden Leistungen genau und unmissverständlich beschrieben werden. Für den Einbau der gebrauchten Stahlbetonelemente könnte sich dabei an Ausschreibungstexten für Stahlbetonfertigteile orientiert werden. Folgende Ausschreibungstexte der Stammpositionen aus dem Ausschreibungsportal Heinze werden dafür als Beispiele herangezogen:

Stb.-Massivdecke, Fertigteil, C25/30, d=20cm

Massivdecke aus Fertigteilen einschl. Montageunterstützung. Fertigteile mit eingebauter Bewehrung nach DIN EN 13369 und DIN EN 13747, aus Stahlbeton DIN EN 206 und DIN 1045-2, Festigkeitsklasse Normalbeton C25/30. Liefern und Verlegen der Massivplatten, Einbringen, Verdichten und ebenes Abgleichen des Vergussbetons im Bereich der Fugen. Ausführung als Plattendecke, Unterseite glatt, Fugen gespachtelt, tapezier- und streichfähig. Tragwerksplanung und Elementplanung durch Auftraggeber. (Einheit: m²)

184

22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU

**Sichtbeton-Vollwandplatten, C20/25,
d=10cm, L = 3,5m, h = 2,5-3,0m**

Wände aus vorgefertigten Platten einschl. Bewehrung, Verguss und Statik, an Stahlbetonstützen, innen, Einbau stehend, aus Vollplatten, als Normalbeton DIN EN 206-1 C20/25, Plattendicke 10cm, Plattenlänge über 3,00 bis 3,50m. Plattenhöhe > 2,50 bis 3,00m, Ausführung in Sichtbetonqualität wie folgt. (Einheit: m²)

**Stb.-Stütze, Fertigteil, C20/25, XC1,
rechteckig 35x35cm, h = max 3,5m**

Stütze mit rechteckigem Querschnitt, als Fertigteil aus Stahlbeton, als Normalbeton DIN EN 206-1, gemäß mitzuliefernder Statik, Bewehrung wird gesondert vergütet, alle sichtbar bleibenden Flächen glatt, einschl. systembedingter Einbauteile, Befestigungsmittel, Transportverankerungen sowie Fugenbewehrung. (Einheit: m)

Auf Basis dieser Ausschreibungstexte für neue Fertigteile können für die Ausschreibung gebrauchter Stahlbetonelemente folgende Leistungsbeschreibungen als Muster dienen. Hierbei muss beachtet werden, dass die gebrauchten Elemente dem Auftragnehmer auf der Baustelle bereitgestellt werden. Die Leistung des AN ist demnach nur die Montage inkl. aller Befestigungsmittel und Hilfsarbeiten.

Stb.-Element Decke, gebraucht aus Rückbau, C20/25, d=18cm

Bauseits gestellte Massivdecke aus gebrauchten Stahlbetonelementen aus Rückbauvorhaben gemäß Statik montieren. Als Fertigteile mit eingebauter Bewehrung zugelassen mit ZIE/vBG, aus Stahlbeton DIN EN 206 und DIN 1045-2, Festigkeitsklasse Normalbeton C25/30 ge-

185

22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU

mäß Untersuchungsprotokollen. Verlegen der Massivplatten einschl. Montageunterstützung. Anschluss der Elemente untereinander und zu aufgehenden Bauteilen gemäß Statik. Einschl. Liefern der erforderlichen Stahlbauteile, Anschlussbewehrungsstäbe und Befestigungsmittel. Einbringen, Verdichten und ebenes Abgleichen des Vergussbetons im Bereich der Fugen. Ausführung als Plattendecke, Unterseite glatt, Fugen gespachtelt, tapezier- und streichfähig. Tragwerksplanung erfolgt durch Auftraggeber. (Einheit: m²)

Stb.-Vollwandplatten, gebraucht aus Rückbau, C20/25

Wände aus bauseits gestellten gebrauchten Stb.-Platten aus Rückbauvorhaben, an Stahlbetonstützen, innen, gemäß Statik montieren. Einbau stehend, aus Vollplatten, als Fertigteile mit eingebauter Bewehrung zugelassen mit ZIE/vBG, Festigkeitsklasse Normalbeton C25/30 gemäß Untersuchungsprotokollen. Plattendicke 10cm, Plattenlänge 3,00m, Plattenhöhe 3,00m. Anschluss der Elemente untereinander und zu aufgehenden Bauteilen gemäß Statik. Einschl. Liefern der erforderlichen Stahlbauteile, Anschlussbewehrungsstäbe und Befestigungsmittel. Tragwerksplanung erfolgt durch Auftraggeber. (Einheit: m²)

Stb.-Stütze, gebraucht aus Rückbau, C20/25, rechteckig 35x35cm, h = 3,5m

Bauseits gestellte gebrauchte Stb.-Stütze mit rechteckigem Querschnitt, aus Rückbauvorhaben gemäß Statik montieren. Stütze ist als Fertigteil mit eingebauter Bewehrung zugelassen mit ZIE/vBG, Festigkeitsklasse Normalbeton C25/30 gemäß Untersuchungsprotokollen. Anschluss der Elemente untereinander und zu aufgehenden Bauteilen

22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU

gemäß Statik. Einschl. Liefern der erforderlichen Stahlbauteile, Anschlussbewehrungsstäbe und Befestigungsmittel. Tragwerksplanung erfolgt durch Auftraggeber. (Einheit: Stück)

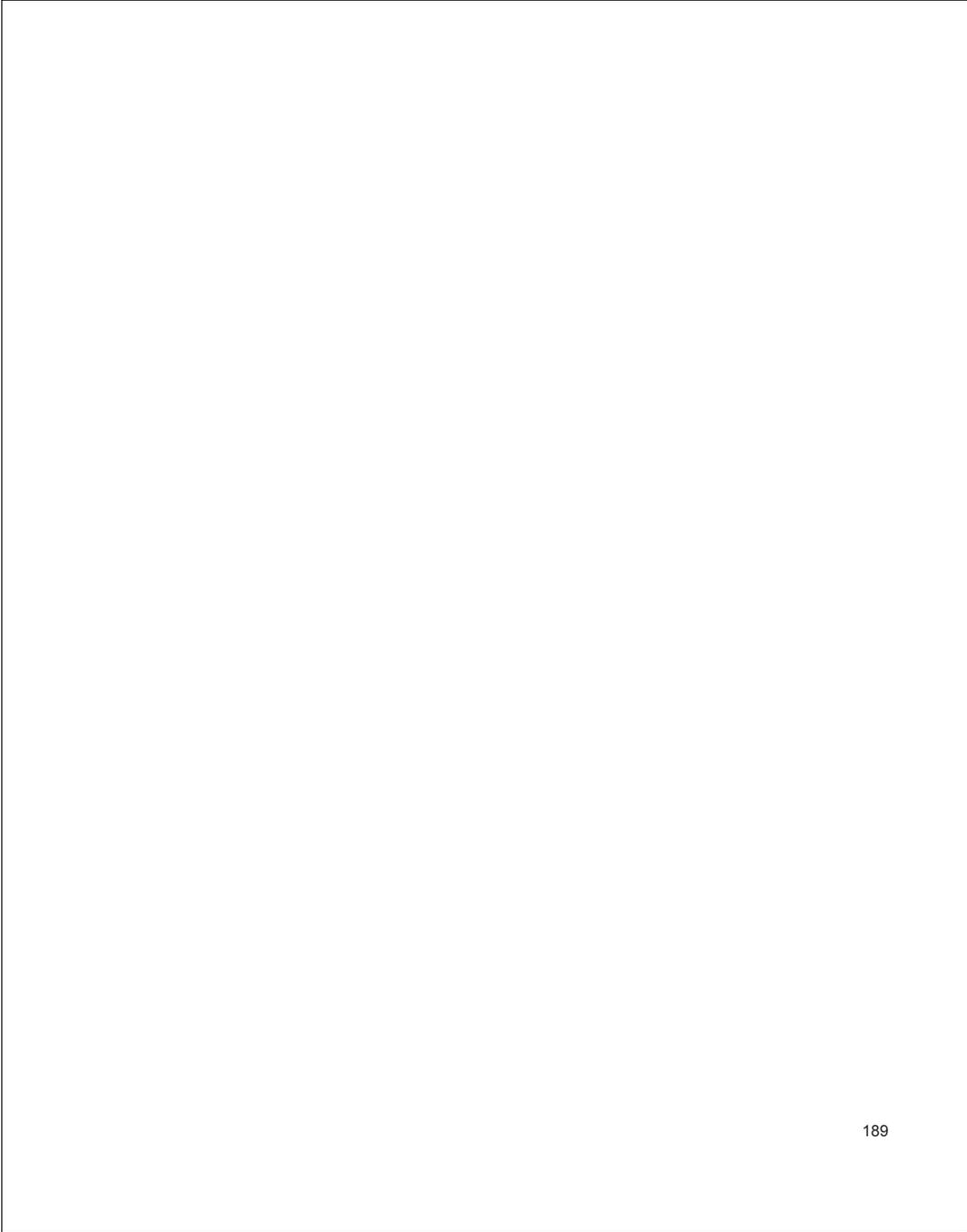
Der Vergabeterminplan sollte die Reihenfolge des Bauablaufs berücksichtigen. So müssen zuerst die Ausschreibungen für eventuelle Erd- und Erschließungsarbeiten, dann für den Rohbau und danach für den Ausbau erstellt werden, da die Arbeiten auch in dieser Reihenfolge ausgeführt werden müssen. Jeweils nach Fertigstellung der gewerkespezifischen Ausschreibungsunterlagen müssen die Unterlagen als Angebotsaufforderungen an passende Bauunternehmen übersendet werden. Hierbei sollten alle Unternehmen am gleichen Tag kontaktiert und die gleiche Frist zur Angebotslegung erhalten. Die Frist für die Erstellung eines Angebots sollte je nach Größe des Auftrags angemessen sein und in der Regel mindestens 10 Werktage betragen. Gegebenenfalls müssen im Rahmen der Angebotserstellung Begehungen mit den potenziellen Bieter:innen auf der Baustelle erfolgen. Für öffentliche Bauvorhaben gelten strenge Vorgaben für Ausschreibung und Vergabe. Diese sind in der Unterschwellenvergabeordnung (UVgO) bzw. in der VOB (Teil A) und für ab einer bestimmten Auftragshöhe im Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) normiert.

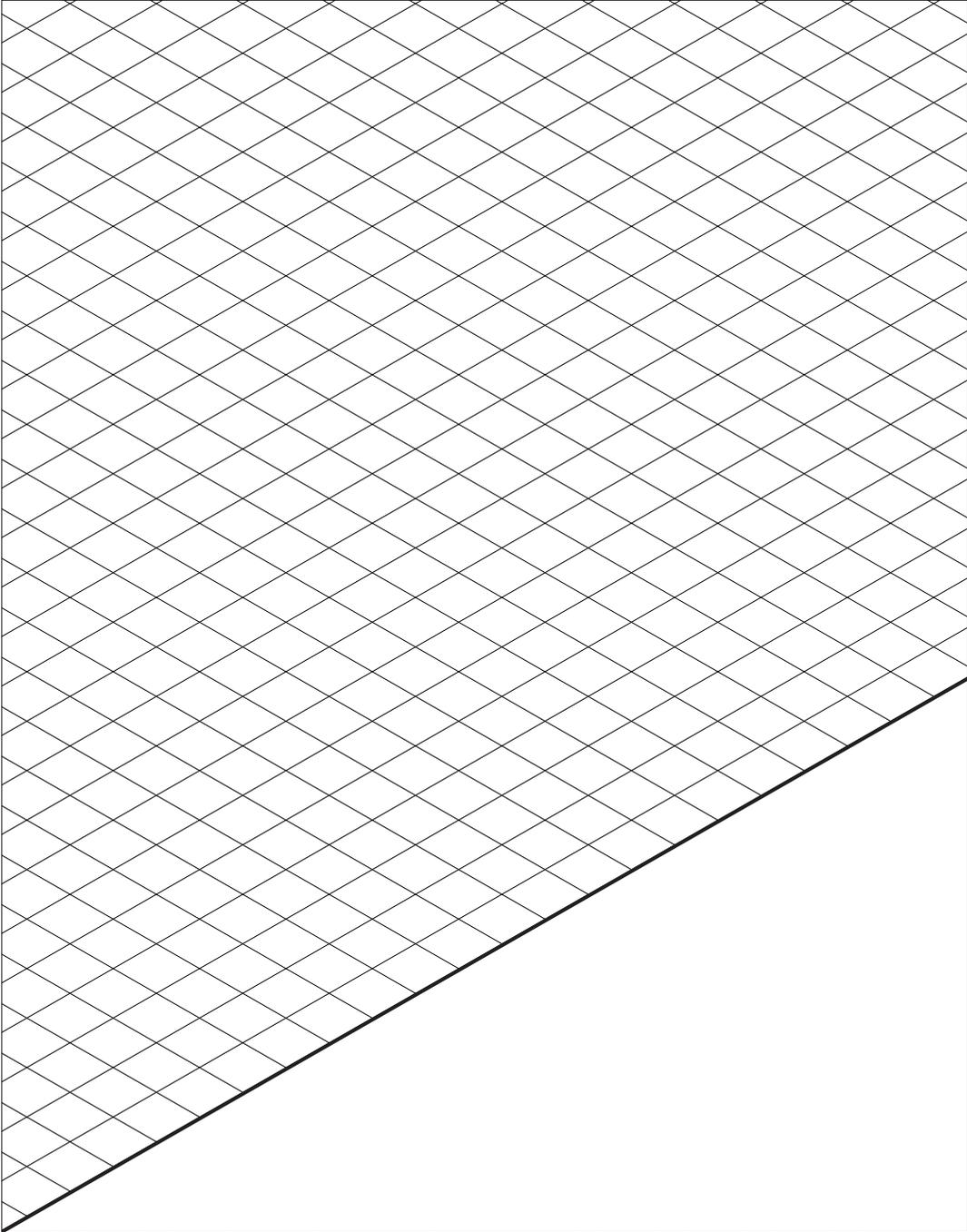
Zusätzlich zur Leistungsbeschreibung können zur weiteren Veranschaulichung der Bauaufgaben Zeichnungen und Konstruktionsdetails zur Verfügung gestellt werden. Vor allem für die Anschlüsse der gebrauchten Stahlbetonelemente sollte dies auf jeden Fall wahrgenommen werden, um die benötigten Verbindungsmittel und ggf. neu herzustellenden Stahlverbinder zu veranschaulichen, die entsprechend der zuvor dargestellten

187

22. AUSSCHREIBUNG NEUBAU

Leistungsbeschreibung durch den Auftragnehmer zu liefern und zu montieren sind. Im besten Fall liegen bereits detaillierte Konstruktionszeichnungen vor, die im Rahmen der Genehmigungsstatik (Kapitel 14) erstellt wurden. Diese können dann einfach den Ausschreibungsunterlagen beigefügt werden.





23.

VERGABE NEUBAU

Beteiligte:

Architekt:in

- Prüfung der Angebote
- Erstellung von vergleichenden Preisspiegeln

Bauherr:in Neubau

- Entscheidung über Vergabe der Leistungen
- Abschluss von Bauverträgen

191

23. VERGABE NEUBAU

61
Rösel, Busch:
AVA-Handbuch,
2008.

Die Vergabe der Bauleistungen entspricht der Leistungsphase 7 (Mitwirkung bei der Vergabe) gemäß HOAI. Die in dieser Phase durch die oder den Architekt:in zu erfüllenden Aufgaben weichen bei der Bauweise mit gebrauchten Stahlbetonelementen nicht maßgeblich von denen ab, die bei konventionellen Bauvorhaben zu erfüllen sind. Die Angebotsprüfung, die Kostenaufstellung, der Kostenabgleich mit der Kostenberechnung und die Erstellung von Preisspiegeln und Vergabeempfehlungen sind genau wie beim konventionellen Bauen mit neuen Baustoffen und -produkten durchzuführen.

Als einziger nennenswerter Punkt, der in diese Phase fällt, könnte bei der Auswahl der zu beauftragenden Unternehmen insbesondere bei den Rohbauarbeiten der Vorzug von solchen Unternehmen sein, die bereits Erfahrung mit dem Einbau von gebrauchten Elementen haben oder sich in diese Richtung in Zukunft vermehrt orientieren möchten und daher ein größeres Interesse haben sich mit der Aufgabe vertiefend auseinanderzusetzen.

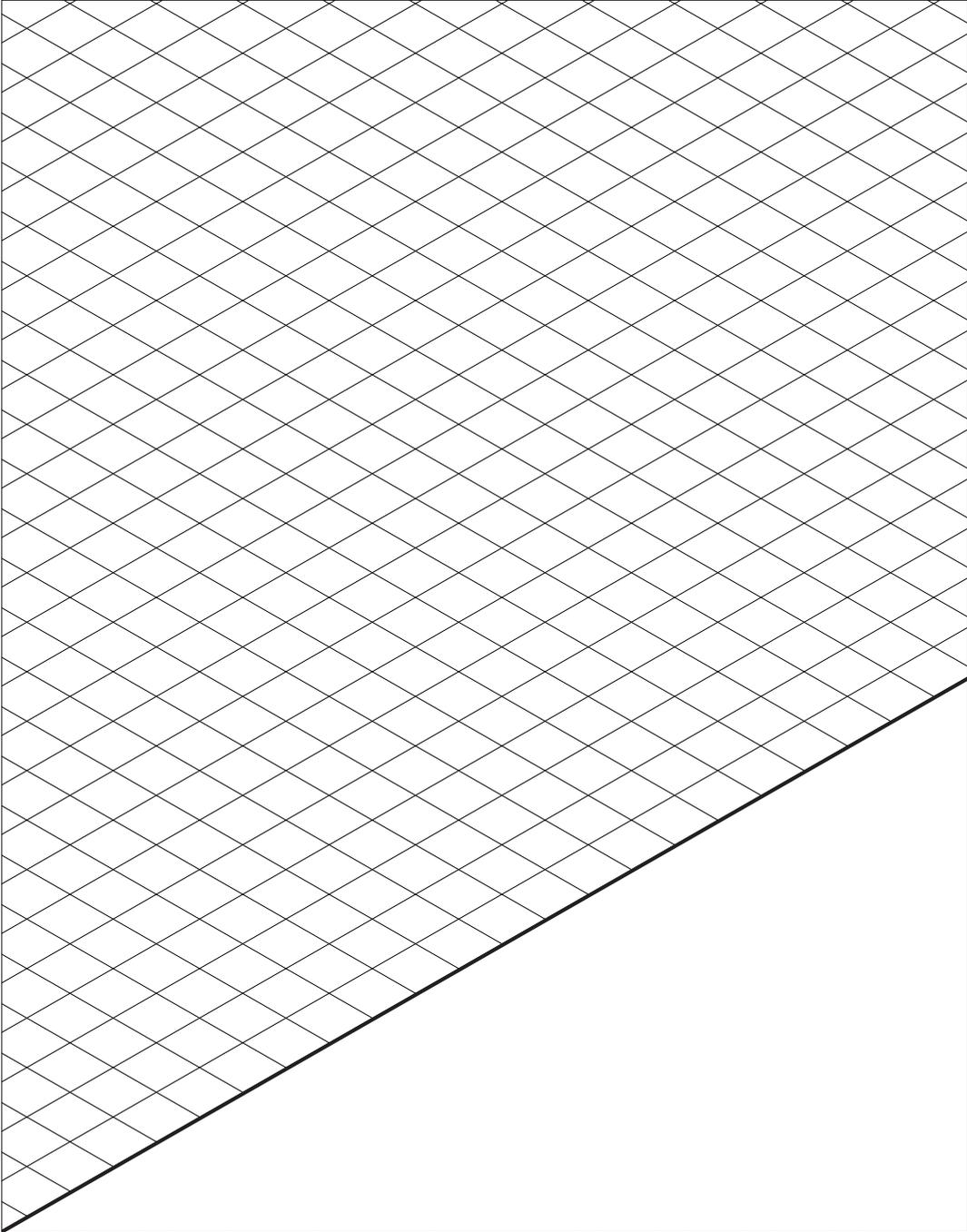
Da bei öffentlichen Ausschreibungen zwangsläufig und bei privaten Bauvorhaben oft das wirtschaftlich günstigste Angebot beauftragt wird, ist diese Beeinflussung nur in geringem Ausmaß möglich. Gegebenenfalls kann eine Erklärung für die besondere Eignung des Unternehmens erstellt werden.

Mit der (auch rein mündlichen) Zusage durch den Auftraggeber über die Annahme eines Angebots kommt der Bauvertrag zustande.⁶¹ In der Regel sollte diese Beauftragung in einer Vertragsurkunde verschriftlicht werden, in der noch einmal die Vertragsgrundlagen (Auftragssumme, zu

192

23. VERGABE NEUBAU

berücksichtigende Unterlagen wie LV oder Zeichnungen, Ausführungsbeginn, Fertigstellungstermin, etc.) für beide Vertragsparteien festgehalten werden.



24.

BAUZEITPLAN UND LOGISTIK

Beteiligte:

- Architekt:in**
 - Erstellung des Bauzeitplans
- (Neu-)Bauunternehmen**
 - Angabe zu Verfügbarkeiten und Fertigstellungsfristen
- Rückbauunternehmen**
 - Abstimmung für Transport und Logistik der gebrauchten Elemente

195

24. BAUZEITPLAN UND LOGISTIK

Nachdem in den Ausschreibungsunterlagen und in der Beauftragung bereits ein grober Zeitrahmen für die Durchführung der Arbeiten der einzelnen Gewerke festgelegt wurde, muss vor Beginn der eigentlichen Bauarbeiten unter Einbeziehung aller Beteiligten ein genauer Bauzeitplan entwickelt werden, auf dem die Durchführung der Baumaßnahme vor allem aber auch die Logistik der gebrauchten Stahlbetonelemente beruht. In diesem Zeitplan sollten möglichst detailliert die zu erledigenden Bauleistungen sowohl des Rückbaus (Abbau) als auch des Neubaus (Aufbau) dargestellt und eine jeweilige Ausführungsfrist mit den beteiligten Unternehmen vereinbart werden.

Die Aufstellung dieses Zeitplans muss in Abstimmung mit der im Rahmen der Zwischenlagerplanung erstellten Einbaureihenfolge der gebrauchten Stahlbetonelemente (siehe Kapitel 19) erfolgen. So kann für jedes der einzubauenden Elemente ein Zeitpunkt ermittelt werden, in dem es auf der Baustelle für den Einbau benötigt wird.

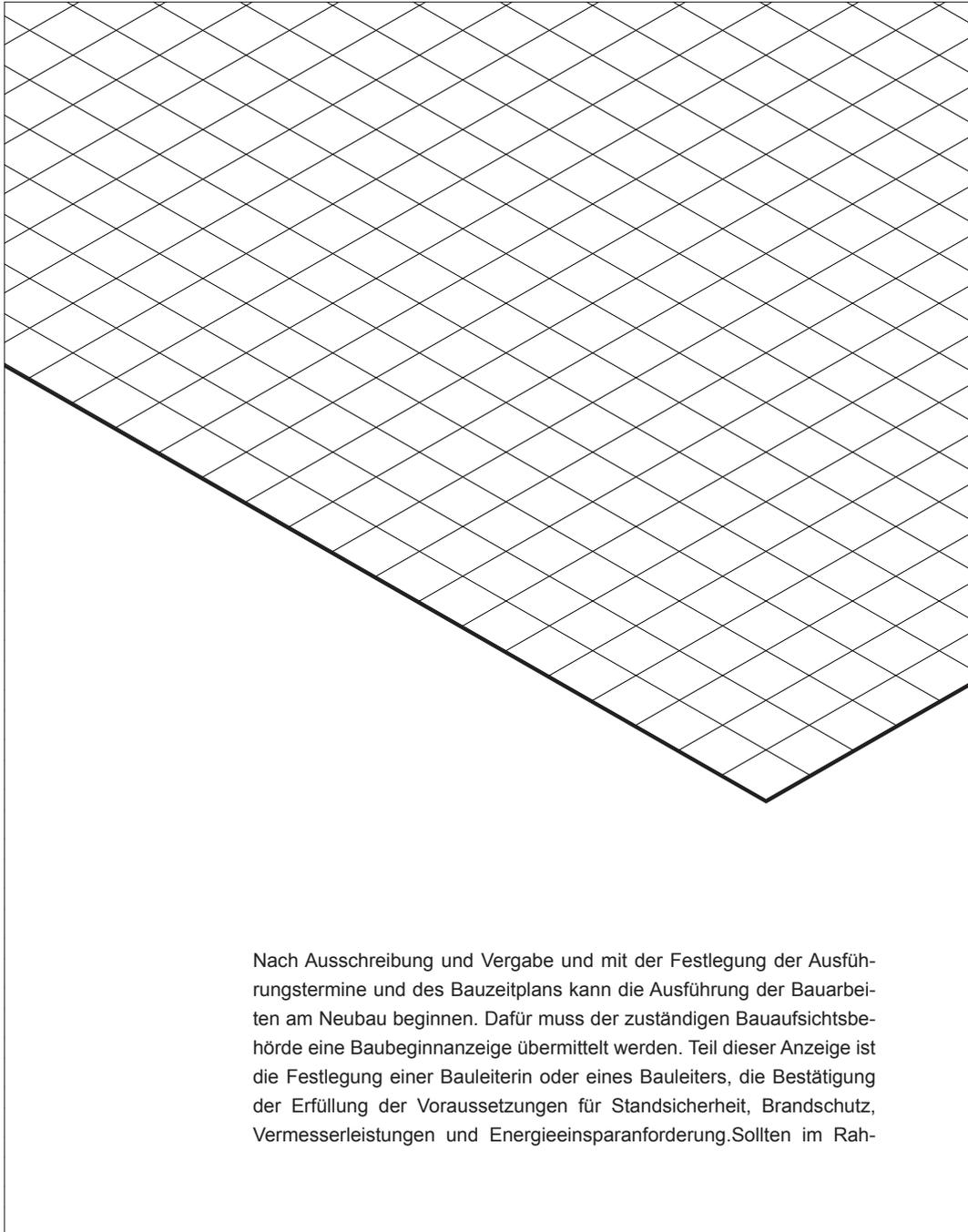
Der Bauzeitplan sollte allen am Bau beteiligten Parteien vorliegen. Falls möglich, sollten Cloud-basierte Software-Lösungen verwendet werden, damit alle Parteien zu jederzeit auf den aktuellen Stand zugreifen können. Mögliche Programme zur Erstellung sind neben einfachen Tabellen-Tools wie MS Excel, Open Office oder Apple Numbers, komplexere Projektmanagement-Tools wie MS Project oder Online-Lösungen Toggl plan, Trello oder Basecamp und speziell für die Bauwirtschaft entwickelte Software wie u.a. Capmo, Factro oder Projekt Pro.

Nach der Fertigstellung des detaillierten Bauzeitplans sollte dieser von den ausführenden Unternehmen zur Kenntnis genommen und schriftlich

24. BAUZEITPLAN UND LOGISTIK

bestätigt werden. Passiert dies nicht, können eventuelle Fristüberschreitungen nicht gemahnt werden, da sie nicht explizit vereinbart wurden.

Für die Bauteillogistik ist wichtig abzuwägen, dass die Transportfahrten sowohl zum richtigen Zeitpunkt die jeweils benötigten Elemente zur Baustelle bringen als auch gleichzeitig optimal beladen sind, sodass nicht zu viele Elemente auf der Baustelle noch einmal zwischengelagert werden müssen, wenn diese nicht gleich eingebaut werden können. Dies trifft vor allem für Baustellen im städtischen Kontext und ohne große Freiflächen zu, bei denen auf dem Baugrundstück nur begrenzte Lagerflächen vorhanden sind.



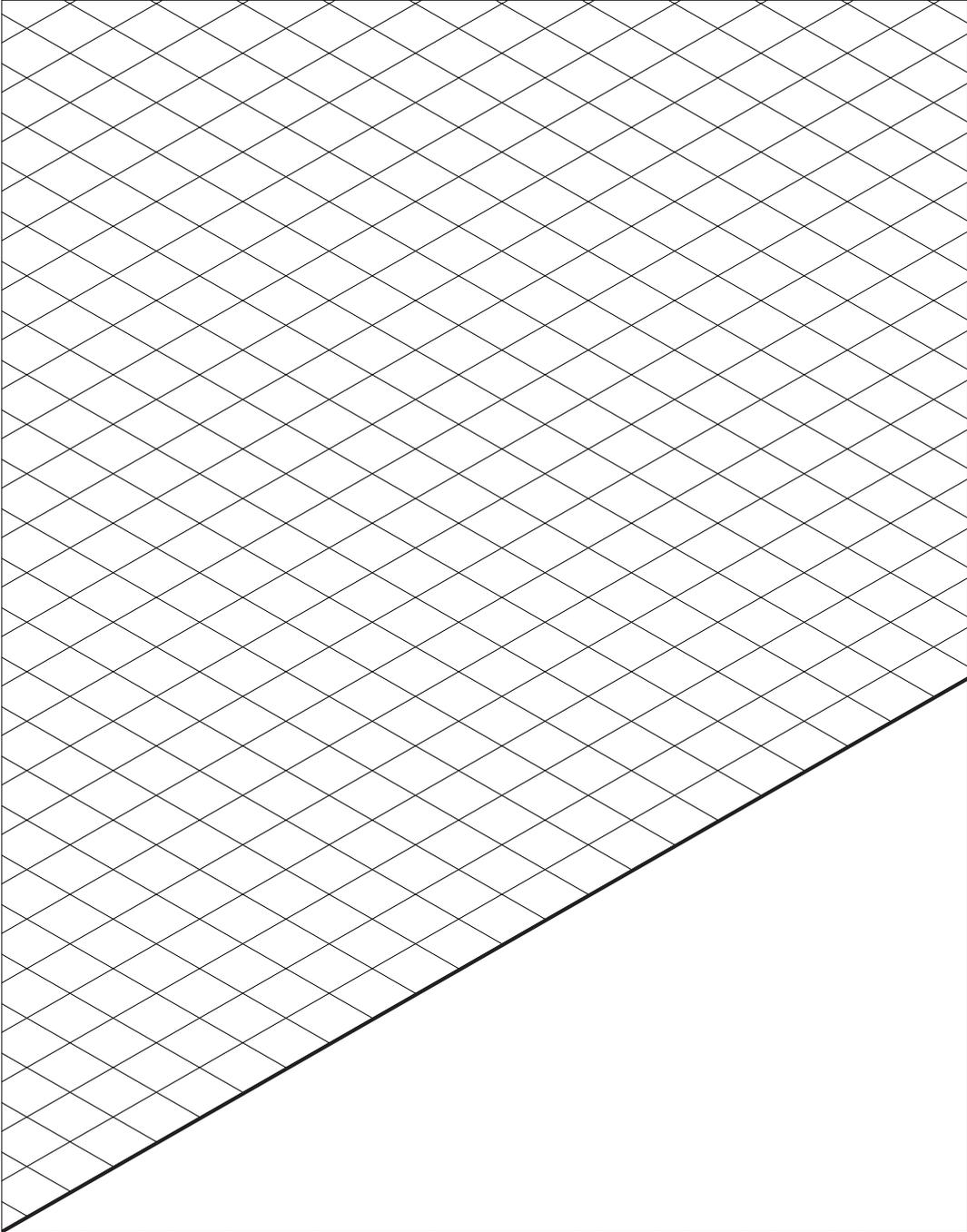


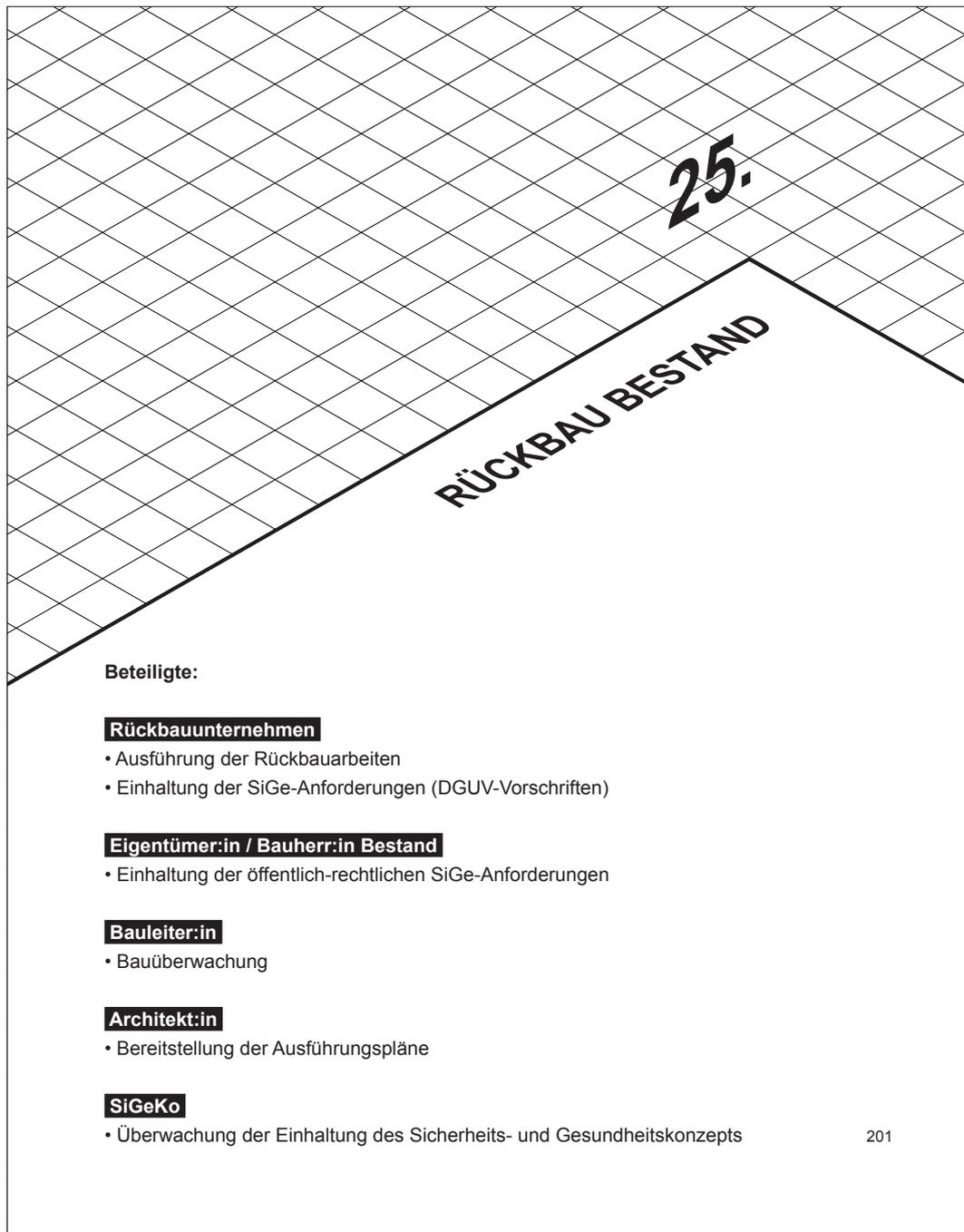
MILESTONE 6
BAUBEGINNANZEIGE

men des Baugenehmigungsverfahrens Nachreichungen gefordert worden sein, die bis zum Baubeginn vorliegen müssen, müssen diese zusammen mit der Baubeginnanzeige eingereicht werden.

Neben der Baubeginnanzeige sind gegebenenfalls andere behördliche Anträge wie Straßensperrungen für Kranstellplätze, Container oder ähnliches bei den zuständigen Ordnungsämtern zu stellen. Dabei muss je nach Größe der Kommune und Auslastung der Verwaltung mit Bearbeitungsfristen von mindestens zwei Wochen gerechnet werden. Falls öffentliche Verkehrsbetriebe in die Planung einbezogen werden müssen, kann es zu wesentlich längeren Bearbeitungszeiträumen für Anträge auf Straßensperrungen bzw. Teilsperren kommen.

199





25. RÜCKBAU BESTAND

Beim Rückbau sind wie bei allen Bauarbeiten die Vorgaben zur Arbeitssicherheit, zum Gesundheitsschutz und zur Unfallverhütung zu beachten:

Anforderungen für Bauherr:in bzw. Bauleiter:in

Es müssen die Regelungen des Arbeitsschutzgesetzes (ArbSchG) beachtet werden, auf dessen Grundlage wiederum eine Reihe von Verordnungen erlassen wurden. Für Bauarbeiten sind insbesondere die Baustellenverordnung (BaustellV), Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV), die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV), die Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) und gegebenenfalls die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) relevant. Neben diesen Verordnungen sind auch die Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen (RAB) zu beachten, die von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin herausgegeben werden. Mit diesen Regeln werden die Vorgaben der Verordnungen konkretisiert. Sie werden in ihrer jeweils aktuellen Fassung als Stand der Technik anerkannt und definieren daher die Mindestanforderung für die Arbeits- und Gesundheitsschutzvorkehrungen.

Für die Einhaltung der zuvor genannten Verordnungen und Regeln ist die oder der Bauherr:in des Bauvorhabens bzw. die oder der delegierte Bauleiter:in zuständig. Je nach Größe der Baustelle kann es erforderlich sein eine:n SiGeKo (Sicherheits- und Gesundheitskoordinator:in) einzusetzen. Dies trifft zu, wenn auf der Baustelle Beschäftigte mehrerer Unternehmen gleichzeitig tätig sind. Die oder der SiGeKo ist mit der Erstellung eines Sicherheitskonzepts und der Umsetzung dieses Konzeptes beauftragt.

202

25. RÜCKBAU BESTAND

Anforderungen für (Rück-)Bauunternehmen

Zusätzlich zu den zuvor genannten Verordnungen und Regeln müssen auch die Vorschriften der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) beachtet werden, die von der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau) veröffentlicht werden. In diesen Vorschriften werden konkrete Vorgaben zu bestimmten Tätigkeitsbereichen auf der Baustelle gemacht. Für die Einhaltung der DGUV-Vorschriften und den Schutz der auf der Baustelle beschäftigten Arbeitnehmer:innen ist das Bauunternehmen zuständig.

Neben den Anforderungen zu Sicherheit und Gesundheit sind speziell bei Rückbau- bzw. Abbrucharbeiten auf die Anforderungen hinsichtlich Erschütterungen, Lärm und Staub sowie der möglichen Verunreinigung von Wasser zu beachten. Diese sind in der DIN 18007 in den Anhängen A bis E festgeschrieben.

Der Rückbauarbeiten sind entsprechend den Anforderungen des selektiven Rückbaus (siehe Kapitel 20) durchzuführen. Dabei muss der Bestand zuerst entkernt werden, danach wird die Zerlegung der Stahlbetonrohbaustruktur gemäß der Zuschnittplanung (siehe Kapitel 7 und 10) mittels Betonsägeverfahren durchgeführt. Die Stück für Stück aus dem Rohbau entnommenen Stahlbetonelemente müssen sorgfältig und beschädigungsfrei verladen und zum Zwischenlager (siehe Kapitel 19) transportiert werden.

Rechtliche Anforderungen des Abfallrechts

Die anfallenden Stoffe und Produkte müssen gemäß den Anforderungen des Abfall- und Kreislaufwirtschaftsrechts verwertet oder besei-

203

25. RÜCKBAU BESTAND

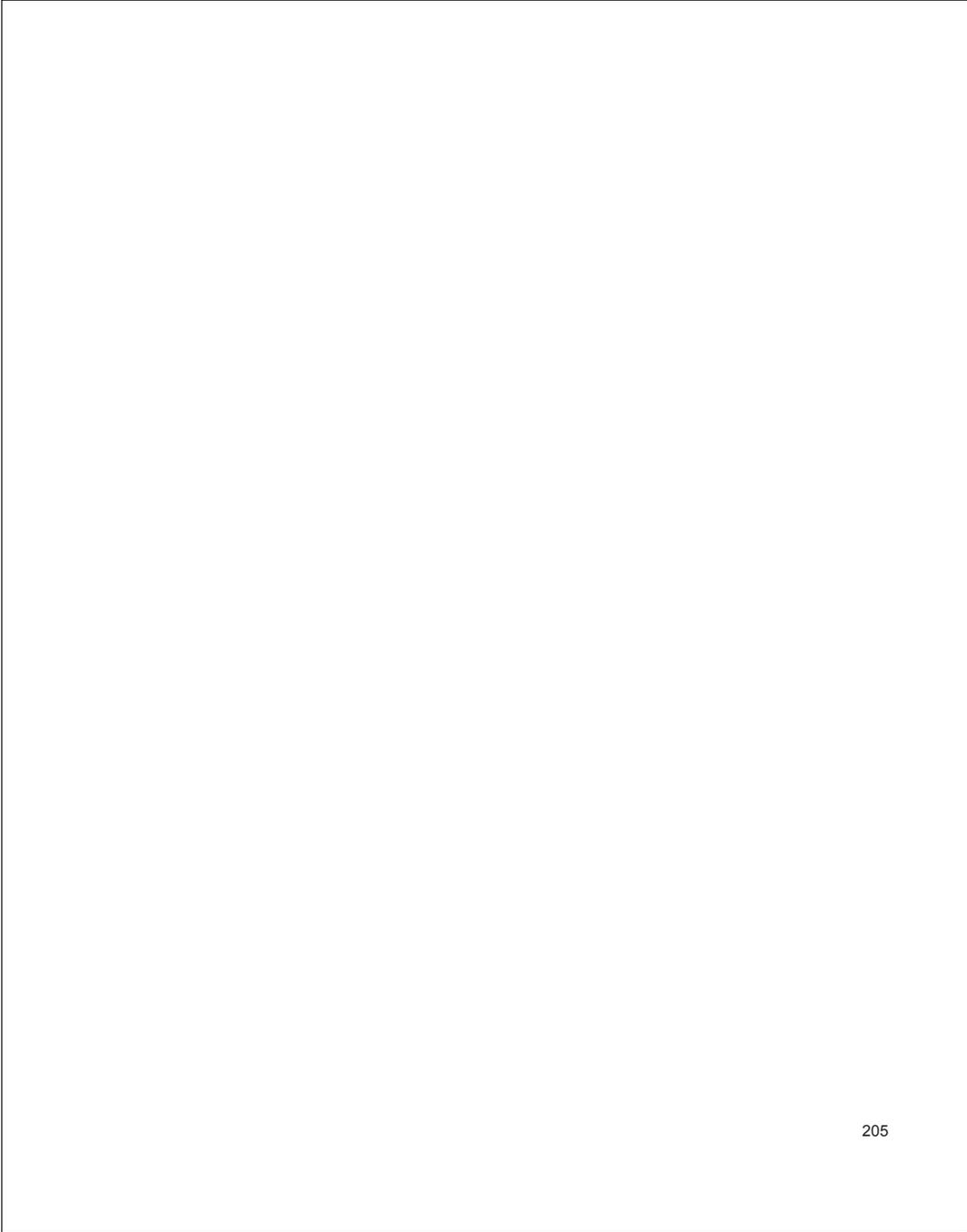
62

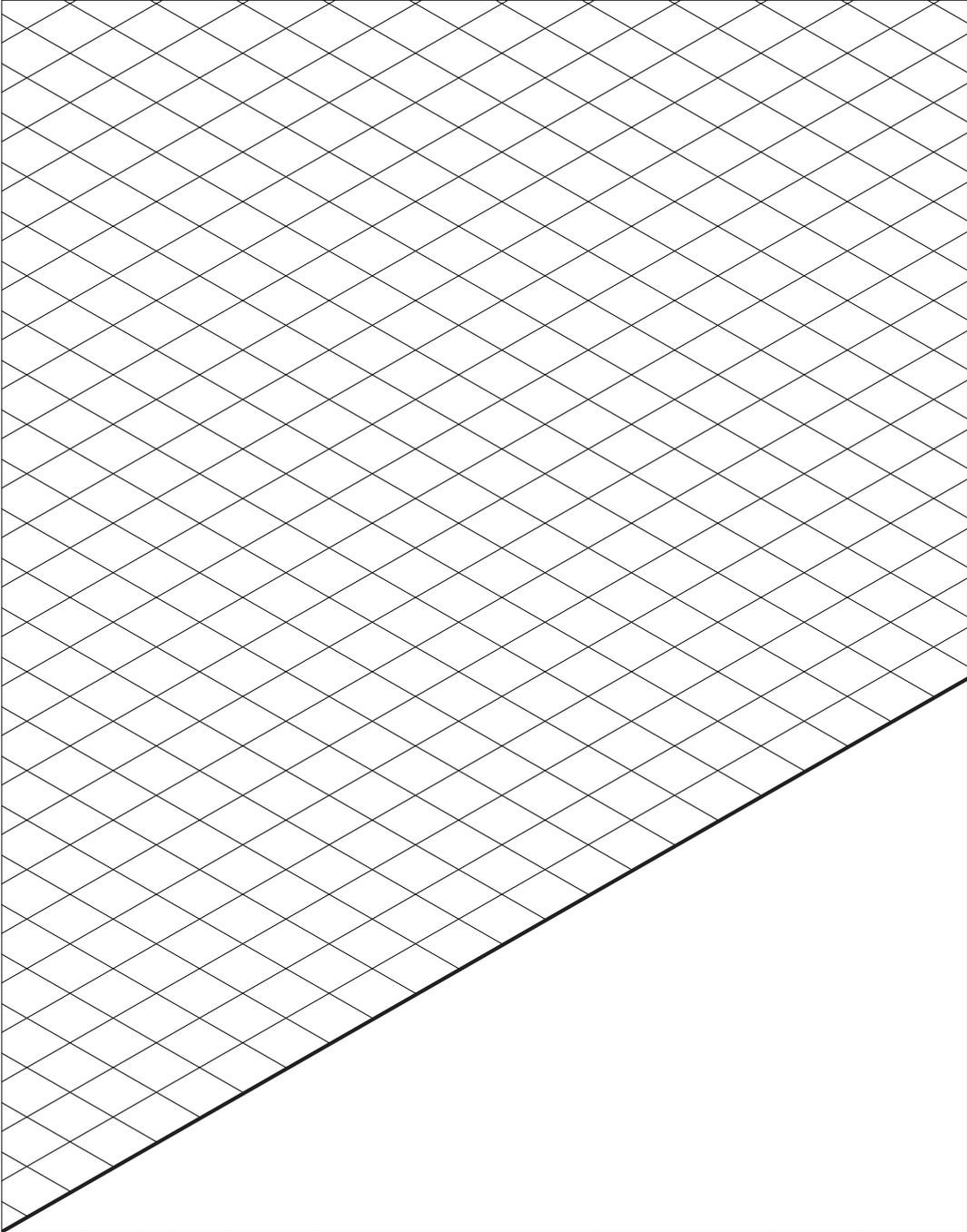
Halstenberg,
Franßen:
Regelwerke des
Normungs- und
technischen
Zulassungswes-
sens anhand des
Themenkomple-
xes Recycling-
verfahren und
Weiter-/Wieder-
verwendung von
Bauprodukten
und Baustoffen,
2022.

tigt werden und es muss deren Verbleib dokumentiert werden. Um zu vermeiden, dass die wiederzuverwendenden Stahlbetonelemente überhaupt als Abfall angesehen werden, muss bereits zum Zeitpunkt des Ausbaus der weitere Verwendungszweck deklariert werden. Dies lässt sich am besten durch eine vertragliche Vereinbarung zwischen der oder dem Bauherr:in des Rückbaus und der oder dem Bauherr:in des Neubaus belegen. In dieser sollte die Übernahme der Anzahl von Elementen, ggf. weitere Informationen wie Größe, Gewicht oder Volumen sowie deren weiterer Verwendungszweck beschrieben sein. So kann zwischen dem anfallenden Bauabfall aus der Entkernung und den für die Wiederverwendung bestimmten Stahlbetonelementen unterschieden werden.

Während des Rückbaus sollten durch die oder den Architekt:in die im Bauteilkatalog (siehe Kapitel 11) festgelegten Identifizierungsnummern der einzelnen Bauteile auf den Stahlbetonelementen markiert werden um sie im weiteren Projektverlauf eindeutig zuordnen zu können.

204





26.

**BAUSTELLENEINRICHTUNG
NEUBAU**

Beteiligte:

- Bauherr:in Neubau**
 - Herstellung der Voraussetzungen für den Baubeginn
- Architekt:in**
 - Abstimmung zwischen Bauherr:in und Unternehmen
- Neubauunternehmen**
 - Bereitstellung der Baustelleneinrichtung gemäß Ausschreibung

207

26. BAUSTELLENEINRICHTUNG NEUBAU

Vor Baubeginn hat die oder der Bauherr:in des Neubaus sicherzustellen, dass alle Voraussetzungen für die Durchführbarkeit der Bauarbeiten gegeben sind. Diese sollten in den Ausschreibungsunterlagen vereinbart sein und beinhalten in der Regel folgende Punkte:

Baustraße Baustelleneinfahrt	Um die Baustelle mit Fahrzeugen erreichen zu können und für die Anlieferung von Baustoffen muss eine Baustelleneinfahrt bzw. Baustraße errichtet werden. Beim Bau mit wiederverwendeten Stahlbetonelementen muss sichergestellt sein, dass die Anlieferung der Elemente so erfolgen kann, dass der Transport einen Stellplatz in unmittelbarer Nähe der Baustelle erreichen kann, von dem aus die Elemente per Kran entladen und idealerweise direkt an ihren Einbauort gehoben werden können.
Bauzaun und Sicherungsmaßnahmen	Um die Baustellen vor dem Zutritt von Unbefugten zu sichern, sollte ein Bauzaun um das Grundstück herum errichtet werden. Falls nötig können weitere Sicherungs-

208

26. BAUSTELLENEINRICHTUNG NEUBAU

	maßnahmen wie Videoüberwachung oder Sicherheitspersonal bzw. Wachsenschutz beauftragt werden.
Kran	Als elementarer Bestandteil für die erfolgreiche Durchführung einer Baustelle mit gebrauchten Stahlbetonelementen muss ein Kran bereitgestellt werden. Hierbei muss entschieden werden, ob ein Mobilkran oder ein Turmdrehkran eingesetzt werden soll. Für die Entscheidung müssen Mietkosten, Betriebskosten und Tragkraft abgewogen werden. Zudem muss entschieden werden, ob der Kran durch die oder den Bauherr:in bestellt wird oder ob dieser als Teil der Leistung einer der Baufirmen ausgeschrieben werden soll. Im zweiten Fall muss sichergestellt werden, dass auch andere Unternehmen den Kran falls nötig verwenden können.

209

26. BAUSTELLENEINRICHTUNG NEUBAU

Container	Für die durch die Baumaßnahmen zwangsläufig entstehenden Abfälle müssen durch die oder den Bauherr:in geeignete Container bereitgestellt werden. Welche Abfallarten voraussichtlich anfallen und wie diese ggf. getrennt entsorgt werden müssen, sollte vor Baubeginn geklärt werden.
Baustrom	Die oder der Bauherr:in muss die Bereitstellung von Baustrom gewährleisten. Im Regelfall erfolgt dies über einen Baustromzählerkasten, der von den Stromversorgern auf Antrag bereitgestellt wird. Es muss mit den Firmen im Rahmen der Ausschreibung vereinbart werden, ob der Strom kostenfrei zur Verfügung oder anteilig in Rechnung gestellt wird.
Bauwasser	Ebenso muss ein Bauwasseranschluss bereitgestellt werden. In der Regel wird im Rahmen der Erschließungsarbeiten (siehe Kapitel 27) durch die örtlichen

210

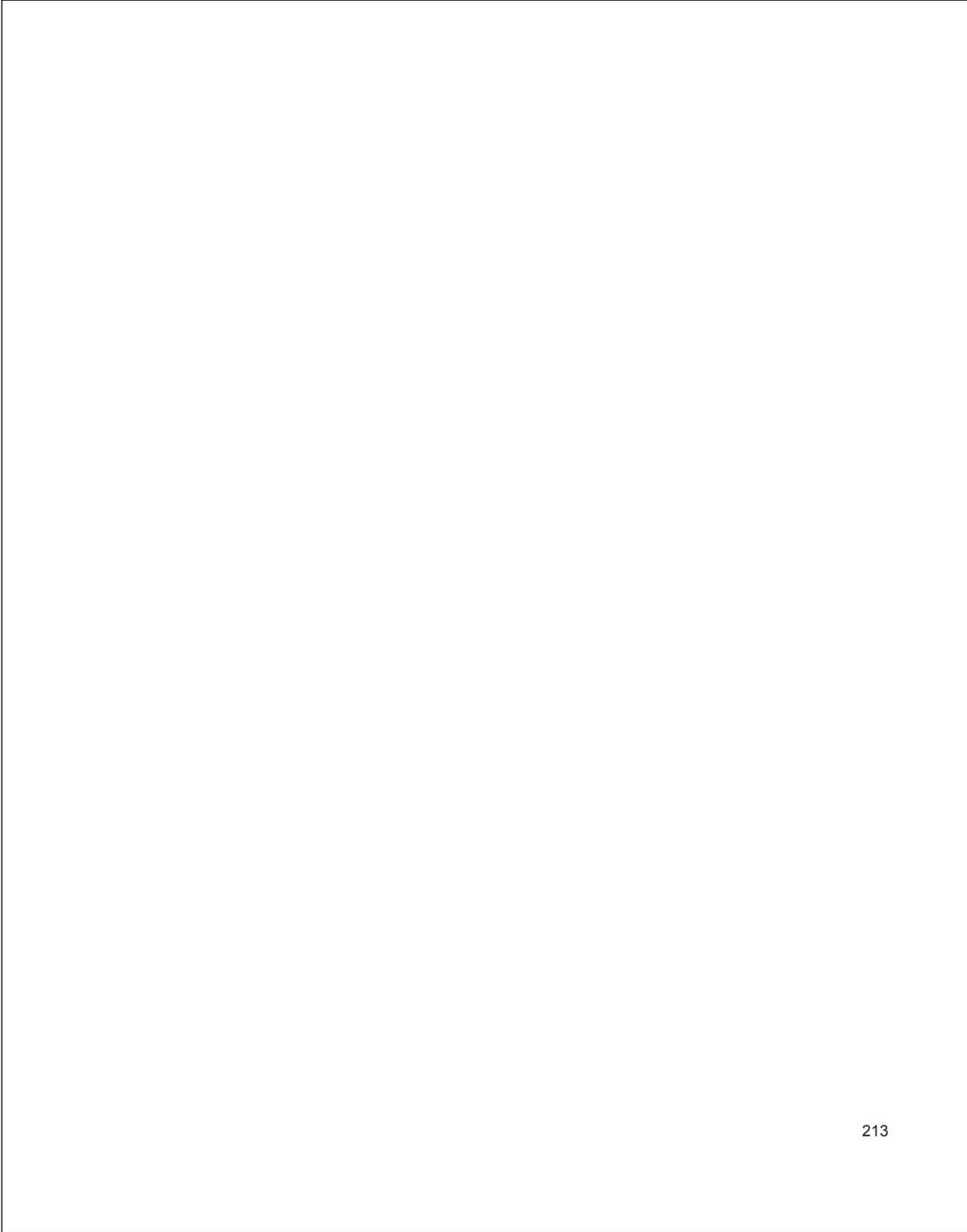
26. BAUSTELLENEINRICHTUNG NEUBAU

	<p>Versorgungsunternehmen ein Wasseranschluss auf dem Grundstück hergestellt, von dem aus die weiteren Installationen durch die oder den Eigentümer:in hergestellt werden müssen. Für den Bauwasseranschluss empfiehlt es sich durch eine Sanitärfirma einen Wasserzähler vorschalten zu lassen.</p>
Besprechungscontainer Baustellenbüro	<p>Je nach Größe der Baustelle und Anzahl der beteiligten Unternehmen und Planer:innen empfiehlt es sich ein Baustellenbüro bereitzustellen in dem Planunterlagen sicher gelagert werden können und in dem Besprechungen abgehalten werden können.</p>
Baustellen-WC	<p>Während der Bauarbeiten müssen entsprechend der Anzahl der auf der Baustelle beschäftigten genügend Baustellen-WCs bereitgestellt werden.</p>

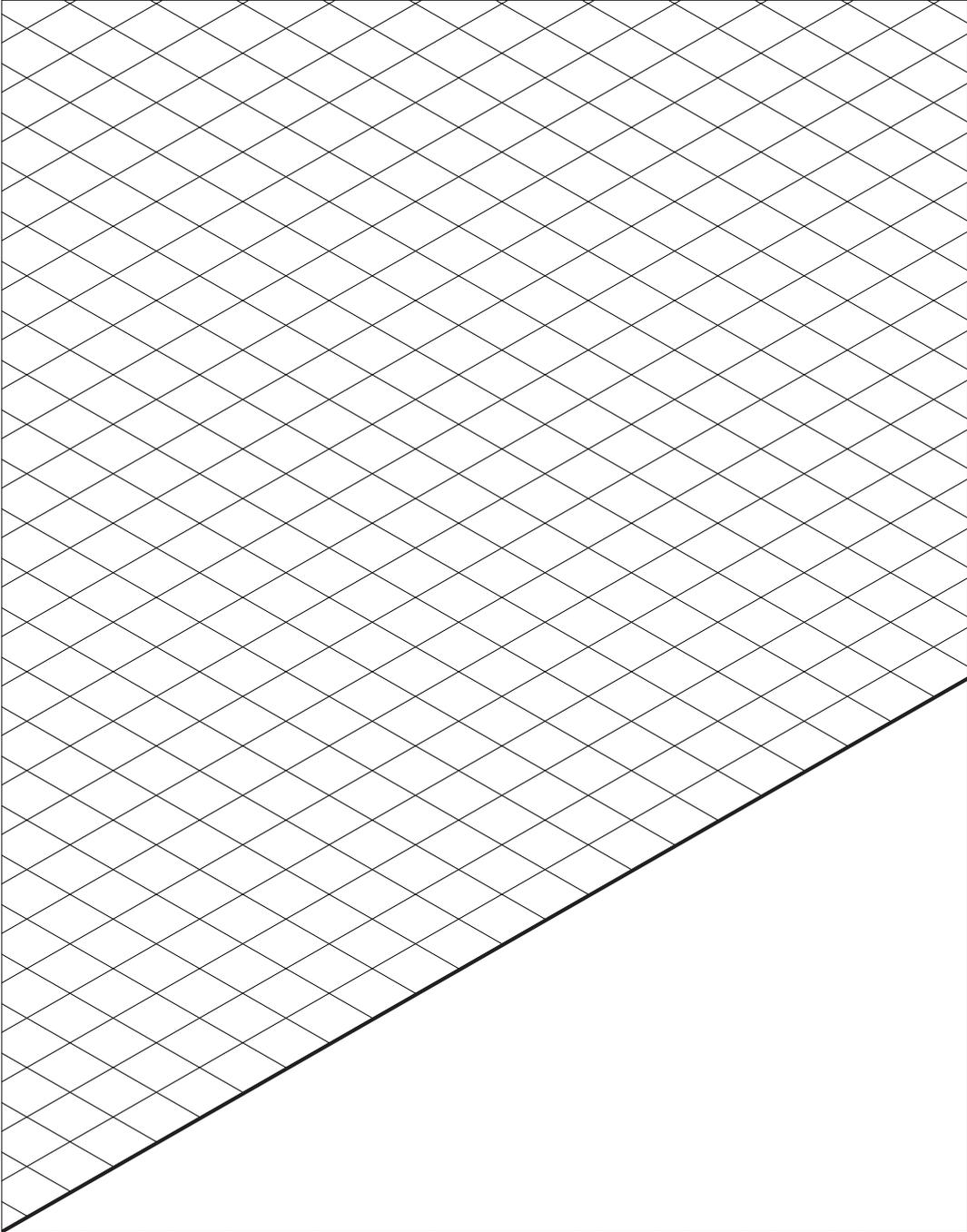
211

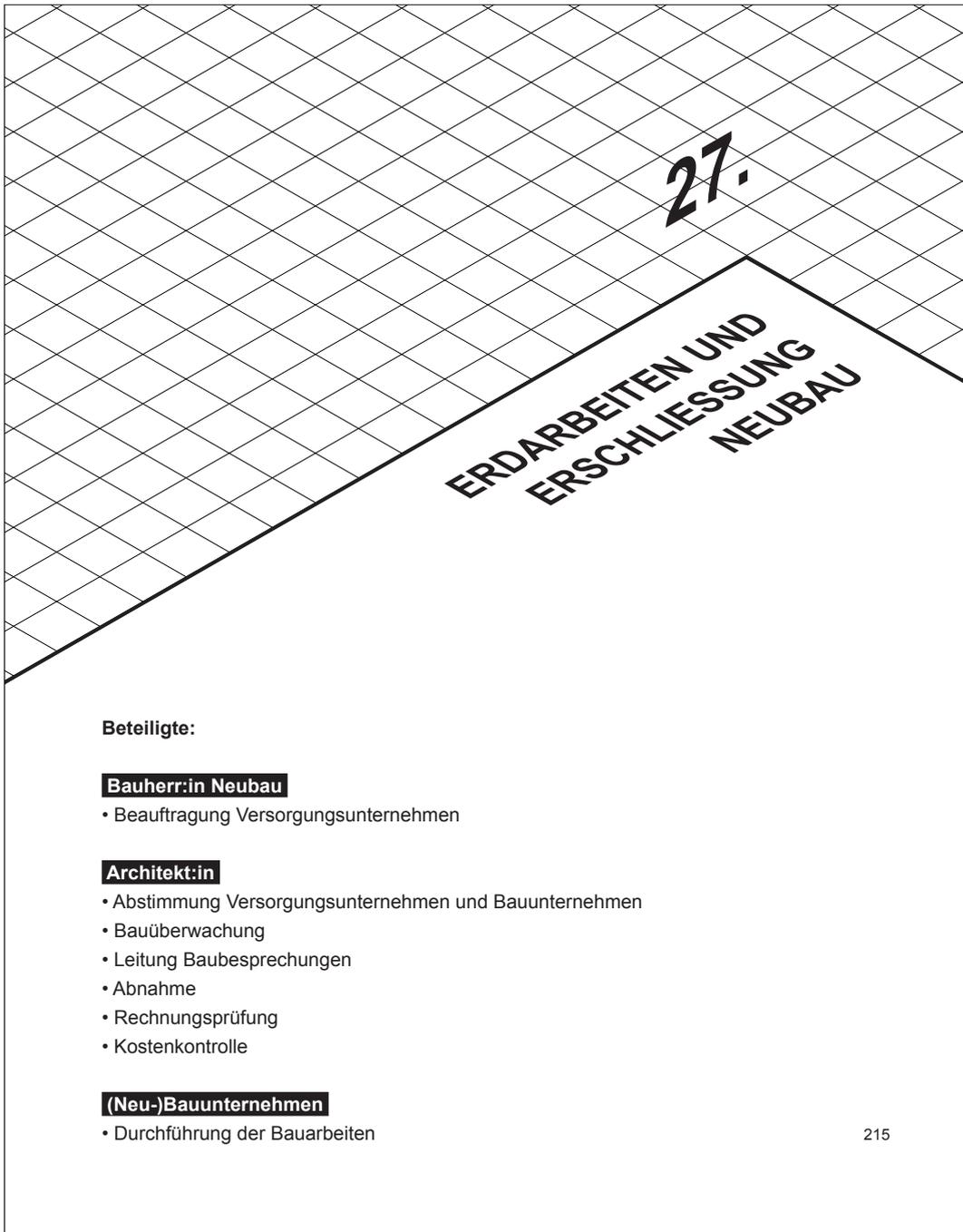
26. BAUSTELLENEINRICHTUNG NEUBAU

Lagerflächen	Es müssen auf der Baustelle ausreichend Lagerflächen für zu verbauende Baustoffe und gegebenenfalls für die temporäre Zwischenlagerung einzelner gebrauchter Stahlbetonelemente zur Verfügung stehen.
Abschließbare Räume für Geräte und Werkzeug	Je nach Vereinbarung mit den Unternehmen können ein Raum oder mehrere Räume (Container, Bauwagen, etc.) für das sichere Lagern von Geräten und Werkzeugen bereitgestellt werden. Sollte es ein Raum sein, der von mehreren Unternehmen genutzt wird, muss dies klar vereinbart und für alle Beteiligten ersichtlich sein.



213





27.

**ERDARBEITEN UND
ERSCHLIESSUNG
NEUBAU**

Beteiligte:

Bauherr:in Neubau

- Beauftragung Versorgungsunternehmen

Architekt:in

- Abstimmung Versorgungsunternehmen und Bauunternehmen
- Bauüberwachung
- Leitung Baubesprechungen
- Abnahme
- Rechnungsprüfung
- Kostenkontrolle

(Neu-)Bauunternehmen

- Durchführung der Bauarbeiten

215

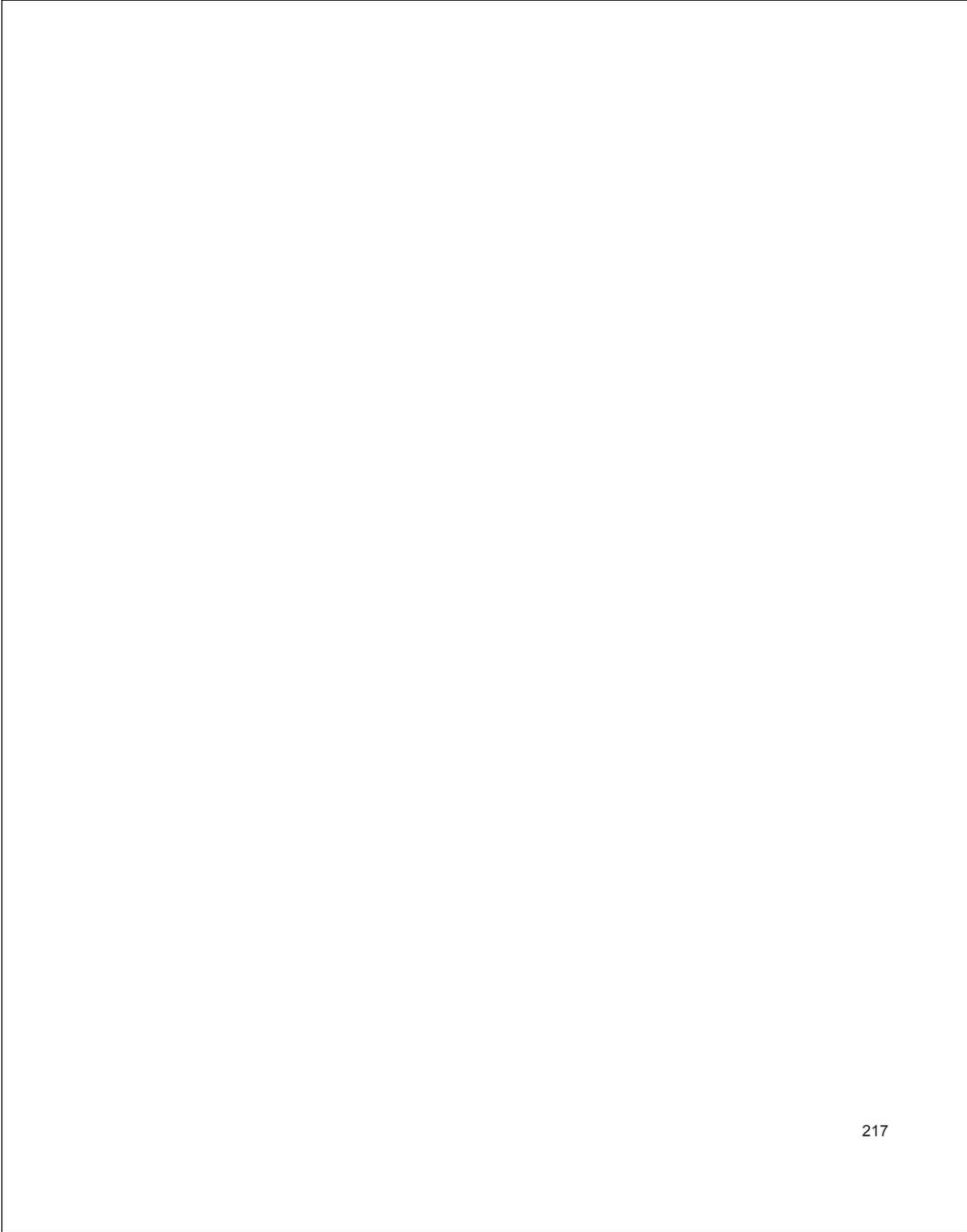
27. ERDARBEITEN UND ERSCHLIESSUNG NEUBAU

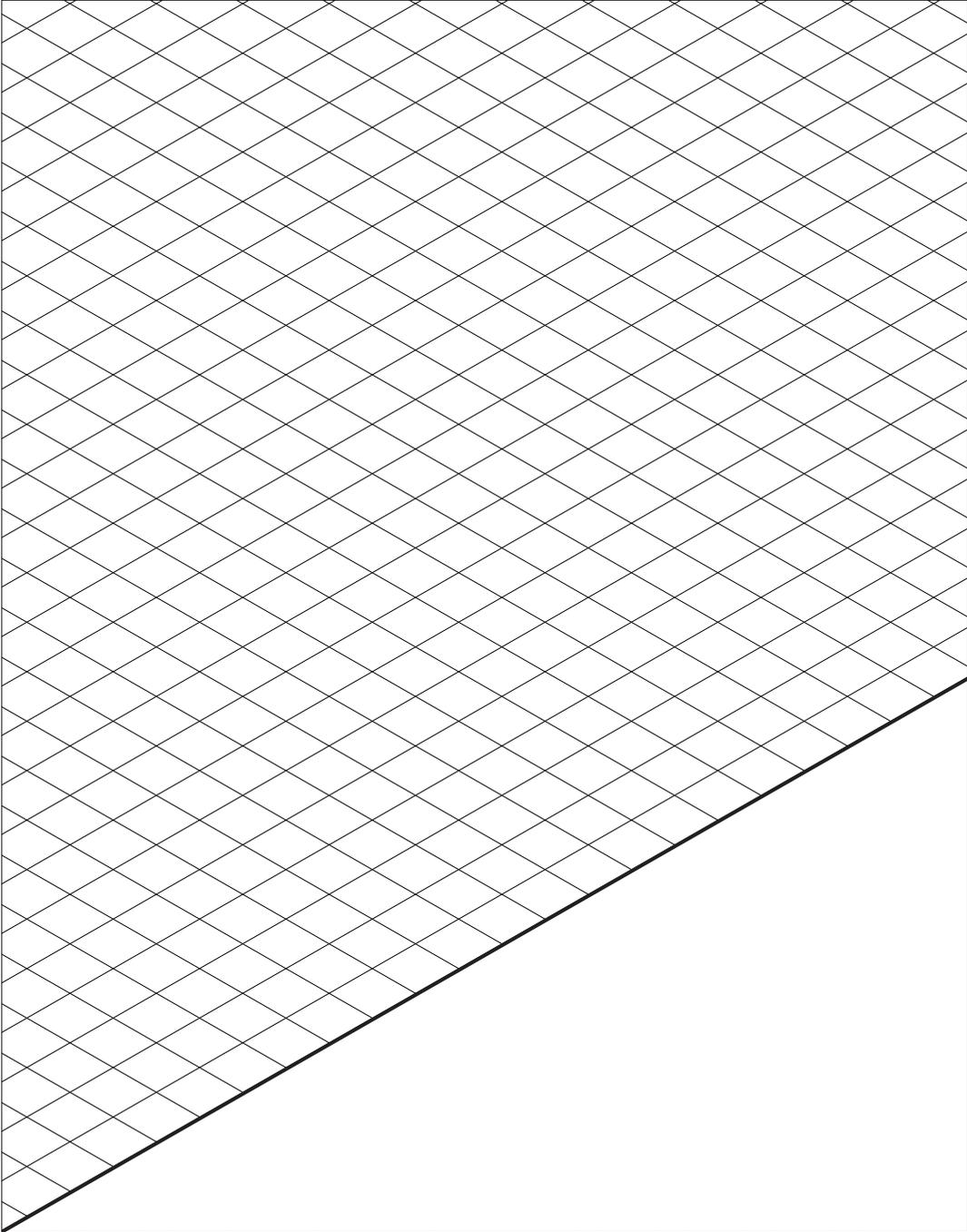
Die Erd- und Erschließungsarbeiten sind in der Regel die ersten Bauarbeiten im Rahmen eines Neubauvorhabens. Mit diesen Leistungen wird das Grundstück durch die Entfernung von eventuellem Bewuchs oder sonstigen Gegenständen baufrei gemacht und es wird die Erschließung des zukünftigen Gebäudes durch Wasser, Abwasser, Strom und Telekommunikation (Telefon / Internet) hergestellt inklusive der dafür notwendigen Erdarbeiten für die Verlegung von Kabeln und Leitungen.

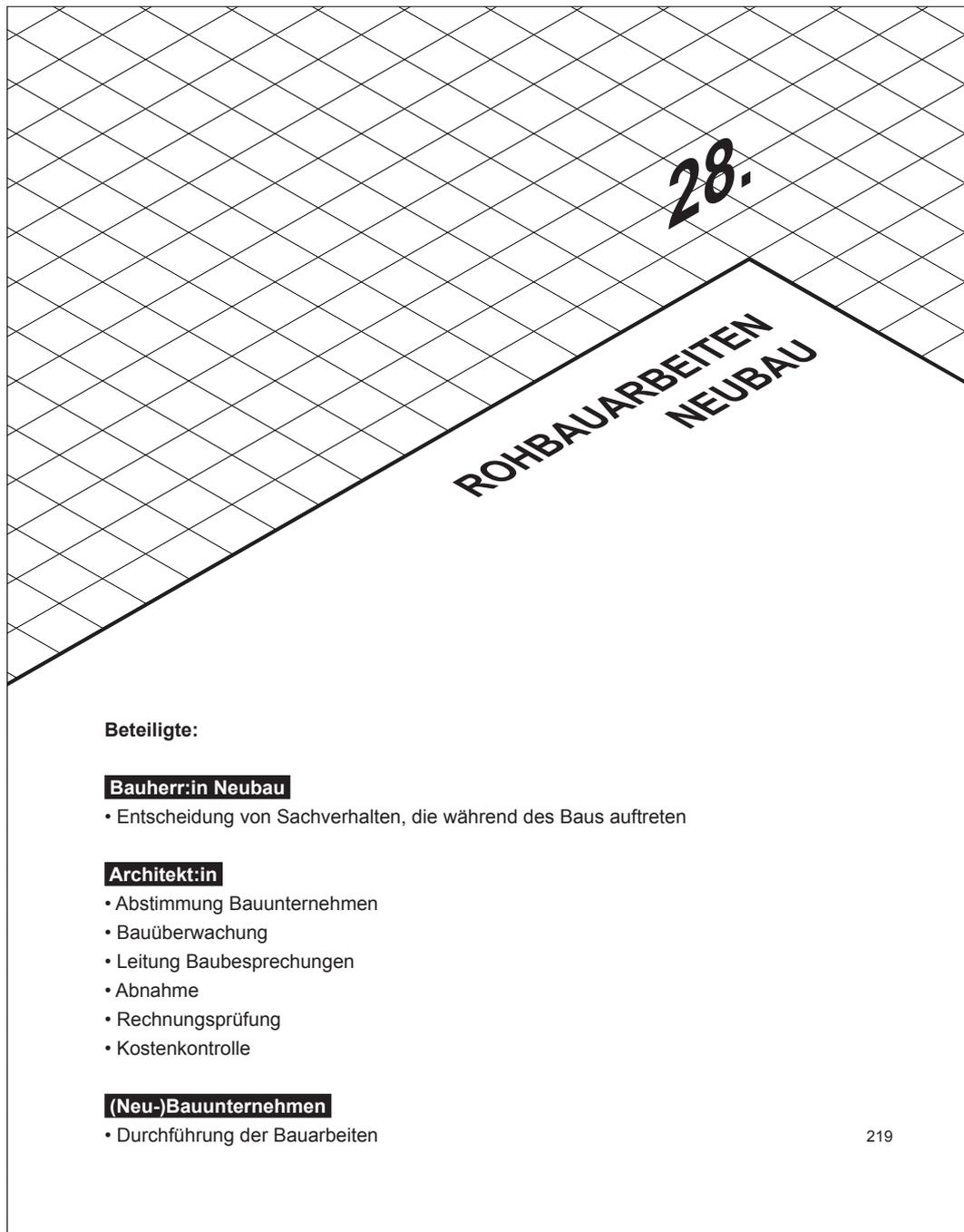
Außerdem kann als Teil der Erdarbeiten der Aushub für Keller und Fundamente und die Herstellung eines tragfähigen Untergrunds für diese ausgeführt werden. Je nach Ausschreibung und Vergabe können diese Aufgaben aber auch durch das Rohbauunternehmen ausgeführt werden.

In dieser Phase des Bauvorhabens sollten keine Besonderheiten durch die Wiederverwendung von gebrauchten Stahlbetonelementen auftreten. Je nachdem ob die Fundamente aus neuem Ortbeton oder gebrauchten Elementen bestehen, muss gegebenenfalls sichergestellt werden, dass die Baugrube bzw. Fundamentgruben passend für die vorgesehenen Elemente hergestellt wurden bzw. dass die Elemente tatsächlich die in der Planung angegebenen Maße haben. Dies sollte allerdings durch eine sorgfältige Vorplanung und durch die laufende Kontrolle der Bauteile sichergestellt sein. Für die Verlegung der Leitungen ist es gegebenenfalls von Bedeutung ob in den gebrauchten Elementen bereits Öffnungen enthalten sind, die für die Leitungsdurchführung verwendet werden können, falls ja müssen die Leitungen sehr exakt zu diesen Öffnungen verlegt werden. Dies sollte aber ebenso durch eine gute Vorplanung vorherseh- und durchführbar sein.

216







28.

**ROHBAUARBEITEN
NEUBAU**

Beteiligte:

Bauherr:in Neubau

- Entscheidung von Sachverhalten, die während des Baus auftreten

Architekt:in

- Abstimmung Bauunternehmen
- Bauüberwachung
- Leitung Baubesprechungen
- Abnahme
- Rechnungsprüfung
- Kostenkontrolle

(Neu-)Bauunternehmen

- Durchführung der Bauarbeiten

219

28. ROHBAUARBEITEN NEUBAU

Als nächster Schritt im Projekt müssen die Bauarbeiten ausgeführt werden, bei denen die tragende Struktur des Gebäudes errichtet wird: die sogenannten Rohbauarbeiten. Sie werden weitestgehend durch die Gewerke Maurer, Betonbauer und gegebenenfalls Zimmerer umgesetzt. Die Rohbauarbeiten stellen den Teil des Bauprozesses dar, in dem die gebrauchten Stahlbetonelemente schließlich in den Neubau eingebaut werden. Je nach Ausgestaltung der Konstruktionslösungen müssen hier neue und alte Elemente miteinander verbunden werden. Auf Grundlage des Logistik- bzw. Bauablaufplans (Kapitel 24) wird sichergestellt, dass die gebrauchten Stahlbetonelemente in der benötigten Reihenfolge zum jeweils richtigen Zeitpunkt auf die Baustelle geliefert werden und den Rohbauunternehmen zum Einbau bereitgestellt werden können.

Die Bauabschnitte können in folgende Bauteile gegliedert werden, für die dann die jeweiligen Ausführungsanforderungen durch Konstruktionsdetails festgelegt und überwacht werden können:

Bauteil	zu beachten:
Fundament	<ul style="list-style-type: none">• Vorsehen der benötigten (Bewehrungs-)Anschlüsse bzw. Verbinder für anschließende Bauteile wie Bodenplatte und Wände• vertikale Abdichtung gemäß DIN 18533

28. ROHBAUARBEITEN NEUBAU

	<ul style="list-style-type: none">• Sockeldämmung gemäß Ausführungsplanung herstellen• Leitungsdurchführungen für Installationen beachten bzw. herstellen
Bodenplatte	<ul style="list-style-type: none">• Herstellung der Anschlüsse an Fundamente• Vorsehen der benötigten (Bewehrungs-)Anschlüsse bzw. Verbinder für anschließende Bauteile wie Wände und Stützen• Dämmung und Abdichtung gemäß Ausführungsplanung herstellen• Durchführungen für Leitungen beachten bzw. herstellen

221

28. ROHBAUARBEITEN NEUBAU

Vertikale tragende Bauteile (Wände und Stützen)	<ul style="list-style-type: none">• Herstellung der Anschlüsse an Bodenplatte (bzw. Fundamente)• Vorsehen der benötigten (Bewehrungs-)Anschlüsse bzw. Verbinder für anschließende Bauteile wie Wände und Decken• Vorgaben durch Installationen und Leitungsführung beachten, ggf. Öffnungen/Bohrungen herstellen
Decken	<ul style="list-style-type: none">• Überprüfung der Auflager und Herstellung der Anschlüsse an vertikale Bauteile (Wände und Stützen)• bei Plattendecken: Herstellung der Fugenverbinder gemäß Ausführungsplanung

222

28. ROHBAUARBEITEN NEUBAU

Dach	<ul style="list-style-type: none">• Überprüfung der Auflager und Herstellung der Anschlüsse an vertikale Bauteile (Wände und Stützen) • Herstellung des Dachaufbaus (Abdichtung, Kalt- bzw. Warmdach, Begrünung) • Durchführungen für Abwasserentlüftung, PV oder Solarthermie • Blitzschutz
------	---

Sollte vor dem Einbau der Elemente festgestellt werden, dass diese bei der Zwischenlagerung oder beim Transport beschädigt wurden, müssen diese Schäden begutachtet eingeschätzt und aufgearbeitet werden.

Zur Überprüfung von Schäden können die Voruntersuchungen, die im Kapitel 5 beschrieben wurden, zur Hand genommen werden.

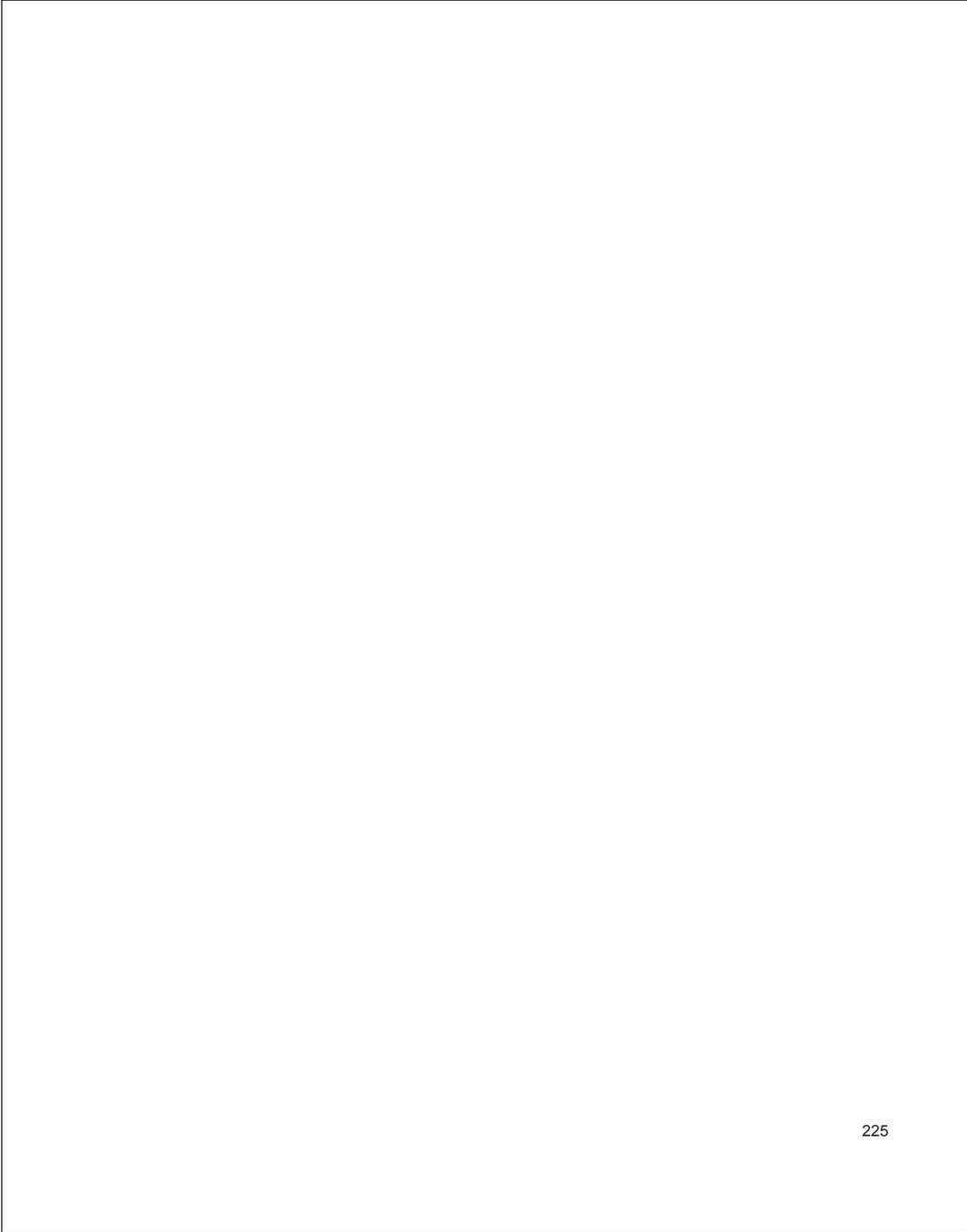
Wie bei konventionellen Bauvorhaben ist die oder der Architekt:in für die Abnahme von Bauleistungen zuständig, sowie für die Prüfung, Korrektur und Freigabe von Rechnungen der Bauunternehmen und deren Weiterleitung an die oder den Bauherr:in. Im Rahmen dessen muss auch

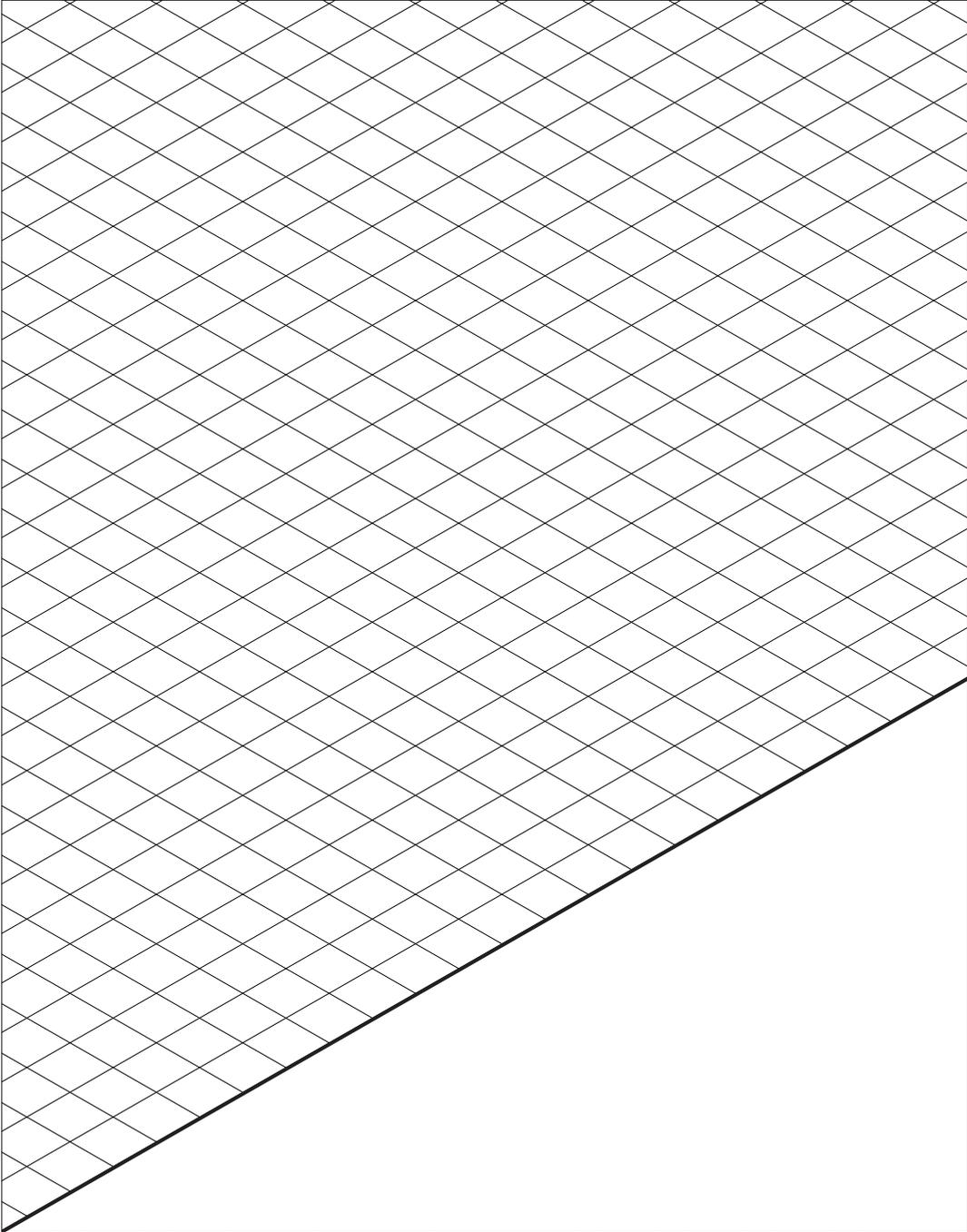
223

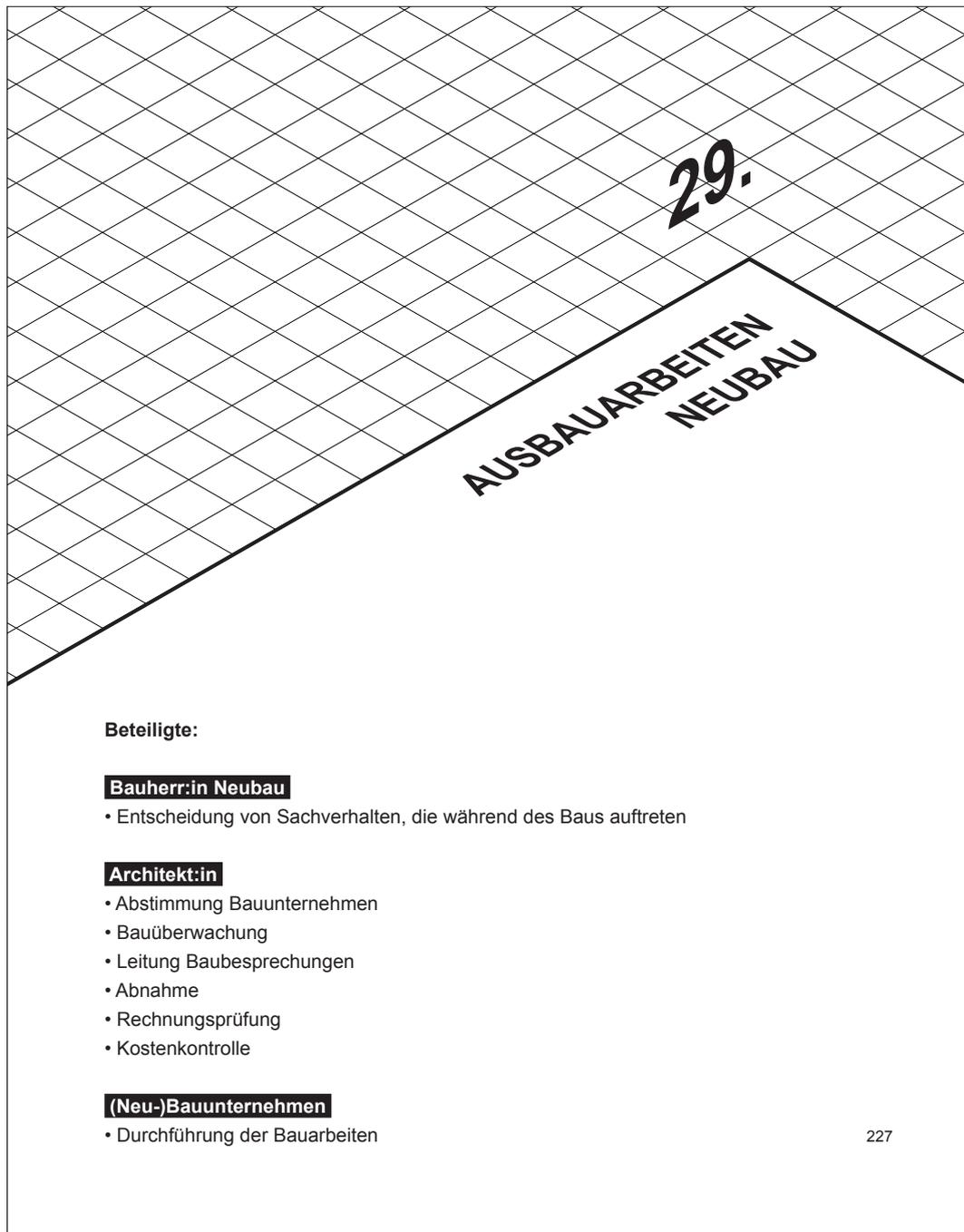
28. ROHBAUARBEITEN NEUBAU

die Kostenkontrolle des Projekts fortgeschrieben und regelmäßig an die oder den Bauherr:in kommuniziert werden.

Genau wie bei konventionellen Bauvorhaben ohne gebrauchte Bauteile kann es während der Ausführung der Bauarbeiten zu unvorhergesehenen bzw. nicht ausgeschriebenen Leistungen kommen, für die durch die oder den Architekt:in Nachträge mit den Bauunternehmen ausgehandelt werden müssen. Diese müssen dann von der oder dem Bauherr:in beauftragt werden.







29.

**AUSBAUARBEITEN
NEUBAU**

Beteiligte:

Bauherr:in Neubau

- Entscheidung von Sachverhalten, die während des Baus auftreten

Architekt:in

- Abstimmung Bauunternehmen
- Bauüberwachung
- Leitung Baubesprechungen
- Abnahme
- Rechnungsprüfung
- Kostenkontrolle

(Neu-)Bauunternehmen

- Durchführung der Bauarbeiten

227

29. AUSBAUARBEITEN NEUBAU

Für den nächsten Schritt im Bauvorhaben, dem Innenausbau, spielt es in der Regel keine Rolle, ob der Rohbau aus neuem Ortbeton oder gebrauchten Stahlbetonelementen hergestellt wurde. Fußbodenaufbauten, Wandbekleidungen, thermische Hülle und Installationen können in dieser Projektphase gemäß der Ausführungsplanung geliefert und ausgeführt bzw. montiert werden.

Falls das Gebäude mit einem Nachhaltigkeitszertifikat zertifiziert werden soll, müssen die Anforderungen, die auf Grundlage Zertifizierungskategorien in der Ausführungsplanung festgesetzt wurden, beachtet und während der Ausführung bzw. im Rahmen der Abnahme überprüft werden. Dabei ist vor allem auf die Zertifikate von verbauten Holzwerkstoffen (PEFC oder FSC), Öko-Siegeln (Blauer Engel, etc.) von Plattenwerkstoffen und auf das Vermeiden von geklebten Verbindungen zu achten.

Da der Innenausbau aufgrund von Abnutzung generell eine kürzere Lebensdauer als der Rohbau hat, sollte hier auf einfache und zerstörungsfreie Rückbaubarkeit und Austauschbarkeit gesetzt werden. So sollten Abdichtungen z.B. lieber aus Bahnen hergestellt werden als durch gestrichene Beschichtungen und Fugen lieber mit Stopfhanf als durch Bauschaum geschlossen werden.

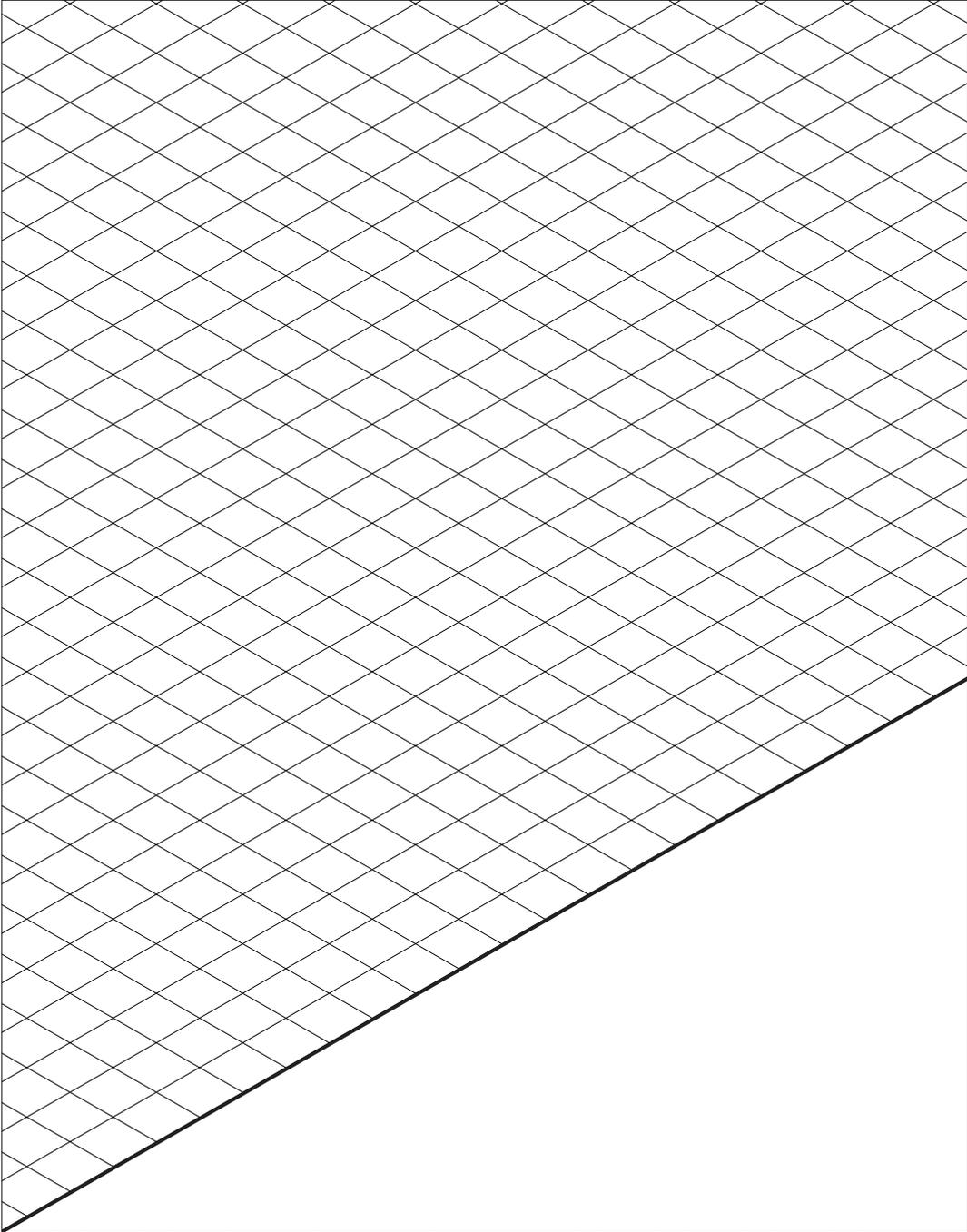
Falls diese Sachverhalte in der Ausschreibung nicht ausreichend festgelegt wurden, müssen diese durch die oder den Bauleiter:in während der Ausführung kommuniziert und überprüft werden. Gegebenenfalls sind Nachträge für die Bauunternehmen auszuhandeln.

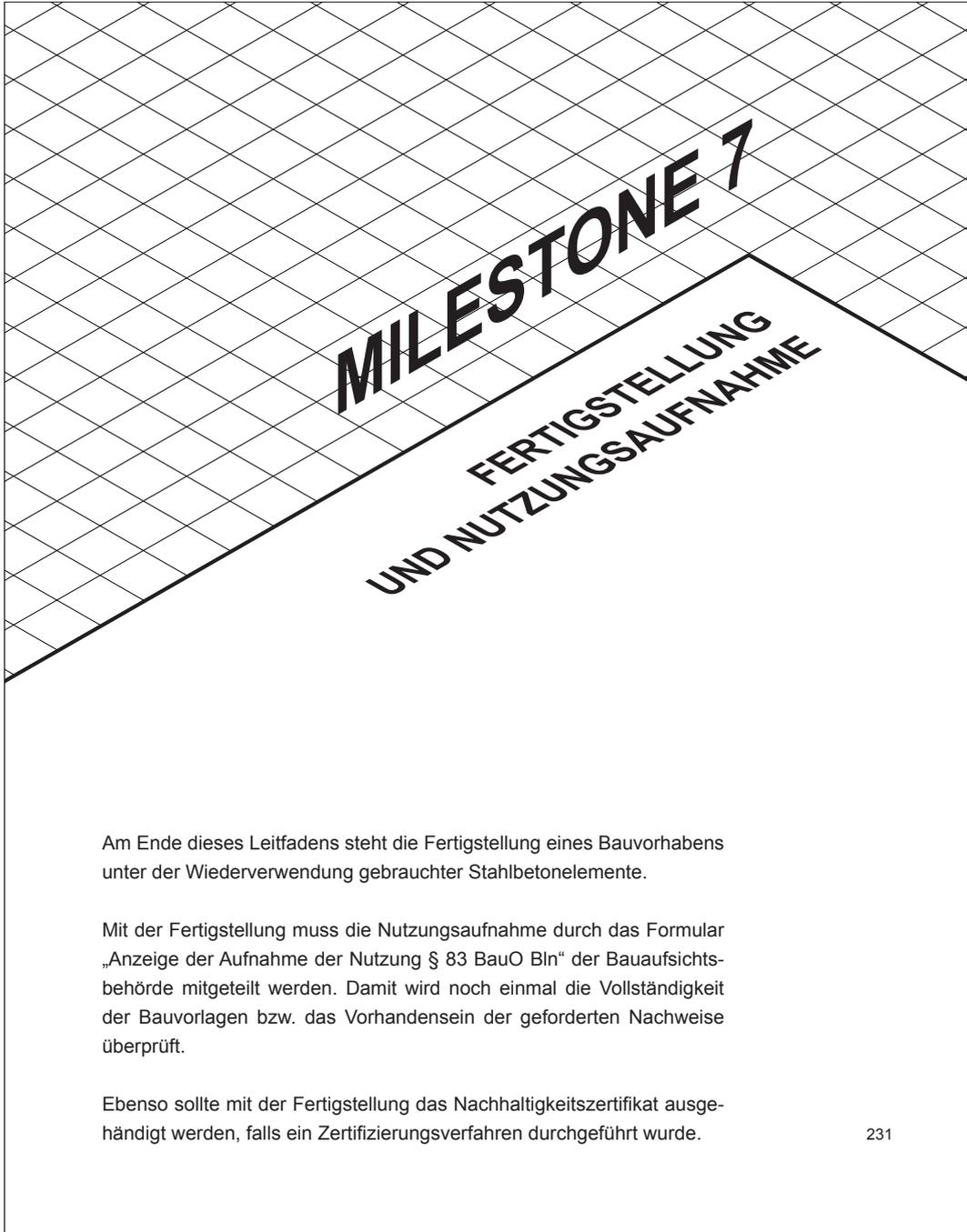
228

Genau wie bei den Rohbauarbeiten sind die Aufgaben der Abnahme,

29. AUSBAUARBEITEN NEUBAU

Rechnungsprüfung, Kostenkontrolle und Nachtragsmanagement während der Ausbaurbeiten durch die oder den Architekt:in zu leisten.





MILESTONE 7

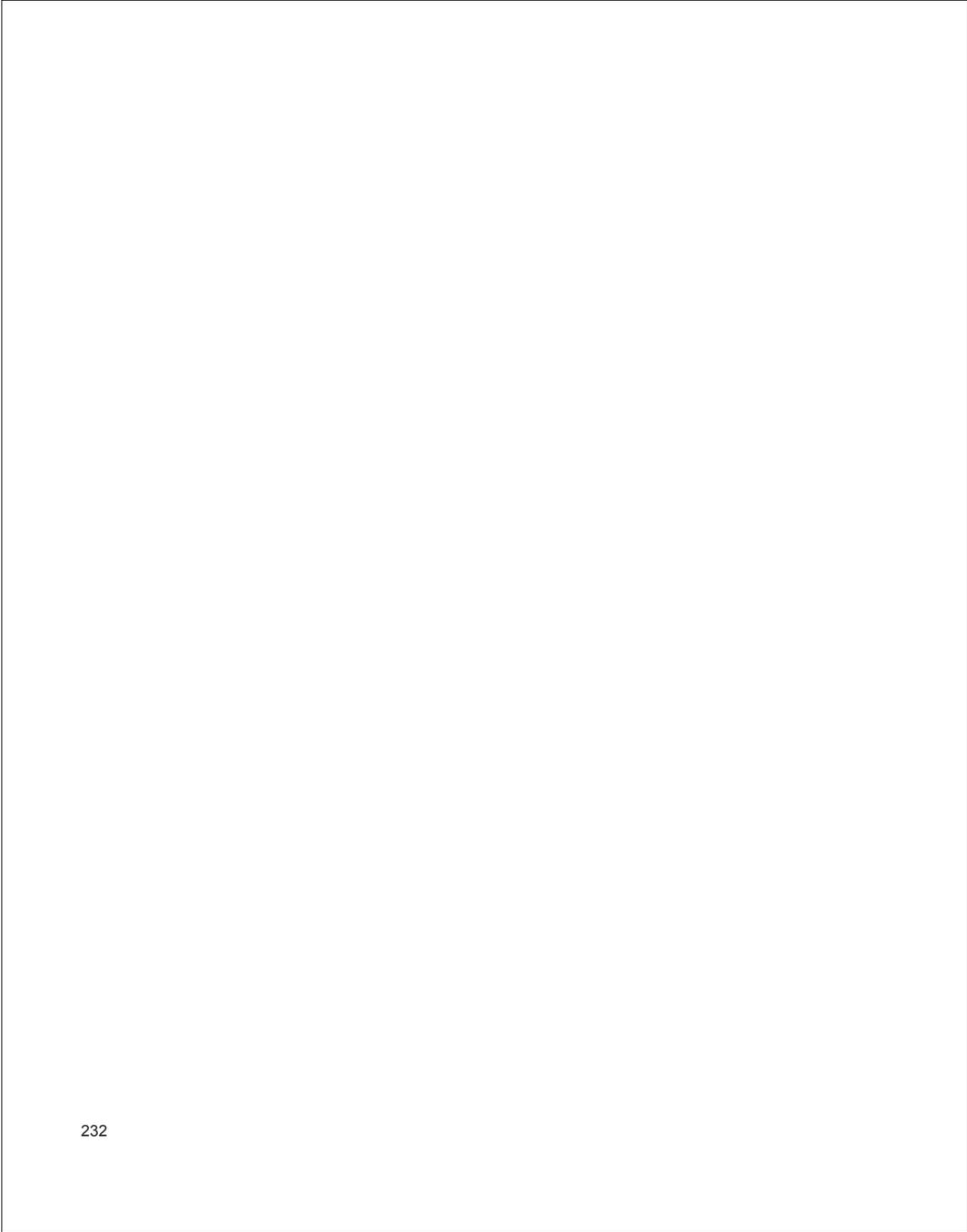
FERTIGSTELLUNG UND NUTZUNGSaufNAHME

Am Ende dieses Leitfadens steht die Fertigstellung eines Bauvorhabens unter der Wiederverwendung gebrauchter Stahlbetonelemente.

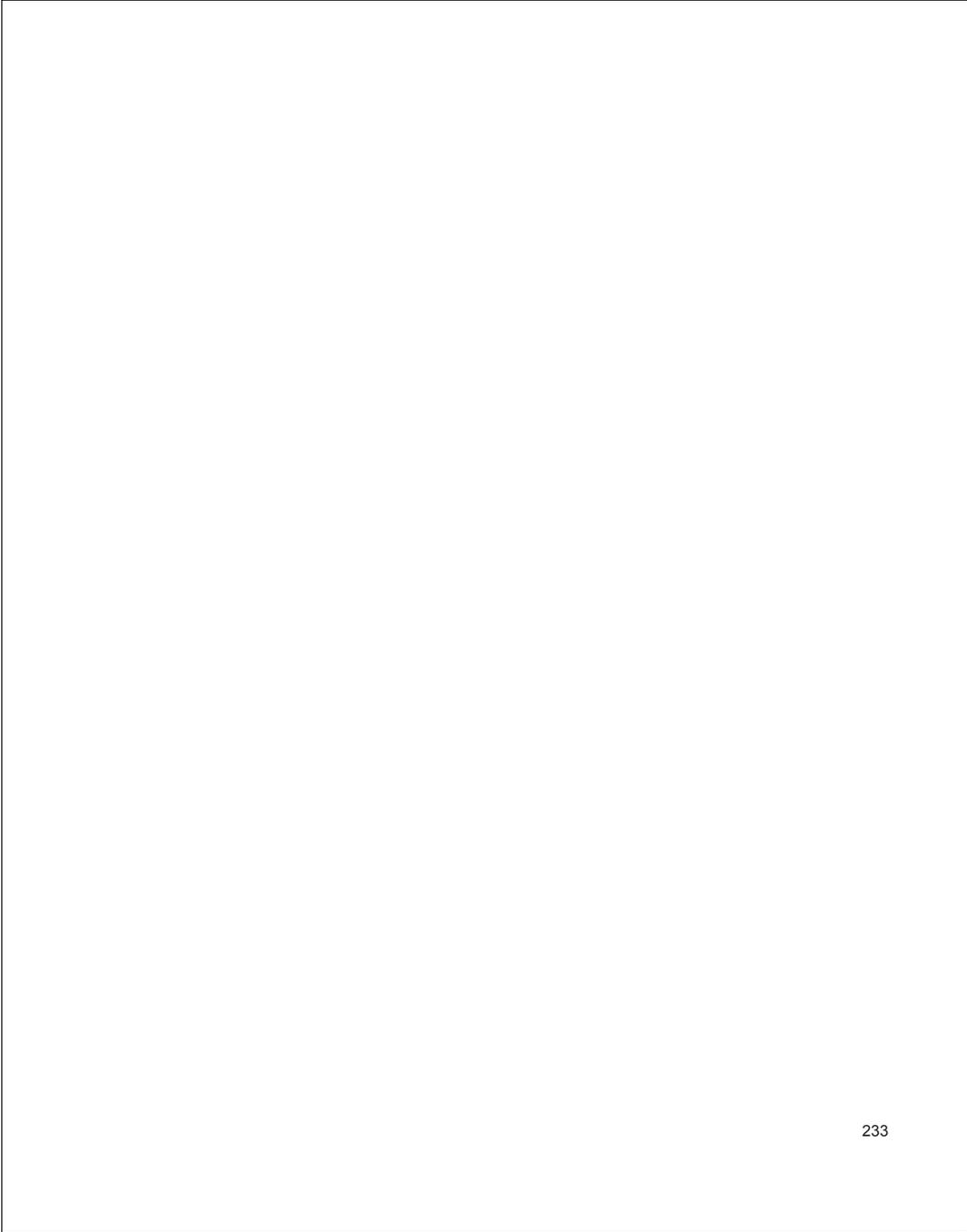
Mit der Fertigstellung muss die Nutzungsaufnahme durch das Formular „Anzeige der Aufnahme der Nutzung § 83 BauO Bln“ der Bauaufsichtsbehörde mitgeteilt werden. Damit wird noch einmal die Vollständigkeit der Bauvorlagen bzw. das Vorhandensein der geforderten Nachweise überprüft.

Ebenso sollte mit der Fertigstellung das Nachhaltigkeitszertifikat ausgehändigt werden, falls ein Zertifizierungsverfahren durchgeführt wurde.

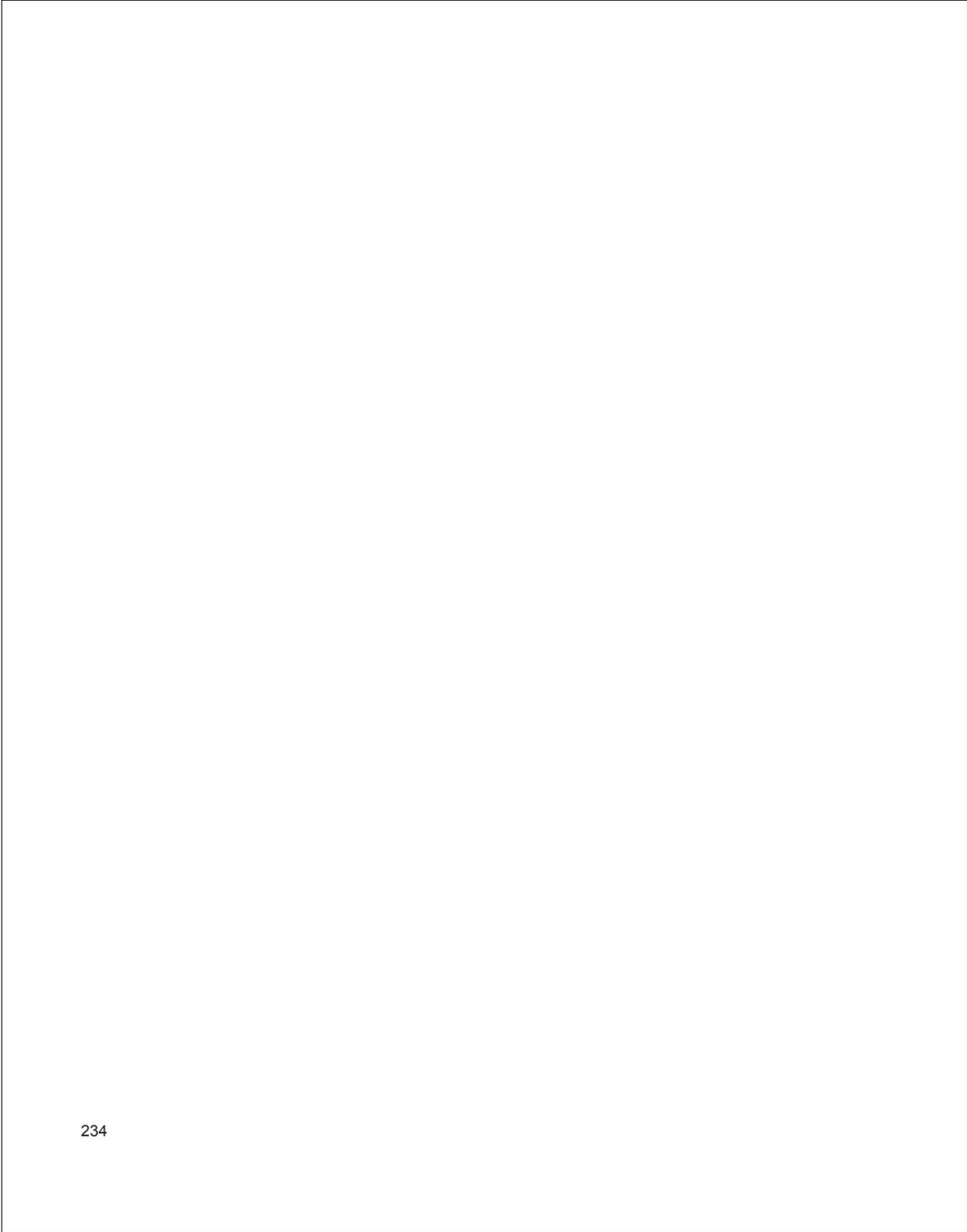
231



232



233



LITERATURVERZEICHNIS

- Bayrisches Landesamt für Umweltschutz: Arbeitshilfe Kontrollierter Rückbau, Kontaminierte Bausubstanz, 2019.
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): Selektiver Abbruch und verwendungsorientierter Rückbau - Checklisten zum präventiven Arbeitsschutz für die am Abbruch Beteiligten, 2010.
- Dervishaj, Arlind; Hernández Vargas, José; Gudmundsson, Kjartan: Enabling reuse of prefabricated concrete components through multiple tracking technologies and digital twins, 2023.
- Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V.: Merkblatt B 02 Merkblatt zur zerstörungsfreien Betondeckungsmessung und Bewehrungsart an Stahl- und Spannbetonbauteilen, 2021.
- Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V.: Merkblatt B 03 Elektrochemische Potentialmessung zur Detektion von Bewehrungskorrosion, 2008.
- Deutscher Abbruchverband: Hilfestellung Abbruchstatik, 2017.
- DGNB Kriterienkatalog Gebäude Neubau, 2023.
- DGNB Rahmenwerk für klimaneutrale Gebäude und Standorte, Stand Mai 2020
- Diederich, Holger: Zerstörungsfreie Prüfung der Bewehrung von Betonbauteilen mithilfe der magnetischen Streufeldmethode, 2016.
- Endbericht BBSR-Forschungsprojekt: Wissenschaftliche Begleitung der Arbeitsgruppe "Modul D" des Runden Tisches Nachhaltiges Bauen, 2017.
- Fachverband Betonbohren und -sägen Deutschland e. V.; BG Bau: Sicherheitsheft Betonbohren und -sägen, 2015.
- Fachverband Betonbohren und -sägen Deutschland e. V.: Regelwerk für die Leistungsbeschreibung, Ausführung und Abrechnung von Betonbohren, Betonschneiden, Spalten und Pressen, 2020.
- Grube, Horst; Krell, Jürgen: Zur Bestimmung der Carbonatisierungstiefe von Mörtel und Beton, 1986.
- Hafner, Annette; Rüter, Sebastian; Ebert, Samuel; Schäfer, Sabrina; König, Holger; de Cristofaro, Lisa; Diederichs, Stefan; Kleinhenz, Miriam; Krechel, Marco: Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren, 2017.
- Halstenberg, Michael; Franßen, Gregor: Regelwerke des Normungs- und technischen Zulassungswesens anhand des Themenkomplexes Recyclingverfahren und Weiter-/Wiederverwendung von Bauprodukten und Baustoffen, 2022.
- Hirschnitz-Garbers, Martin; Hinzmann, Mandy; Lassak, Timo: Zirkuläres Bauen in Berlin – Transformationsroadmap, 2021.
- Hirschnitz-Garbers, Martin; Hinzmann, Mandy: Zirkuläre Innovationen im Bereich Bauen in Berlin, 2021.
- Meetz, Michael; Mettke, Angelika; Liesemeier, Birgit; Schmidt, Stephanie; Verheyen, Frank: Brandenburger Leitfaden für den Rückbau von Gebäuden, 2015.
- Mettke, Angelika: Wiederverwendung von Bauelementen des Fertigteilebaus, 1995.

LITERATURVERZEICHNIS

Middel, Matthias M.; Pickhardt, Roland;
Eifert, Helmut; Lieblang, Peter; Lotter,
Stefan; Preis, Werner: Bauphysik nach
Maß, 2003.

Rentz, Otto; Ruch, Marc; Schultmann,
Frank; Sindt, Valerie; Zundel, Thierry;
Charlot-Valdieu, C.: Selektiver Gebäu-
derückbau und konventioneller Abbruch,
1998.

Rösel, Wolfgang; Busch, Antonius:
AVA-Handbuch, 2008.

Taffe, Alexander; Stoppel, Markus;
Wiggenhauser, Herbert: Zerstörungsfreie
Prüfverfahren im Bauwesen (ZfPBau),
2010.

Unruh, Hans-Peter; Nagora, Anja: Rück-
bau von Plattenbauten Vorbereitung und
Gestaltung der Baustellenprozesse bei
De- und Remontagen, 2002.

Walther, Andrei; Hasenstab, Andreas:
Zerstörungsfreie Prüfverfahren zur
Bestimmung von Materialparametern im
Stahl- und Spannbetonbau, 2012.

RELEVANTE GESETZE, NORMEN UND RICHTLINIEN

Gesetze

Gebäudeenergiegesetz - GEG 2023
 Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG 2012
 Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG 1996

Verordnungen / Ordnungen

Bauordnung - BauO Land Berlin 2020
 Verordnung über die Erhebung von
 Gebühren im Bauwesen - BauGebO Land
 Berlin 2019
 Verordnung über Bauvorlagen und das
 Verfahren im Einzelnen - BauVerfV Land
 Berlin 2017
 Verordnung ü. d. Bewirtschaftung von
 gewerbl. Siedlungsabfällen
 und von bestimmten Bau- und Abbruchab-
 fällen - GewAbfV 2017
 Verordnung über die Honorare für Archi-
 tekten- und Ingenieurleistungen - HOAI
 2021
 Vergabe- und Vertragsordnung für
 Bauleistungen - VOB (Teil A 2019 / Teil
 B 2016)
 Baustellenverordnung - BaustellV 1998
 Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV
 2002
 Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV 1976
 Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverord-
 nung - LärmVibrationsArbSchV 2007
 Lastenhandhabungsverordnung - Last-
 handhabV 1996

Gefahrstoffverordnung - GefStoffV 2010

Vorschriften / Normen / Richt- linien / technische Regeln

Muster-Verwaltungsvorschrift Technische
 Baubestimmungen - MVV TB 2023
 DIN EN 12504-2 - Prüfung von Beton
 in Bauwerken - Teil 2: Zerstörungsfreie
 Prüfung
 DIN 4108 - Wärmeschutz und Ener-
 gie-Einsparung in Gebäuden
 DIN EN ISO 10456 - Baustoffe und
 Bauprodukte - Wärme- und feuchtetechn.
 Eigenschaften
 DIN EN ISO 6946 - Bauteile - Wärme-
 durchlasswiderstand und Wärmedurch-
 gangskoeffizient
 DIN EN 15978 - Nachhaltigkeit v. Bauwer-
 ken - Bewertung d. umweltbez. Qualität
 von Gebäuden
 ATV DIN 18459 - VOB C: Abbruch- und
 Rückbauarbeiten
 DIN 18007 - Abbrucharbeiten - Begriffe,
 Verfahren, Anwendungsbereiche
 VDI 6210 - Abbruch von baulichen und
 technischen Anlagen
 VDI 3876 - Messen von Asbest in
 Bau- und Abbruchabfällen sowie daraus
 gewonnenen Recyclingmaterialien
 VDI 6202 - Schadstoffbelastete bauliche
 und technische Anlagen Abbruch-, Sanie-
 rungs- und Instandhaltungsarbeiten

237

RELEVANTE GESETZE, NORMEN UND RICHTLINIEN

Technischen Regeln für Gefahrstoffe -
TRGS

Regeln zum Arbeitsschutz auf Baustellen
- RAB

DGUV-Regel 109-017 „Betreiben v.
Lastaufnahmemitteln u. Anschlagmitteln
im Hebezeugbetrieb“

DGUV-Regel 101-603 „Branche Abbruch
und Rückbau“

Merkblatt DWA-M 303 „Wiedernutzbar-
machung von kleinen Grundstücken
– Abbruch, Rückbau und geordnete
Entsorgung“

Merkblatt DWA-M 304 „Vom Abfall zum
Abfallschlüssel – Ein Praxisleitfaden für
Abfälle aus dem Rückbau von Gebäuden
und baulichen Anlagen“

Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
(BNB): Bilanzierungsregeln für die Erstel-
lung von Ökobilanzen - Neubau Büro- und
Verwaltungsgebäude

DIBt-Merkblatt für Zustimmungen im
Einzelfall (ZiE) und vorhabenbezogene
Bauartgenehmigungen (vBG) für das
Land Berlin

DIBt: Technische Regel
Instandhaltung von Betonbauwerken
Teil 1 – Anwendungsbereich und Planung
der Instandhaltung

DIBt: Technische Regel
Instandhaltung von Betonbauwerken-
Teil 2 – Merkmale von Produkten oder
Systemen für die Instandsetzung und
Regelungen für deren Verwendung

GLOSSAR

Abbruchgenehmigung	14
Abfall	20, 52, 104, 137, 151, 152, 153, 155, 203, 204, 210
Abnahme	183, 215, 219, 223, 227, 228
Angebot	187, 191, 192
Anschlüsse	169, 187, 220, 221, 222, 223,
Arbeitsschutz	202
Arbeitssicherheit	202
Ausschreibung	53, 149, 153, 154, 162, 166, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 192, 196, 199, 207, 208, 210, 216, 228
Bauablaufplan	166
Bauaktenarchiv	25, 26
Bauantrag	107, 129, 130
Bauaufsichtsbehörde	14, 15, 26, 72, 76, 81, 99, 102, 105, 106, 107, 108, 112, 113, 130, 131, 143, 198, 231
Baubeginn	155, 199, 207, 208, 210
Bauleiter:in	201, 202, 228
Baurecht	17, 18, 58, 101, 103, 181, 182
Baustelleneinrichtung	66, 159, 207
Bauteilkatalog	61, 62, 89, 90, 204
Bauversicherung	184
Bauvorlagen	101, 107, 108, 130, 131, 231
Bauzeitplan	195, 196
Bestandserfassung	26, 28, 29
Bestandsgebäude	13, 14, 147, 151

GLOSSAR

Betondeckung	38, 40, 41, 43, 44, 119
Betonsägearbeiten	160, 161
Betonsägeverfahren	58, 203
Bewehrung	27, 32, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 91, 147, 151, 184, 185, 186
Brandschutz	96, 103, 104, 107, 118, 119, 120, 199,
Druckfestigkeit	39
Energieeinsparung	98, 106, 124, 126, 167
Entsorgung	64, 65, 66, 139, 152, 158
Entwurfsplanung	50, 57, 62, 69, 96
Fertigstellung	51, 69, 96, 143, 154, 187, 196, 231
Gebäudeenergiegesetz (GEG)	18, 51, 124
Gebäudehülle	51, 124, 127
Gefahrstoffe	158
Genehmigung	96, 102, 113, 154, 199
Genehmigungsplanung	78, 81, 98, 99, 101, 102, 106, 107, 112, 166
Gewährleistung	183
Graue Energie	19, 61, 136
Karbonatisierung	38, 39, 40, 147
Korrosion	36, 37, 38, 39, 93
Kosten	17, 18, 27, 29, 51, 57, 58, 62, 64, 66, 67, 72, 81, 132, 136, 137, 161, 162, 166, 182, 192, 209, 215, 224, 227, 229
Kran	65, 84, 86, 92, 159, 160, 199, 208, 209
Lagerung	90, 92, 93, 145, 146, 147, 212, 223

GLOSSAR

Leistungsbeschreibung	153, 155, 160, 182, 184, 185, 187, 188
Logistik	81, 89, 90, 92, 145, 146, 195, 196, 197, 220
Nachweis	26, 51, 76, 77, 78, 95, 96, 98, 101, 106, 107, 112, 113, 114, 120, 124, 130, 155, 158, 159, 183, 231
Ökobilanz	52, 92, 135, 136, 137, 139, 146
Primärenergiebedarf	127, 139
Prüfung	35, 39, 40, 44, 47, 76, 77, 78, 95, 98, 101, 103, 113, 114, 117, 120, 131, 132, 183
Recycling	20, 53, 64, 137, 150, 151
Rohbau	14, 27, 28, 32, 36, 52, 58, 65, 151, 160, 166, 167, 187, 192, 203, 216, 219, 220, 228
Rückbau	14, 23, 27, 28, 57, 62, 65, 66, 67, 83, 84, 86, 91, 92, 125, 137, 139, 146, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 158, 159, 161, 162, 185, 186, 196, 201, 202, 203, 204, 228
Schäden	36, 37, 38, 119, 120, 183, 223
Schadstoffe	39, 155, 156, 157, 158
Selektiver Rückbau	65, 67, 150
SiGeKo	201, 202
Spendergebäude	14, 18, 23, 61, 64, 146
Standicherheit	15, 83, 84, 96, 106, 107, 112, 113, 114, 130, 158, 159, 198
Transport	53, 58, 64, 65, 66, 89, 92, 136, 145, 146, 150, 160, 161, 162, 185, 195, 197, 203, 208, 223
Treibhausgasemissionen	136
Unfallverhütung	202
Verbindungen	62, 99, 113, 228
Zertifizierung	19, 49, 50, 51, 53, 136, 138, 228, 231

GLOSSAR

Zulassung ————— 76, 96, 105, 106, 108, 155, 183

Zuschnitt ————— 28, 29, 57, 58, 61, 62, 69, 81, 83, 84, 86, 90, 91, 150,
161, 203

Zwischenlager ————— 89, 92, 93, 145, 146, 160, 162, 196, 203, 212, 223

