

Diplomarbeit

Kapazitätsanalyse eines Hotelgebäudes aus den 80ern

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grads

Diplom-Ingenieur

eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen

Diploma Thesis

Capacity analysis of a hotel building from the 80's

submitted in satisfaction of the requirements for the degree

Diplom-Ingenieur

of the TU Wien, Faculty of Civil and Environmental Engineering

Leonard Frühwirth, BSc

Matr.Nr.: 01611388

Betreuung: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn **Oliver Englhardt**
Dipl.-Ing. **Rene Kurzbauer**, BSc
Institut für Hoch- und Industriebau
Forschungsbereich Hochbau und Gebäudeerhaltung
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/210, 1040 Wien, Österreich

Wien, im März 2025



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Fragestellung behandelt, welche Nutzlastreserven eines Hotelgebäudes, welches in den 1980er Jahren errichtet wurde, vorhanden sind.

Dabei wird zuerst der ökologische und der politische Hintergrund beleuchtet, um die Notwendigkeit der Umnutzung von bestehenden Gebäuden darzulegen. Es zeigt sich, dass speziell in der europäischen Politik viele Ziele gesetzt und Maßnahmen ergriffen wurden, um eine klimafreundlichere Wirtschaft zu etablieren (siehe Abschnitt 2.4). Diese Maßnahmen haben mitunter direkte Auswirkung auf die in der Bauindustrie tätigen Unternehmen. Dazu zählen beispielsweise die Verpflichtungen des Climate Transitionplan, zu denen, ab einer gewissen Unternehmensgröße, die Verringerung des CO₂-Ausstoßes gehören. Ebenso gilt die Taxonomieverordnung, die Kapitalflüsse auf nachhaltige Investitionen lenken soll, weshalb Unternehmen angehalten sind, Mindestschutzmaßnahmen einzuhalten, um weiterhin Investitionen zu erhalten. Die europäische Gebäuderichtlinie hat unter anderem durch die Verpflichtung zur thermischen Sanierung und der daraus resultierenden Senkung des Endenergiebedarfs für Heizung und Kühlung, um den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. Wie der CO₂-Ausstoß beeinflusst und verringert werden kann, wird im Abschnitt 2.3 erläutert.

Grundlage für Optimierungen ist die Ökobilanz, aus der hervorgeht, wie viel CO₂ in einem Gebäude gebunden ist, um daraus Klima-freundlichere Baumaterialien abzuleiten. Des Weiteren kann mithilfe eines materiellen Gebäudepasses, in Kombination mit einer Lebenszyklusanalyse, der Lebenszyklus von Baumaterialien optimiert und diese nach Beendigung ihres Lebenszyklus recycelt werden. Das Ergebnis ist ein geringerer Ressourcenverbrauch, mit einem geringeren CO₂-Fußabdruck.

Im nächsten Schritt wird ein Gebäude aus der Bauperiode bezüglich der verwendeten Materialien, Strukturen und Belastungen analysiert (siehe Abschnitt 3). Das Gebäude wird als Hotel mit Parkgarage im Kellergeschoss genutzt, es wurde in Stahlbetonbauweise errichtet und verfügt über drei Kellergeschosse, sowie elf Obergeschosse. Die Gesamthöhe ab der Geländeoberkante, beträgt bis zum First etwa 36 m, die Gebäudebreite beträgt etwa 42 m und die Gebäudelänge beträgt etwa 46,5 m. Ausgesteift wird das Bauwerk über einen Stahlbetonkern, in dem sich sechs Aufzüge, vier Stiegenhäuser, Lagerräume, Gänge, sowie Schächte für die Haustechnik befinden. Die Zwischendecken liegen in allen Geschossen, abgesehen von der Decke über dem Erdgeschoss, auf Schottenwänden, die senkrecht zum Kern stehen und zusätzlich zur Aussteifung beitragen. Im Erdgeschoss sind die Schottenwände durch Stahlbetonstützen ausgewechselt. Die Zwischendecken haben im Regelgeschoss eine Dicke von 27 cm, variieren jedoch in den anderen Geschossen. Die Schottenwände haben eine Dicke von 25 bis 35 cm und die Außenwände haben eine Dicke von 25 cm ab dem Erdgeschoss. Die Außenwand springt ab inklusive des dritten Obergeschosses in den Fensterachsen erkerförmig vor, bleibt bis zum siebenten Obergeschoss regelmäßig erhalten und springt im achten Obergeschoss zurück, wodurch eine Terrasse entsteht. Der Gebäudeabschluss erfolgt über einen Holzpfettendachstuhl mit etwa acht Grad Neigung auf einer Stahlbetondecke. Die Eigenlasten orientieren sich am Eigengewicht der jeweiligen Konstruktion sowie dem Aufbaugewicht der Fußböden, welches im Regelfall in den Zimmern etwa 54 kg/m² beträgt. Die

vorhandene Nutzlast, welche maßgebend für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist, beträgt in den Zimmern der Regelgeschosse $2,80 \text{ kN/m}^2$. Ausnahmen gibt es in den anderen Nutzungskategorien, wie exemplarisch den Gängen mit $4,00 \text{ kN/m}^2$, den Konferenzräumen mit $4,00 \text{ kN/m}^2$ oder der Lobby mit $5,00 \text{ kN/m}^2$.

Die Nutzlasterhöhung wird in Laststufen von je 50 kg/m^2 von 0 bis 200 kg/m^2 durchgeführt (siehe Abschnitt 4). Dargestellt sind die resultierenden Auslastungen der Bauteile im Nachweisformat des Eurocode 2, sowie die auftretenden Schnittkräfte und Verformungen.

Die Auswertung der Nutzlasterhöhung hat ergeben, dass das Gebäude durchaus über hohe Kapazitätsreserven verfügt (siehe Abschnitt 5). Die Erhöhung der Nutzlast muss jedoch auf manche Bereiche eingeschränkt, sowie andere Bereiche detaillierter betrachtet werden. Die Deckenplatten über dem 8. Obergeschoss können um 200 kg/m^2 auf insgesamt $4,80 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden, ohne dass Versagen eintritt. Die Deckenplatten der Regelgeschosse (Decke über 2. OG bis 7. OG) können um bis 150 kg/m^2 auf insgesamt $4,30 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden, bis rechnerisches Versagen in den oberen Bewehrungslagen über den Zwischenauflagern eintritt. Die Deckenplatte über dem 1. Obergeschoss ist bei bestehender Nutzlast ausreichend tragfähig, muss aber im Feldbereich der Stützen ertüchtigt werden, um eine erhöhte Nutzlast von $4,30 \text{ kN/m}^2$ aufnehmen zu können. Die Deckenplatte über dem Erdgeschoss wird wegen der bereits hohen Nutzlast nicht weiter belastet, der Bestand wurde jedoch nachgewiesen. Die Berechnung hat ergeben, dass unter Vollast im Grenzzustand der Tragfähigkeit nicht nur eine Auslastung von 140 Prozent in der oberen Bewehrungslage über den Stützen auftritt, sondern dass es auch zum Durchstanzen einer Stütze durch die Deckenplatte kommt. Die Folge der Überlastung in der oberen Bewehrungslage über den Stützen ist das Ausbilden eines plastischen Moments und eine gleichzeitige Aktivierung der anschließenden Feldbewehrung. Da die Feldbewehrung eine Auslastung von 40 Prozent aufweist, sind genügend Tragfähigkeitskapazitäten übrig, um das erhöhte Feldmoment aufzunehmen. Die mangelnde Tragfähigkeit der Decke über dem Erdgeschoss gegen Durchstanzen resultiert hingegen aus einer fehlenden Durchstanzbewehrung. Dies erscheint aufgrund des Vorhandenseins von Durchstanzbewehrung in anderen Bauteilen als unlogisch. Es wird daher vermutet, dass die Plansammlung der Ausführungspläne nicht vollständig und eine Durchstanzbewehrung sehr wohl vorhanden ist. Um einen statischen Nachweis der Tragfähigkeit zu erbringen, ist daher eine Ortung der Durchstanzbewehrung im Bereich der versagenden Decke erforderlich. Die weiteren Bauteile wie Wände und Stützen im Erdgeschoss weisen, bei einer Nutzlasterhöhung von 200 kg/m^2 auf $4,80 \text{ kN/m}^2$ eine maximale Auslastung von 63 Prozent auf und sind deshalb ausreichend tragfähig. Die zulässigen Nutzlasten sind in Abb. 5.27 ersichtlich. Daher ist eine Nutzlasterhöhung in den meisten Bereichen des Gebäudes prinzipiell möglich, Detailnachweise müssen jedoch noch erbracht werden. Alternative Nutzungen mit höherer erforderlicher Nutzlast sind somit aus statischer Sicht möglich.

Abstract

The present work addresses the question of what payload reserves are possible for a hotel building constructed in the 1980s.

The ecological and political background is first examined in order to explain the necessity of repurposing existing buildings. It turns out that, especially in European politics, many goals have been set and actions have been taken to establish a more climate-friendly economy (see section 2.4). These actions sometimes have a direct impact on companies in the construction industry. These include, for example, the obligations of the Climate Transition Plan, which, for companies above a certain size, include reducing CO₂ emissions. Similarly, the Taxonomy Regulation, which is intended to steer capital flows towards sustainable investments, requires companies to comply with minimum safeguards in order to continue to receive investments. The European Buildings Directive also has the purpose of reducing CO₂ emissions, among other things, by requiring thermal renovation and the resulting reduction in energy demand for heating and cooling. How CO₂ emissions can be influenced and reduced is explained in the 2.3 section.

The basis for this is the life cycle assessment, which shows how much CO₂ is bound in a building in order to derive more climate-friendly building materials from it. Furthermore, with the help of a material building pass, in combination with a life cycle analysis, the life cycle of building materials can be optimized and these can be recycled at the end of their life cycle. The result is a lower consumption of resources, with a smaller carbon footprint.

In the next step, a building from the period of construction is analyzed in terms of materials, structures and loads (see section 3). The building, used as a hotel with parking garage in the basement, was built in reinforced concrete construction and has three basement floors and eleven upper floors. The total height from the ground to the ridge is about 36 m, the width of the building is about 42 m and the length is about 46.5 m. The structure is braced by a reinforced concrete core containing six elevators, four staircases, storage rooms, corridors and shafts for building services. The intermediate ceilings on all floors, except for the ceiling above the ground floor, rest on crosswalls perpendicular to the core, which additionally contribute to the bracing. On the ground floor, the crosswalls are replaced by reinforced concrete columns. The intermediate ceilings have a thickness of 27 cm on the standard floor, but vary on the other floors. The cross walls are between 25 and 35 cm thick and the external walls are 25 cm thick from the ground floor upwards. From the third floor upwards, the external wall projects in a bay-like manner at the window axes, remains regular up to the seventh floor and then recedes on the eighth floor, forming a terrace. The building is completed by a timber roof structure with an inclination of about eight degrees on a reinforced concrete ceiling. The dead loads are based on the weight of the construction and the weight of the floors, which is usually about 54 kg/m² in the rooms. The existing imposed load, which is decisive for the verification in the ultimate limit state, is 2.80 kN/m² in the rooms of the standard floors. There are exceptions in the other use categories, such as the corridors with 4.00 kN/m², the conference rooms with 4.00 kN/m² or the lobby with 5.00 kN/m².

The increase in the imposed load is carried out in load increments of 50 kg/m^2 from 0 to 200 kg/m^2 (see section 4). The resulting utilization of the components in the format of Eurocode 2 is shown, as well as the occurring internal forces and deformations.

The evaluation of the payload increase shows that the building has high capacity reserves (see section 5). However, the increase in the payload must be restricted to some areas, and other areas must be examined in more detail. The floor slabs above the 8th floor can be increased by 200 kg/m^2 to a total of 4.80 kN/m^2 without failure occurring. The floor slabs of the standard floors (floor above the 2nd floor to the 7th floor) can be increased by up to 150 kg/m^2 to a total of 4.30 kN/m^2 before failure occurs in the upper reinforcement layers above the intermediate supports. The floor slab above the first floor has sufficient load-bearing capacity with the existing payload, but it must be reinforced in the area of the columns in order to be able to withstand an increased payload of 4.30 kN/m^2 . The floor slab above the ground floor will not be further loaded due to the already high payload, but the existing structure has been verified. On the one hand, the calculation has shown that under full load, a utilization of 140 percent occurs in the upper reinforcement layer above the columns. On the other hand, the column will punch through. The consequence of the overloading is the formation of a plastic mechanism and a simultaneous activation of the adjoining field reinforcement. Since the field reinforcement has a utilization of 40 percent, there is sufficient load-bearing capacity left to absorb the increased field moment. The lack of load-bearing capacity of the ceiling above the ground floor against punching through the ceiling, results from a lack of reinforcement. This seems illogical given the presence of punching shear reinforcement in other components. It is therefore suspected that the collection of as-built drawings is not complete and that punching shear reinforcement is indeed present. In order to provide static proof of load-bearing capacity, it is therefore necessary to locate the punching shear reinforcement in the area of the failing ceiling. The other components, such as the walls and columns on the ground floor, show a maximum utilization of 63 percent with an increase in the payload from 200 kg/m^2 to 4.80 kN/m^2 , and therefore have sufficient load-bearing capacity. The permissible payloads can be seen in figure 5.27. Therefore, an increase in the payload is possible in most areas of the building and thus makes it possible to allow other uses.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Allgemein	9
1.2	Motivation	9
1.3	Forschungsfrage	10
1.4	Aufbau der Arbeit	10
2	Grundlagen	11
2.1	Methodik	11
2.2	Wirtschaft	14
2.2.1	Bauleistung und Potential	14
2.2.2	Flächenentwicklung	14
2.2.3	Wirtschaftliche Nutzbarkeiten	16
2.3	Ökologie	18
2.3.1	Ökobilanz	18
2.3.2	Ökoindex	18
2.3.3	Materieller Gebäudepass	21
2.3.4	Lebenszyklus	21
2.3.5	Kreislaufwirtschaft	22
2.3.6	Beeinflussbarkeit des Global Warming Potential	24
2.4	Relevanz für die Bauindustrie	27
2.4.1	Internationale Klimapolitik	27
2.4.2	Europäische Klimapolitik	29
2.4.3	Wesentliche europäische Judikatur:	30
2.4.4	Nationale Klimapolitik	33
2.4.5	Zusammenfassung	34
2.5	Anforderungen bei Umnutzung	35
2.5.1	Statische Parameter	35
2.5.2	Baurechtliche Parameter	35
2.6	Sanierungsmöglichkeiten von Stahlbetonbauten	38
2.6.1	Betonschäden	38
2.6.2	Zustandserfassung	40
2.6.3	Betoninstandsetzung	42
2.6.4	Betonertüchtigung	43
3	Tragwerksanalyse & Modellbildung	45
3.1	Allgemein	45
3.2	Tragwerksanalyse	48
3.2.1	Gebäudebeschreibung	48
3.2.2	Werkstoffgüten, Spannweiten und Bewehrung	57
3.3	Normen und Lastannahmen	71
3.3.1	Aktuelle Normen	71
3.3.2	Normen zum Errichtungszeitpunkt	81

3.3.3	Lastvergleich	87
3.4	Modellbildung	88
3.5	Nutzlasterhöhung:	101
4	Berechnung	102
4.1	Auslastung der Deckenplatten	102
4.1.1	Decke über 8. OG:	102
4.1.2	Decke über 2. OG:	107
4.1.3	Decke über 1. OG:	111
4.1.4	Decke über EG:	116
4.1.5	Decke über Rampe im EG:	119
4.2	Durchstanzen von Säulen in der Decke über EG und über 8.OG	120
4.2.1	Durchstanzen in der Decke über 8 OG:	120
4.2.2	Durchstanzen in der Decke über EG:	122
4.3	Tragfähigkeit der Wände im EG:	123
4.4	Auslastung der Stützen im EG:	125
4.5	Langzeitverformung der Deckenplatten	126
4.5.1	Langzeitverformung Decke über 8. OG:	127
4.5.2	Langzeitverformung Decke über 2. OG:	128
4.5.3	Langzeitverformung Decke über 1. OG:	129
4.5.4	Langzeitverformung Decke über EG:	130
4.6	Biegemomente m_x und m_y in der Deckenplatte über 2. OG	130
4.7	Normalkraft n_x der Wände im EG	133
4.8	Normalkraft N_x der Stützen im EG	134
5	Auswertung & Schlussfolgerung	135
5.1	Auswertung Decke über 8. Obergeschoss	135
5.2	Auswertung Decke über 2. Obergeschoss	138
5.3	Auswertung Decke über 1. Obergeschoss	142
5.4	Auswertung Decke über Erdgeschoss	145
5.5	Auswertung Wände im Erdgeschoss	148
5.6	Auswertung Stützen im Erdgeschoss	149
5.7	Auswertung Durchstanzen über EG und über 8. OG	151
5.8	Schlussfolgerung	153
5.8.1	Allgemein	153
5.8.2	Zulässige Nutzlasten	153
5.8.3	Mögliche Nutzungen	154
5.8.4	Anmerkungen zu Umbauten	154

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Allgemein

Kern der vorliegenden Arbeit ist, die statischen Tragfähigkeitsreserven eines bestehenden Hotelgebäudes, welches in den 1980er Jahren errichtet wurde, zu ermitteln, zu abstrahieren und die Ergebnisse auf ähnliche Gebäude, welche in der gleichen Bauperiode mit ähnlicher Tragstruktur und Bauweise errichtet wurden, anwenden zu können, um alternative Nutzungskonzepte zu ermöglichen.

1.2 Motivation

Der Klimawandel stellt eine existenzielle Bedrohung dar und führt zu tiefgreifenden Veränderungen betreffend Natur, Gesellschaft und Wirtschaft (Europäische-Kommission-c [43]). Um die Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren, wurden auf politischer Ebene Initiativen gestartet, wie etwa die UN Klimaziele der Vereinten Nationen International, der Green Deal in der Europäischen Union oder der Wiener Klimafahrplan auf nationaler Ebene. Auf rechtlicher Ebene wurden und werden weiterhin Gesetze beschlossen, unter anderem das europäische Klimagesetz. Ziel dieser Initiativen ist, die Treibhausgasemissionen und folglich die Erderwärmung zu reduzieren, um die Folgen des Klimawandels abzumildern. Im Falle der europäischen Klimapolitik gilt es das 1,5 °C Ziel einzuhalten (Bundesministerium-für-Klimaschutz-d [34]).

Da weltweit die indirekten CO₂-Emissionen durch die Neuerrichtung von Gebäuden etwa 19 Prozent der Gesamtemissionen ausmachen, ist es sinnvoll die Freisetzung dieser Emissionen durch geeignete Maßnahmen zu reduzieren (Hamilton et al. [66]).

Eine geeignete Maßnahme ist, anstatt des Rück- und Neubaus von Bestandsgebäuden deren Nachnutzung zu forcieren, wodurch die direkten CO₂-Emissionen durch die Errichtung, auf die Emissionen durch den Umbau reduziert werden können. Durch die Sanierung von Bestandsgebäuden können anschließend auch die indirekten CO₂-Emissionen durch Heizen und Kühlen, welche etwa etwa 29 Prozent der Gesamtemissionen ausmachen reduziert werden.

Um diese Nachnutzung zu ermöglichen, ist es notwendig, die Tragfähigkeitsreserven dieser Gebäuden zu ermitteln, woraus alternative Nutzungskonzepte entwickelt werden können. In weiterer Folge können durch eine wechselseitige Optimierung der Planung, strukturelle Änderungen des Bestands ermöglicht werden, um diesen an neue Anforderungen wie beispielsweise moderne Raumkonzepte anzupassen und das volle Potential bestehender Gebäude auszunutzen.

1.3 Forschungsfrage

Daraus ableitend, lässt sich die folgende Forschungsfrage formulieren:

Wie hoch sind die Nutzlastreserven eines Hotelgebäudes, welches in den 1980er Jahren errichtet wurde, welche Nutzungsarten werden dadurch ermöglicht und welche strukturellen Einschränkungen gibt es bei einem Umbau?

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich in zwei Teile. Zuerst wird jener Teil behandelt, welcher sich mit der Theorie hinter der Notwendigkeit der Umnutzung bestehender Gebäude auseinandersetzt, sowohl in ökologischer als auch politischer Sicht. Geklärt werden Themen wie der aktuelle Bedarf an Flächen, die Entwicklung von Flächen, sowie die Bauleistung gegliedert nach Nutzungsarten. Zusätzlich werden alternative Nutzungsmöglichkeiten für Bestandsgebäude untersucht. Neben der Erläuterung der Relevanz des Themas in Bezug auf Sicherheit, Risiko, Ökologie und Nachhaltigkeit, werden Sanierungsmöglichkeiten von Stahlbetonbauten und deren Ertüchtigung für höhere statische Erfordernisse beschrieben, wodurch die gestellten Anforderungen erfüllt werden können.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Tragstruktur des Gebäudes, welche wie auch die Einwirkungen laut diversen Normen analysiert wird. Ebenso wird ein Vergleich der aktuell gültigen und der zum Errichtungszeitpunkt gültigen Normen vorgenommen, um neben den strukturellen Besonderheiten des Gebäudes, potentielle Lastreserven durch unterschiedliche Belastungsannahmen und Sicherheitskonzepten identifizieren zu können.

Anschließend wird in der Modellierung ein digitaler Zwilling mittels Building Information Modeling erstellt. Dabei wird der analysierte Bestand des Gebäudes, auf Basis der vorhandenen Ausführungspläne und einer Vorortbegehung in einem Finite Elemente Modell abgebildet. Dadurch ist es möglich, die Tragfähigkeit der vorhandenen Struktur zu ermitteln und eventuelle zusätzliche Tragreserven aus einer damaligen Überdimensionierung der Bauteile, einer geänderten Normenlage oder durch eine realitätsnähere Berechnung zu bestimmen. Das Ergebnis ist eine maximale Belastung, welche die Tragstruktur mit ausreichender Sicherheit aufnehmen und ableiten kann, durch welche sich neue Nutzungsarten ergeben oder ausschließen können.

Kapitel 2

Grundlagen

2.1 Methodik

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise der Recherche zum Gebäude beschrieben. Ein Flowchart der Vorgehensweise ist in Abb. 2.1 ersichtlich.

Historische Aufarbeitung:

Auf der Liegenschaft wurde erstmals 1873 zur Weltausstellung von Architekt und Stadtbaumeister Wilhelm Fraenkel ein Hotel gebaut. 1875 wurde das Gebäude auf Bestreben von Polizeipräsident Wilhelm Freiherr Marx von Marxberg an die k.k. Polizeidirektion verkauft, um anlässlich der Weltausstellung höhere Kapazitäten zu haben. Zwischen 1938 und 1945 wurde das Gebäude durch die NSDAP beschlagnahmt und als Gestapo-Dienststelle sowie für das Innenministerium verwendet. 1945 wurde das Gebäude durch einen Bombentreffer im Hof und dem daraufhin ausbrechenden Brand vollständig zerstört, wodurch die Liegenschaft unbebaut blieb, bis 1988 wieder ein Hotel darauf errichtet wurde.

Planeinsicht Magistratsabteilung 37:

Der nächste Schritt war eine Planeinsicht bei der Magistratsabteilung 37 in der Dresdnerstraße 82, 1200 Wien. Ausgehoben werden konnten die Einreichpläne aus dem Jahr 1988, ein Gutachten betreffend der Nutzungsdauer aus dem Jahr 2002, sowie ein Brandschutzkonzept aus dem Jahr 2013. Die Einreichpläne enthalten alle relevanten Maße des Gebäudes, sowie Fußbodenaufbauten und Raumnutzungen. Das Brandschutzkonzept wurde im Zuge einer Sanierung erstellt und enthält Angaben über eine Sprinkleranlage und Fluchtwege. Da bereits ein Brandschutzgutachten vorliegt, kann davon ausgegangen werden, dass bei weiteren Umbauten der Brandschutz weiterhin eingehalten werden kann. Das Gutachten betreffend der Nutzungsdauer bescheinigt vor Sanierung einen guten bis mittelmäßigen Bau- und Erhaltungszustand.

Studie der einschlägigen Normen aus dem Errichtungszeitraum:

Um die Einwirkungen, die zum Errichtungszeitpunkt angenommen wurden und auf die das Gebäude bemessen wurde, zu erhalten, wurden die Normen, die im Jahr 1988 gültig waren, in einer Literaturrecherche ermittelt und mit den derzeit gültigen Einwirkungen verglichen. Ebenso wurde auch das damals gültige deterministische Sicherheitskonzept mit dem jetzt gültigen semiprobabilistischen Sicherheitskonzept verglichen.

Akteneinholung von einem planungsbeteiligten Ziviltechniker:

Im Jahr 2013 wurde das Gebäude vollumfänglich saniert, dabei wurden im 1. Obergeschoss die Konferenzräume erweitert, indem Wanddurchbrüche in den Schottenwänden, welche senkrecht zum Gebäudekern stehen, vorgenommen und durch Stahlrahmen kompensiert wurden. Die Zimmerteilung wurde verändert, in den Obergeschossen 4 und 5 wurde im Kern des Gebäudes ein Fitness- und Wellnessbereich eingerichtet. Im Zuge dessen wurden digitale Bestandspläne im DWG-Format erstellt, welche freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden.

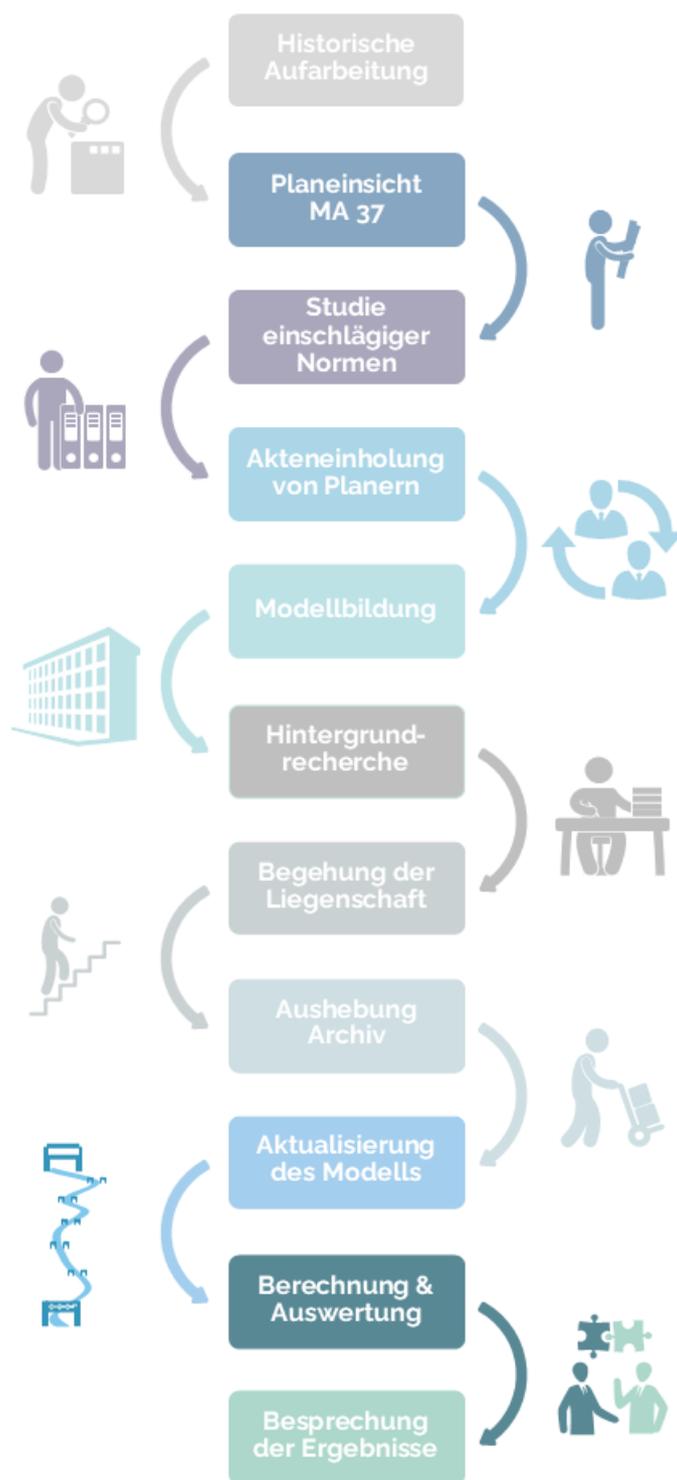


Abb. 2.1: Methodik

Modellbildung:

Die erhaltenen digitalen Bestandspläne bilden die Grundlage für die Modellierung des dreidimensionalen statischen Modells, welches entwickelt wurde. Die Parameter, sowie der Grad der Detaillierung wurden im Laufe der Berechnung angepasst.

Hintergrundrecherche zur wirtschaftlichen, ökologischen, politischen und bautechnischen Sinnhaftigkeit von Umnutzungen:

Parallel zum Einholen aller gebäudebezogenen Unterlagen wurde eine Hintergrundrecherche zur Sinnhaftigkeit der Umnutzung von bestehenden Gebäuden gemacht. Diese zeigt, welche wirtschaftlichen Nutzungen potentiell sinnvoll sind, weshalb die Nachnutzung aus ökologischer Sicht alternativlos ist, welche politischen Entscheidungen und Gesetze zu gewissen Maßnahmen verpflichten und was bautechnisch beachtet werden muss, um eine Umnutzung möglich zu machen.

Begehung der Liegenschaft:

Zur Bestandsaufnahme und Kontrolle wurde eine Begehung der Liegenschaft mit dem Facility Manager durchgeführt. Dabei wurden Maße, Deckenhöhen, Raumanordnungen, Schäden, die haustechnischen Anlagen und die statische Struktur mit ihren Bauteilen begutachtet. Es wurden keine groben Abweichungen von den Bestandsplänen in Maßhaltigkeit oder Struktur festgestellt. Ebenso wurden keine Schäden vorgefunden. Lediglich auf Verbesserungspotentiale in der Haustechnik, speziell in der Klimatisierung, wurde hingewiesen. Auf Grund der Nähe zur Fernkältezentrale Ringturm und dem bereits vorhandenen Kältenetz entlang des Schottenring, wäre ein Wechsel von der stationären Klimaanlage zu einer zentralen Fernkälteanlage sinnvoll (Wien-Energie-GmbH [109]).

Aushebung der Unterlagen im Archiv des Eigentümers:

Im Archiv des Eigentümers wurden Ausführungspläne in Form von Schalungs- und Bewehrungsplänen, Bestandspläne und eine bauphysikalische Berechnung gefunden.

Aktualisierung des Modells:

Nach Erhalt der Ausführungspläne wurden die Eigenschaften des statischen Modells detaillierter eingearbeitet, ebenso die Bewehrung der Bauteile ab den Wänden im Erdgeschoss aufwärts.

Berechnung und Auswertung der Ergebnisse nach Nutzlasterhöhung:

Um die Möglichkeit alternativer Nutzungsmöglichkeiten zu erhalten, werden in zunehmenden Laststufen die Nutzlast der Geschossdecken erhöht, bis die maximale Tragfähigkeit oder die Gebrauchstauglichkeit erreicht ist. Dadurch können für manche Bereiche andere Nutzbarkeiten ermöglicht, beziehungsweise Sanierungsmaßnahmen für manche Bauteile empfohlen werden.

Besprechung der Ergebnisse:

Im Anschluss wurde die Berechnung mit Projektbeteiligten besprochen und auf Plausibilität geprüft, das Ergebnis ist im Abschnitt 5 zu sehen.

2.2 Wirtschaft

In diesem Kapitel werden verschiedene wirtschaftliche Nutzbarkeiten beschrieben, mit dem Ziel, einen Anreiz zur möglichen Umnutzung mit möglichst einfacher Durchführbarkeit und größtmöglichem Nutzen zu bieten.

2.2.1 Bauleistung und Potential

Aus den Daten des Gebäude- und Wohnungsregister der Statistik Austria geht hervor, dass sich die Anzahl der Gebäude in Wien aus den Bauperioden vor 1919 bis 1990 im Zeitraum vom 01.01.2014 bis 01.01.2024 von 127.879 Gebäuden auf 122.966 Gebäude reduziert hat. Dies entspricht einem Rückgang von etwa 4.900 Gebäuden, woraus geschlossen werden kann, dass jene Gebäude rückgebaut wurden. Auf die für diese Arbeit relevante Bauperiode 1981 bis 1990 entfallen 299 Gebäude (Statistik-Austria-a [103]).

Neu bewilligt wurden im selben Zeitraum in Wien hingegen in etwa 16.000 Gebäude (Statistik-Austria-b [104]), bei einem Gebäudebestand von etwa 185.000 Gebäuden (Statistik-Austria-a [103]). Folglich hätten 30 Prozent der Neubauten im untersuchten Zeitraum auch saniert und umgenutzt werden können. Dies zeigt, dass es notwendig ist, Strategien für Bauherr:innen zu entwickeln, die es ermöglichen, ohne unverhältnismäßig großen organisatorischen Aufwand eine Sanierung und Umnutzung von bestehenden Gebäuden durchführen zu können, anstatt den bekannten Weg des Rück- und Neubaus einzuschlagen. Zusätzlich ist auch der regulatorische Druck in Form von "Klimagesetzen" notwendig, um die Entscheidungsträger:innen dazu zu bewegen, den notwendigen Mehraufwand zu tätigen.

2.2.2 Flächenentwicklung

Die Entwicklung von Nutzflächen in Wien in den fünf Nutzungsklassen Wohngebäude, Bürogebäude, Hotel, Einzelhandelsgebäude und Industriegebäude in den letzten zehn Jahren zeigt ein stark differenziertes Bild. Während die Anzahl der Wohngebäude innerhalb von 10 Jahren insgesamt um 4,85 Prozent gestiegen ist, hat sich die Anzahl der Einzelhandelsgebäude von 3034 auf 2853 reduziert (Statistik-Austria-a [103]), dies entspricht einem Rückgang von insgesamt 6,34 Prozent in den letzten 10 Jahren. Die Anzahl der Industriegebäude ist nach leicht volatilen Verhalten innerhalb von 10 Jahren um insgesamt 1,58 Prozent leicht gestiegen. Die Anzahl der Bürogebäude hat sich diesem Zeitraum um insgesamt 2,25 Prozent ebenfalls leicht erhöht. Den größten Anstieg verzeichnen die Hotelgebäude mit insgesamt 5,55 Prozent innerhalb von zehn Jahren, beziehungsweise 0,56 Prozent jährlich, nach einer stark volatilen Phase vor der Covid-19 Pandemie mit einem maximalen jährlichen Wachstum von 3,33 Prozent (2018) und einem maximalen jährlichen Rückgang nach der Covid-19 Pandemie von 3,26 Prozent (2022) (siehe Abb. 2.2 und siehe Abb. 2.3). Dieser Trend deckt sich mit den Daten aus dem Statistik-Report zum Hotelmarkt in Österreich, welcher im Betrachtungszeitraum von sechs Jahren (2017 bis 2023) eine Zunahme der Hotels in Österreich von 0,41 Prozent jährlich feststellt (Statista-a [101]).

Im Gegensatz dazu hat speziell der Handel an Flächen verloren, weshalb Umnutzungskonzepte für diesen Bereich interessant wären, falls sich dieser Trend der letzten zehn Jahre fortsetzt. Aus der Auswertung kann ebenfalls geschlossen werden, dass die Schaffung von Wohnflächen die wohl zuverlässigste Form der Flächennutzung ist.



Abb. 2.2: Prozentuelle Entwicklung der Gebäudeanzahl nach Nutzung in Wien (Statistik-Austria-a [103])

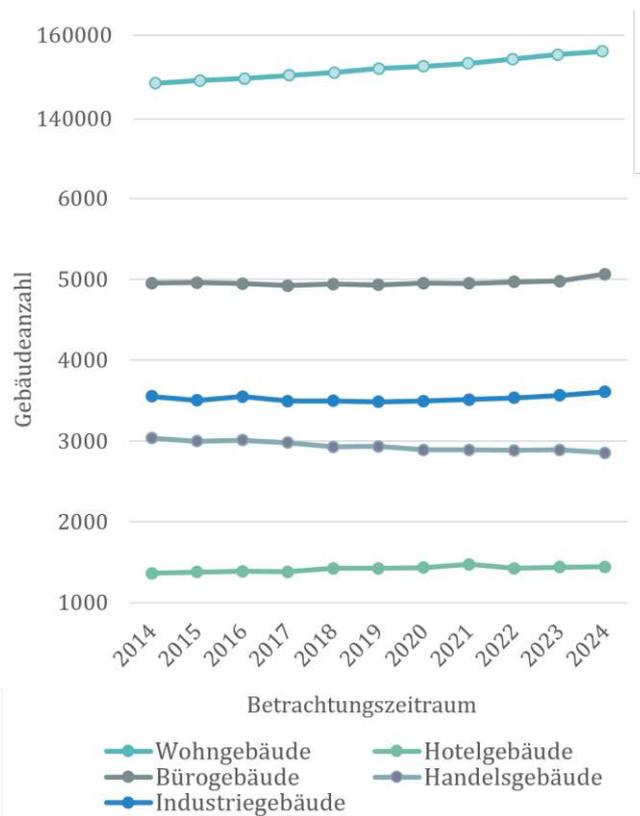


Abb. 2.3: Absolute Entwicklung der Gebäudeanzahl nach Nutzung in Wien (Statistik-Austria-a [103])

2.2.3 Wirtschaftliche Nutzbarkeiten

Im Fall einer Umnutzung des Hotelgebäudes sind alternative Nutzungen zu untersuchen, nahe-liegend sind wohnbezogene Nutzungen. In dieser Kategorie gibt es verschiedene Arten, die sich in ihrem Investitionsbedarf, in der Transparenz der Einnahmen und im Verwaltungsaufwand unterscheiden.

Traditionelles Wohnen:

Die einfachste Art der Umnutzung ist der Umbau in klassische Wohnungen. Entsprechend der Flächenentwicklung in Wien und dem Bevölkerungszuwachs in Wien von jährlich 1,3 Prozent gilt diese Klasse als relativ aussichtsreich (Bauer et al. [25]). Die Ausführungsqualität und die damit verbundenen Umbaukosten können stark an die anvisierte Zielgruppe angepasst werden. Auf Grund der überdurchschnittlich guten Lage wäre es sinnvoll, eine hohe Ausführungsqualität zu wählen, und damit eine finanzstarke Zielgruppe anzusprechen.

Serviced Apartments:

Serviced Apartments sind der Hotelstruktur nicht unähnlich, jedoch kann die Aufenthaltsdauer durchaus mehrere Monate betragen. Sie verfügen neben den üblichen Wohnanforderungen auch über eine Küche und bieten Services wie WLAN, Zimmerreinigung, Kleiderreinigung und Concierge-Service an. Die Zielgruppe sind Young Professionals, digitale Nomaden und Geschäftsreisende, die durch die degressive Preisstaffelung bei längeren Aufenthalten profitieren können.

Kurzzeitvermietung:

Die Kurzzeitvermietung gilt für eine Dauer von 2 bis 30 Tagen und ist im Regelfall für 90 Tage pro Jahr in Wien zulässig. Eine darüber hinausgehende Vermietung bedarf einer Ausnahmegewilligung nach §129 Abs. 1a Wiener Bauordnung (Wirtschaftskammer [112]). Voraussetzung ist jedoch, dass nicht mehr als 50 Prozent des Gebäudes dem kurzfristigen Beherbergungszweck dienen. Somit ist die Kurzzeitvermietung als alleinige Nutzungsart nicht empfehlenswert. Eine geteilte Nutzung bis zu der 50 Prozent-Marke kann sinnvoll sein, sie erhöht jedenfalls den Verwaltungsaufwand.

Senioren-Gemeinschaften:

Der Anteil der über 65-jährigen Personen in Österreich stieg in den letzten 10 Jahren von 18,3 Prozent auf 19,9 Prozent, in Kombination mit einer wachsenden Bevölkerung, deutet dies auf den Bedarf von Seniorenunterkünften hin (Statista-b [102]). Senioren-Gemeinschaften sind dabei eine gute Lösung, die Selbstständigkeit der Personen zu erhalten und ihnen ein Umfeld zu bieten, in dem sie sich wohl fühlen. Die Bereitschaft höhere Mietbeiträge zu entrichten ist dabei gegeben, wenn das entsprechende Serviceangebot auch vorhanden ist. Gemeinschaftsflächen sollten ebenso vorgesehen werden, wie eine altersgerechte Ausstattung der Räumlichkeiten. Die Umbaukosten können auf Grund der Ansprüche durchaus höher ausfallen.

Studentenheim:

Studentenheime können wie auch die klassische Wohnform in verschiedenen Qualitätsstufen angeboten werden. Sie haben eine große Belegungsdichte bei relativ geringem Ausfallrisiko. Ein weiterer großer Vorteil von Studentenheimen ist, dass sie auch ohne große Investitionen als Zwischennutzung dienen können, während andere Nutzungskonzepte ausgearbeitet werden.

Mikroapartments:

Mikroapartments sind eine kostengünstige Variante, Hotelzimmer umzubauen. Sie haben eine hohe Belegungsdichte mit einem relativ hohen Mietertragspotential durch die Möbelmiete. Die Zielgruppen sind ähnlich wie bei den Serviced Apartments, vor allem Young Professionals,

digitale Nomaden und Geschäftsreisende. Es werden jedoch keine Services angeboten, wodurch der Verwaltungsaufwand geringer wird.

Büro:

Eine simple Möglichkeit der Umnutzung ist der Umbau in ein Bürogebäude. Umso größer die Büroeinheiten sind, umso günstiger kann umgebaut werden, da weniger Flächen bearbeitet werden müssen. Die Flächenentwicklung von Bürogebäuden hat sich wieder erholt (siehe 2.2) und es ist durchaus möglich, dass der Trend der letzten zehn Jahre auch weiterhin erhalten bleibt. Die Anlagen, um die erforderliche Kühl- und Belüftungsleistung des Gebäudes zu gewährleisten, sind bereits vorhanden, eine Modernisierung ist laut dem Facility Manager des Bestandsgebäudes durchaus sinnvoll.

Co-Working-Spaces:

Eine modernere Form der Büronutzung ist die Errichtung von Co-Working-Spaces. Dabei werden von Unternehmen oder einzelnen Personen Büroräumlichkeiten für einen gewissen Zeitraum angemietet. Die Zielgruppe hierbei sind junge Unternehmen, Startups oder digitale Nomaden, die einen Arbeitsplatz brauchen, an dem sie sowohl ihre Arbeitszeit als auch ihre Freizeit verbringen können und gleichzeitig die Möglichkeit zum Vernetzen mit anderen haben. Komplettieren kann man solche Co-Working-Spaces, indem man Angebote wie Restaurants oder Bars in der Erdgeschosszone implementiert. Die Umbaukosten halten sich bei dieser Nutzungsform ebenfalls in Grenzen.

Ärzte-Zentrum:

Die vermutlich aufwändigste und kosten-intensivste Variante der Umnutzung ist der Umbau in ein Ärztezentrum. Der Bedarf an medizinischer Versorgung ist jedenfalls gegeben, die Lebenserwartung von Männern und Frauen hat sich im Mittel von 2003 bis 2022 um 2,69 Jahre auf 81,41 Lebensjahre erhöht, jedoch haben sich auch die Lebensjahre mit chronischer Krankheit um 10,4 Jahre auf 24,21 Jahre im Mittel erhöht (Statistik-Austria-c [105]). Eine anhaltende und nachhaltige Auslastung der Flächen ist dadurch gegeben und kompensiert die hohen Kosten.

Einzelhandel:

Wie in Abbildung 2.2 zu sehen ist, ist die Anzahl der Gebäude für Einzelhandelsflächen seit zehn Jahren rückläufig, eine Umnutzung in diese Kategorie erscheint wenig sinnvoll, abgesehen in der Erdgeschosszone, für spezielle Handelsnutzungen wie Galerien, dies kann in der vorhandenen Lage durchaus Sinn machen.

2.3 Ökologie

Die Hauptgrund zur Umnutzung von Flächen, statt diese abzutragen und neu zu bauen, ist die Einsparung von Ressourcen. Um welche Ressourcen es sich dabei handelt und welche Auswirkungen diese haben, wird im folgenden erläutert.

2.3.1 Ökobilanz

Das übergeordnete Ziel ist, die CO₂ Emissionen zu reduzieren. Um diese reduzieren zu können, ist eine Quantifizierung der Emissionen in Form einer Ökobilanz nach ISO 14040 und 14044 erforderlich. Die Ökobilanz ist eine Lebenszyklusanalyse und dient laut ISO 14040 [36]:

- dem Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung der Umwelteigenschaften,
- zur Information von Entscheidungsträgern,
- bei der Auswahl von relevanten Indikatoren und Messverfahren,
- dem Marketing.

Dabei werden Ziele und der Untersuchungsrahmen festgelegt, es werden Input- und Outputdaten im zu untersuchenden System ermittelt, es wird eine Wirkungsabschätzung vorgenommen und abschließend eine Schlussfolgerung gezogen, beziehungsweise eine Empfehlung ausgesprochen. Im Fall einer Ökobilanz im Bauwesen wird anhand einer standardisierten Datengrundlage in Form von einzelnen ökologisch bewerteten Bauprodukten eine ökologische Bewertung für ein gesamtes Bauwerk erstellt. Diese Bewertung umfasst alle Phasen des Lebenszyklus des Bauwerks (siehe 2.3.4), wodurch es möglich ist, die Energieeffizienz zu steigern und die Umweltbelastung auf Grund von Emissionen zu reduzieren (Kavermann [70]). Geregelt wird diese Bewertung beispielsweise durch den Ökoindex OI-3, welcher bei der Vergabe von Wohnbauförderungen eine zunehmende Rolle spielt. Als Beispiel und als Motivation wird anhand des vorliegenden Gebäudes die CO₂-Bilanz des Rohbaus ermittelt. Dies entspricht in etwa der Menge an CO₂, dass bei einer Umnutzung statt eines Rück- und Neubaus eingespart werden kann. Zur Berechnung wurden die Stahlbetonmassen aus dem statischen Modell, welches noch folgend beschrieben wird, herangezogen und mit dem $GW P_{total}$ in kg CO₂ Äq./kg multipliziert. Als Referenz wurde ein Wert von 0,162 kg CO₂ Äq./kg herangezogen, was einem Stahlbeton mit einem Bewehrungsgrad von etwa 6 Prozent entspricht (baubook [24]). Das Ergebnis ist eine Gesamtmenge von 5954 Tonnen CO₂, das gespart werden könnte. Die Detailergebnisse sind in Abbildung 2.4 dargestellt. Zum Vergleich verbraucht ein im Jahr 2022 neu zugelassenes, dieselbetriebenes Auto im Durchschnitt 138 g CO₂/km (Bundesministerium-für-Klimaschutz-e [35]). Um dieselbe Menge an CO₂ zu produzieren, welche das Bestandsgebäude beim Bau bereits emittiert hat, müsste das Auto über 1000-mal am Äquator um die Erde fahren.

2.3.2 Ökoindex

Der Ökoindex dient der ökologischen Optimierung von Gebäuden. Die grundlegende Vorgangsweise zur Ermittlung des Ökoindex ist im OI-3-Berechnungsleitfaden beschrieben. Es werden sämtliche Bauteile wie Dach, Decken, Wände, Fundamente, et cetera erfasst, ihre Aufbauten in einzelne Baustoffe aufgesplittet und anhand der Masse, der Geometrie und drei Indikatoren eine Gesamtbewertung des Gebäudes erstellt (Österreichisches-Institut-für-Baubiologie-und-ökologie-a [85]). Die drei maßgebenden Indikatoren, um die es sich handelt, sind das Treibhauspotential, das Versauerungspotential und der Bedarf an nicht erneuerbarer Energie. Nachteil dieses

Bauteile (Stahlbeton, Bewehrungsgrad ~6% i.M.)	GWP _{total} in kg CO ₂ Äq./kg	Bauteilmasse in Tonnen	Summe GWP _{total} in Tonnen
Decke ü. 10. OG	0,162	429	69
Wände im 10. OG	0,162	607	98
Decke ü. 9. OG	0,162	593	96
Wände im 9. OG	0,162	335	54
Decke ü. 8. OG	0,162	1289	209
Wände im 8. OG	0,162	430	70
Decke ü. 7. OG	0,162	1161	188
Wände im 7. OG	0,162	622	101
Decke ü. 6. OG	0,162	1108	180
Wände im 6. OG	0,162	622	101
Decke ü. 5. OG	0,162	1161	188
Wände im 5. OG	0,162	634	103
Decke ü. 4. OG	0,162	1148	186
Wände im 4. OG	0,162	650	105
Decke ü. 3. OG	0,162	1161	188
Wände im 3. OG	0,162	791	128
Decke ü. 2. OG	0,162	1161	188
Wände im 2. OG	0,162	808	131
Decke ü. 1. OG	0,162	1015	164
Wände im 1. OG	0,162	680	110
Decke ü. EG	0,162	1314	213
Wände im EG	0,162	601	97
Decke ü. -1. OG	0,162	2889	468
Wände im -1. OG	0,162	2737	443
Decke ü. -2. OG	0,162	1256	203
Wände im -2. OG	0,162	1270	206
Decke ü. -3. OG	0,162	119	19
Wände im -3. OG	0,162	1250	203
Bodenplatte	0,162	8909	1443
		36751	5954

Abb. 2.4: CO₂ Bilanz

Bewertungssystem ist, dass die Berechnung der Indizes physikalisch nicht konsistent erfolgt, da unterschiedliche Einheiten addiert werden, wie das Beispiel des Indikator $\Delta OI3$ für eine Baustoffschicht in den Herstellungsphasen A1-A3 zeigt (siehe Formel (2.1)). Die Konsequenz, ist eine intransparente Berechnung.

$$\Delta OI3 = \frac{1}{3} \left[\frac{0,1}{MJ} PERNT_{A1-A3} + \frac{0,5}{kgCO_2\text{äquiv.}} GWP_{Total,A1-A3} + \frac{400}{kgSO_2\text{äquiv.}} AP_{A1-A3} \right] \quad (2.1)$$

Parameter:

- Umweltindikatoren:
 - GWP-total (global warming potential - total): Ist das globale Erwärmungspotenzial und wird für einen Zeitraum von 100 Jahren in kg-CO₂-Äquivalenten angegeben (Figl [62])
 - AP (acidification potential - Versauerungspotential von Boden und Wasser): Ist die Versauerung von Seen und Gewässern durch die Wechselwirkung von Stickoxid-

(NOX) und Schwefeldioxidgasen (SO₂) mit der Luft und wird in kg-SO₂-Äquivalenten angegeben. Die Versauerung führt zu einer Reduzierung der Artenvielfalt in Gewässern.

- weitere Umweltindikatoren:
 - ODP (ozone depletion potential - Abbaupotential der stratosphärischen Ozonschicht): Ist das Ausdünnungspotential der stratosphärischen Ozonschicht durch die Katalysatorwirkung von Halogenen wie Fluorchlorkohlenwasserstoff. Die dadurch vermehrt auftretende ultraviolette Strahlung fördert die Bildung von Hautkrebs und grauem Star.
 - EP (eutrophication potential - Eutrophierungspotential): Ist die Übersättigung von Gewässern mit nicht organischen Nährstoffen wie Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Dies führt zur Vermehrung von Hydrophyten wie zum Beispiel Algen und wird in kg-Phosphat-Äquivalenten angegeben.
 - POCP (photochemical ozone creation potential - Bildungspotential für troposphärisches Ozon): Ist die Bildung von Ozonphotosmog, welches sich in der unteren Troposphäre (0-15 km) über Städten bildet, wenn Sonnenstrahlen auf Stickstoffoxidverbindungen und Kohlenwasserstoffe treffen. Dies wirkt als Reizgas, schädigt die Atmungsorgane und kann Entzündungen, Kopfschmerzen, Husten, Lungenfunktionsstörungen und vieles mehr verursachen (Walletschek [107]).
- Ressourcenindikatoren:
 - PERT (primary energy renewable, total use - Erneuerbare Primärenergie): Ist der erneuerbare Primärenergieinhalt (Biomasse), welcher zur Herstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung erforderlich ist und wird in MJ angegeben.
 - PENRT (primary energy non-renewable, total use - Nicht Erneuerbare Primärenergie): Ist der nicht erneuerbare Primärenergieinhalt (Kohle, Erdöl, et cetera), welcher zur Herstellung des Produkts oder der Dienstleistung erforderlich ist und wird ebenfalls in MJ angegeben.
- Bauphysikalische Daten
 - Rohdichte: Ist die Masse eines Körpers bezogen auf das Volumen in kg/m³.
 - Wärmeleitfähigkeit: Ist eine Stoffeigenschaft welche angibt, welche Wärmemenge durch einen Stoff mit 1 Meter Dicke mit einer Temperaturänderung von 1 Kelvin geleitet wird und wird in W/mK gemessen.
 - Nutzungsdauer: Ist der Zeitraum zwischen Einbau und Ersatz. Dieser beträgt zwischen 25 Jahre für Abdichtungen und 100 Jahre für die Primärkonstruktion laut EN 15804 und OI3 Leitfaden (Österreichisches-Institut-für-Baubiologie-und-ökologie-a [85]).
- Weitere Begriffe:
 - Wertungspotential: Ist der stoffliche Anteil an der Substanz eines Gebäudes, welches recycelt werden kann.
 - Entsorgungsindikator: Ist ein mit Entsorgungs- und Recyclingeigenschaften gewichtetes Volumen im Lebenszyklus des Gebäudes.
 - Lebenszyklus: Der Lebenszyklus eines Gebäudes setzt sich laut OIB-Richtlinie 7 aus den Phasen Errichtung, Nutzung und Entsorgung zusammen und beschreibt den Stoffkreislauf der verwendeten Baustoffe (Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-a [88]).

Zusätzlich werden Bilanzgrenzen definiert (Bezugsgrenze BG0 bis BG6). Diese Grenzen reichen von der thermischen Gebäudehülle - TGH (BG0) bis zur Gebäude-Gesamtbetrachtung (BG6). Der Gebäudeabbruch ist in der Bilanzierung in Form des OI3S abgebildet, welcher für Sanierungen angewendet wird (Österreichisches-Institut-für-Baubiologie-und-ökologie-c [87]). Dabei wird die bestehende Umweltbelastung über die Zeit abgeschrieben und für den Abbruch pauschal 25 Prozent des Neuwertes der Umweltbelastung veranschlagt.

Aus den Eingangsparametern werden drei Teilkennzahlen OI-PENRT, OI-GWP und OI-AP ermittelt, welche sich auf einen Quadratmeter der Konstruktionsfläche beziehen und in einem Punktesystem eingebettet sind.

Aus diesen drei Teilkennzahlen können weitere Kennzahlen in Kombination mit Bilanzgrenzen, Nutzungsdauern, Volumen und Flächen abgeleitet werden.

2.3.3 Materieller Gebäudepass

Der materielle Gebäudepass dient der Erfassung von Ressourcen und deren Recyclingfähigkeit, welche in Bauwerken vorhanden sind, um sowohl den Materialeinsatz bei der Neuerrichtung zu optimieren, als auch die Baurestmassen im Fall des Rückbaus bestmöglich verwerten zu können (Kovacic et al. [73]). Dabei wird die materielle Zusammensetzung der Baurestmassen ermittelt und den jeweiligen Stoffen ein Verwertungspotential zugewiesen, welches die Recyclingnote folgend aus der Recycling- beziehungsweise der Abfallquote quantifiziert. Die Erfassung der Baumassen kann im BIM-Modell erfolgen, oder auch in EXCEL-Listen ermittelt werden (Gebetsroither et al. [63]). Eine weitere Möglichkeit der Ermittlung der Recyclingfähigkeit ist im Rahmen der OI-3-Berechnung in Form des Entsorgungsindikators möglich. Dieser gibt ein nach Entsorgungs- und Recyclingeigenschaften gewichtetes Volumen im Lebenszyklus des Gebäudes an. Zur Beurteilung werden die Entsorgungswege Recycling, Verbrennung und Lagerung herangezogen und mit der Bewertungsmatrix 1-5 (gut bis schlecht) bewertet (Österreichisches-Institut-für-Baubiologie-und-ökologie-b [86]).

2.3.4 Lebenszyklus

Der Lebenszyklus eines Gebäudes wird nach der OIB Richtlinie 7 - Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen in drei Phasen eingeteilt:

- Errichtungsphase (A1-A5),
- Nutzungsphase (B1-B7),
- Entsorgungsphase (C1-C4).

Die jeweiligen Phasen unterscheiden sich umwelttechnisch primär in der Art und Weise, wie Emissionen freigesetzt werden (Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-a [88]):

- Herstellungs- und Errichtungsphase: Emissionen durch Bauprodukte und die Bautätigkeit.
- Nutzungsphase: Emissionen durch Heizen, Kühlen, Stromverbrauch, Instandhaltung und Umbauten in Kombination mit neuen Baumaterialien.
- Entsorgungsphase: Emissionen durch die Rückbautätigkeit.

Die Übersicht zum Gebäudelebenszyklus (siehe Abb. 2.5) im Vergleich zu den Projektphasen (Austrian-Standards-a [2]) in Kombination mit den Leistungsphasen während der Nutzungsphase (Austrian-Standards-b [3]) zeigt, dass die Lebenszyklusphasen und der zuzuordnenden Emittierung

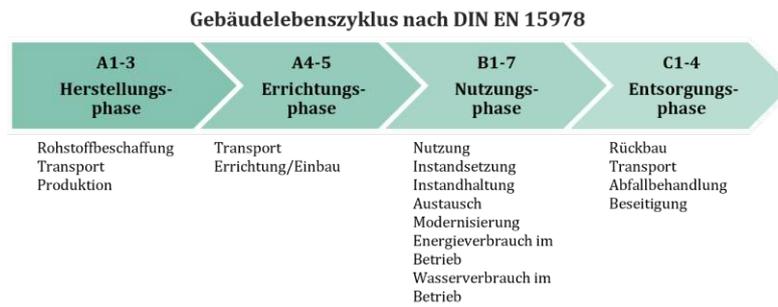


Abb. 2.5: Lebenszyklus eines Gebäudes

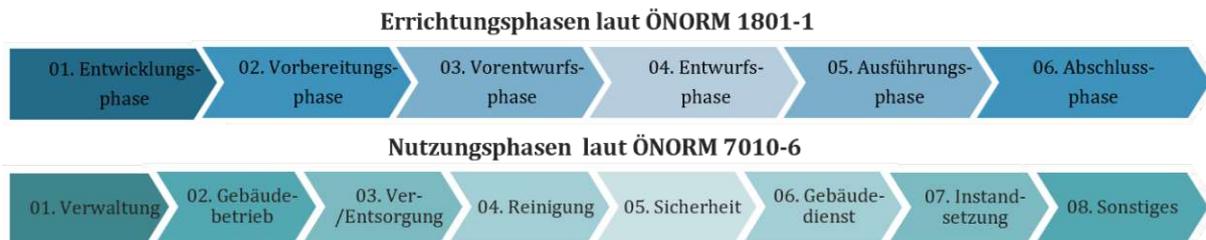


Abb. 2.6: Projektphasen der Objekterrichtung und der Objektnutzung

von Emissionen ident zu den Phasen der Objekterrichtung und der Objektbewirtschaftung sind (siehe Abb. 2.6).

Die Beeinflussbarkeit der Menge der Emissionen korreliert daher ähnlich wie die Beeinflussbarkeit von Lebenszykluskosten von Gebäuden, welche sich wie eingangs erwähnt aus den Kosten der Gebäudeerrichtung und der Gebäudenutzung zusammensetzen. Sowohl die zu erwartenden Emissionen als auch die Lebenszykluskosten werden durch die ersten Projektphasen maßgeblich beeinflusst (siehe Abb. 2.7) (Hellerforth [67]).

Eine frühzeitige Einbindung der Fachplanungen Architektur, Tragwerksplanung, Bauphysik, Technische Ausrüstung und Projektsteuerung ermöglicht somit, die Entwicklung der Emissionen und der Kosten über den gesamten Lebenszyklus positiv zu beeinflussen. Die Auswirkungen während der Errichtungsphase können durch die Auswahl der Baustoffe gesteuert werden. Durch die Einbindung der Tragwerksplanung können materialsparende Tragsysteme entwickelt werden, welche Emissionen sowohl in der Errichtungsphase als auch in der Rückbauphase reduzieren können. Eine Einbindung der bauphysikalischen Planung kann Emissionen während der Nutzungsphase drastisch reduzieren. In Kombination mit einer Projektsteuerung können neben den Emissionen auch die Kosten positiv beeinflusst werden. Die Zuständigkeiten der jeweiligen Fachplanungen mit den ausschlaggebenden Leistungen, gegliedert nach Leistungsphasen nach den Leistungs- und Vergütungsmodellen (LM.VM) (Lehner und Hofstadler [74]).

2.3.5 Kreislaufwirtschaft

Das Ziel der Kreislaufwirtschaft ist, Materialien möglichst lange zu erhalten und somit den Lebenszyklus von Produkten und Gebäuden zu maximieren und Abfälle zu vermeiden (Guillot [65]). Dazu gehört das Reparieren und Weiterverwenden, beziehungsweise das Recyceln und Wiederverwenden von Materialien. Diese Maßnahmen führen dazu, dass die Zerstörung von Landschaft und Lebensräumen, die Emission von Treibhausgasen und die Rohstoffabhängigkeit von den Herstellerländern reduziert werden können. Die Zerstörung von Landschaft und von

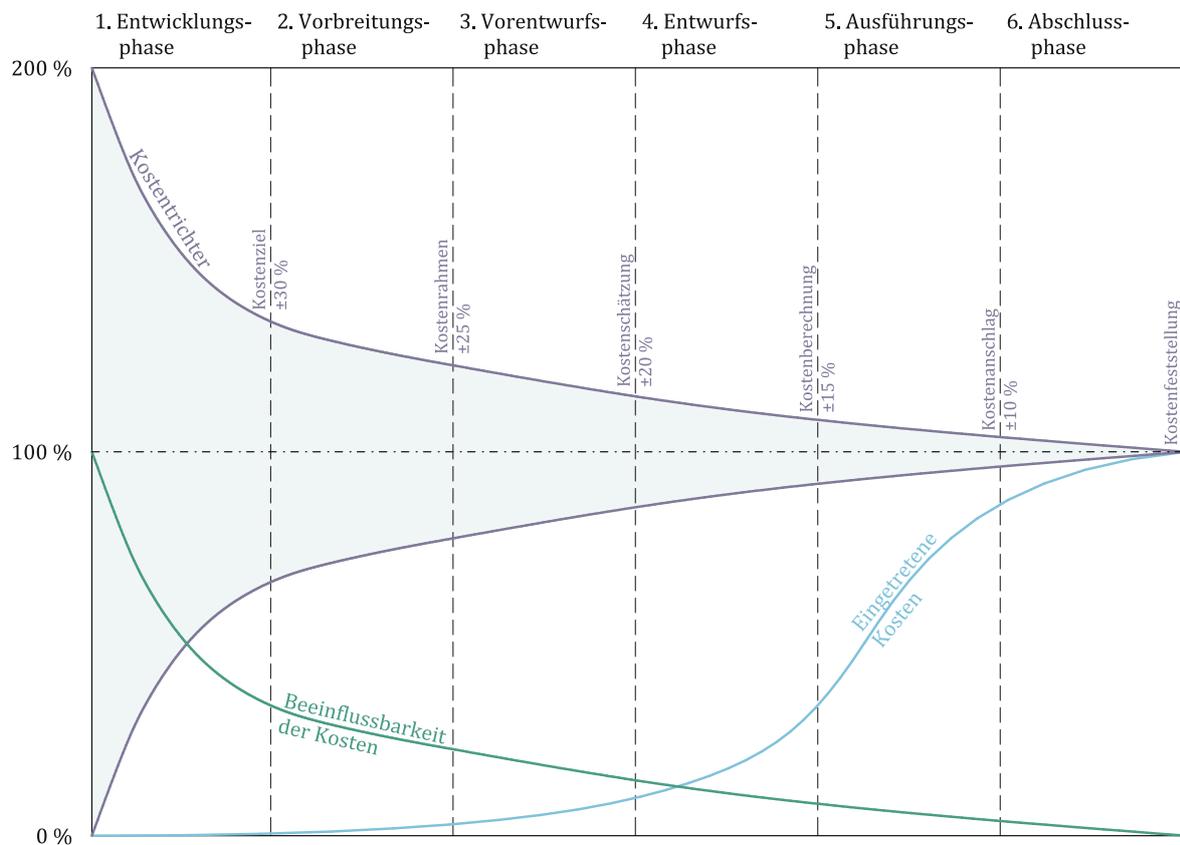


Abb. 2.7: Kostenbeeinflussbarkeit nach Projektphasen

Lebensräumen betrifft den Wirtschaftsraum Österreich deswegen besonders, da der inländische Anteil des Ressourcenverbrauchs des Baugewerbes in Österreich etwa 95 Prozent beträgt und diese Rohstoffe somit ihren Ursprung in der österreichischen Landschaft, beziehungsweise im österreichischen Lebensraum haben (Plank et al. [96]). Die Rohstoffabhängigkeit für gewisse Ressourcen in Österreich zeigt sich durch die Importabhängigkeitsstatistik des Ressourcennutzungsbericht 2020. Aus dieser geht hervor, dass fossile Energieträger zu 95 Prozent, Metalle zu 86 Prozent, Biomasse zu 44 Prozent und nicht-metallische Mineralstoffe zu 10 Prozent importiert werden müssen (Eisenmenger und Plank [39]). Dass der Einfluss des Baugewerbes in Österreich auf den Ressourcenverbrauch nicht unerheblich ist, zeigt der Materialfußabdruck, welcher einen Anteil von 14 Prozent am gesamten inländischen Materialverbrauch hat.

Um sowohl den inländischen Ressourcenverbrauch als auch die ausländische Rohstoffabhängigkeit zu reduzieren, ist die Implementierung einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft notwendig. Die EU-Abfallrahmenrichtlinie gibt hierfür eine fünfstufige Abfallhierarchie an (Europäisches-Parlament-a [44]). Abfallvermeidungsmaßnahmen im Bereich der Bauindustrie sind unter anderem die Verwendung von Materialien mit einer hohen Nutzungsdauer oder der Verlängerung der Nutzungsdauer, falls dies möglich ist (Scheibengraf und Reisinger [97]). Am Beispiel von Holzkonstruktionen zeigt sich, dass Harthölzer eine wesentlich höhere Dauerhaftigkeit und somit eine höhere Nutzungsdauer haben (Pfabigan [94]). Ein nicht unwesentlicher Faktor, um die Nutzungsdauer zu erhöhen, ist eine ausreichende Wartung, welche langfristig auch günstiger ist, als eine Sanierung (Achatz et al. [1]). Für die Wiederverwendung von Baustoffen, beziehungsweise Bauprodukten ist der selektive Rückbau mit einem Abbruchkonzept maßgeblich (Scheibengraf

und Reisinger [97]). Dabei werden in fünf Rückbaustufen Baustoffe systematisch getrennt, um Störstoffe und Schadstoffe auszusortieren, beziehungsweise nicht gefährliche von gefährlichen Abfällen, wie zum Beispiel asbest- oder teerhaltige Abfälle zu trennen (Österreichischer-Nationalrat-a [83]). Dabei sind Stoffgruppen wie Bodenaushub, mineralische Abfälle, sonstige Abfälle und gefährliche Abfälle zu unterscheiden.

In der ersten Rückbaustufe werden sensible Bauteile wie Geräte, Heizkörper und Sanitärarmaturen entfernt. In der zweiten Rückbaustufe werden Bauteile wie Fenster, Türen und Oberlichter entfernt, um sie wieder zu verwenden. In der dritten Rückbaustufe werden Bauteile entfernt, die recycelt werden können, wie Stahlkonstruktionen, Dachkonstruktionen und Fassadenkonstruktionen. In der vierten Rückbaustufe wird der Innenausbau wie Dämmmatten, Teerpappen und Füllschäume entfernt. Die fünfte Rückbaustufe umfasst den Rückbau den Rohbaus, welcher üblicherweise aus Stahlbeton, Mauerwerk oder Holz besteht. Der Anteil der jeweiligen Baustellenabfallfraktion (Pladerer und Ganglberger [95]) ist in Abb. 2.8 ersichtlich. Zu beachten ist der hohe Anteil der durch die Bauindustrie verursachten Abfallmenge am Gesamtabfallaufkommen von 16 Prozent Bau- und Abbruchabfälle und 58 Prozent Aushubmaterial, welche im Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2023 vom Bundesministerium für Klimaschutz publiziert wurde (siehe Abb. 2.10) (Bundesministerium-für-Klimaschutz-a [31]). Der hohe Anteil an Aushubmaterial führt zu einer hohen Deponierungsquote aller Abfälle mit Aushubmaterial von 42 Prozent (siehe Abb. 2.9), da Aushubmaterial oft auf Grund von Kleinmengen (< 2.000 Tonnen) oder Verunreinigungen deponiert wird (Österreichischer-Nationalrat-b [84]). Die Deponierungsquote aller Abfälle ohne Aushubmaterial liegt vergleichsweise bei 8 Prozent. Die Hauptverwendungsbereiche, für die sich Aushubmaterial eignet, sind die Nutzung als Zuschlagstoff für neue Bauprodukte, als Füllstoff für neue Bauwerke oder als Tragschicht im Straßenbau (Österreichischer-Baustoff-Recycling-Verband [82]). Dies führt zu einer Verfüllungsquote aller Abfälle mit Aushubmaterial von etwa 16 Prozent im Vergleich zu einer Verfüllungsquote aller Abfälle ohne Aushubmaterial von 4 Prozent. (Bundesministerium-für-Klimaschutz-a [31]). Die Fraktion Restmüll macht 16 Prozent der Baurestmasse aus (siehe Abb. 2.8), Grund dafür ist die Verwendung von Verbundstoffen oder Dämmstoffen.

Diese Informationen lassen erkennen, dass Maßnahmen wie die Verlängerung der Nutzungsdauer von Baustoffen durch zum Beispiel die Verwendung höherwertiger Materialien oder die richtige Wartung einen positiven Einfluss auf die Kreislaufwirtschaft haben. Weitere Maßnahmen sind das Verwenden von nachwachsenden Rohstoffen, wodurch die Deponierung von Abfall reduziert werden kann oder auch die Anwendung von modularer Bauweise, um einerseits die Reparierbarkeit zu erhöhen, andererseits im Fall eines Rückbaus das Gebäude leichter auftrennen zu können, um es in einzelne Stoffgruppen zu zerteilen, weshalb Verbundwerkstoffe eher zu vermeiden sind.

2.3.6 Beeinflussbarkeit des Global Warming Potential

Der größte Einzeltreibhausgasemittent im Jahr 2020 weltweit war die Industrie mit einem Anteil von 32 Prozent (Hamilton et al. [66]). Ein differenzierteres Bild ergibt sich die Betrachtung aller gebäudebezogenen Treibhausgasemittenten, zu denen die Bau- und Bauproduktwirtschaft, sowie Wohn- und nicht-Wohngebäude mit direkten und indirekten Emissionen. Diese summieren sich zu 38 Prozent des gesamten Treibhausgasaufkommens weltweit (siehe Abb. 2.11) und bieten somit ein gewisses Einsparungspotential, welches in folgender Studie ermittelt wurde.

Die Studie *Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus*, welche 2019 im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellt wurde, stellt das Treibhausgaspotential und dessen Reduzierung von Bestandsbauten verschiedener Bauperioden und Gebäudearten mit und ohne Sanierung in der damals üblichen Bauweise dar (Mahler et al. [77]). Betrachtet wurden unter anderem Mehrfamilienhäuser in der Bauperiode 1958-1978 (MFH E), Großmehrfamilienhäuser in

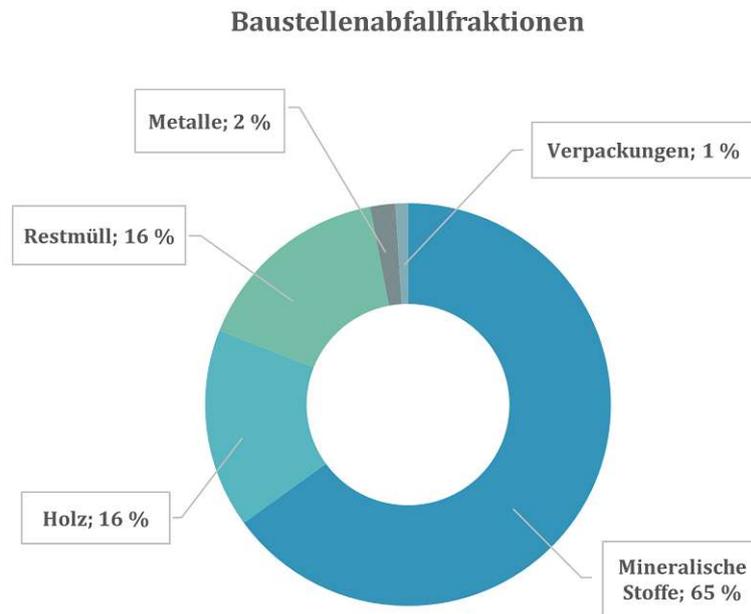


Abb. 2.8: Baustellenabfallfraktionen (Pladerer und Ganglberger [95])

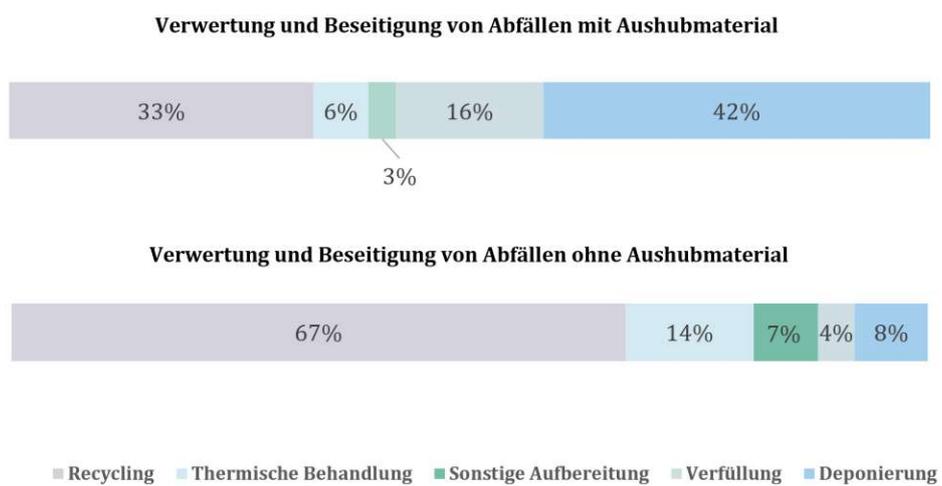


Abb. 2.9: Verwertung und Recycling von Abfällen (Bundesministerium-für-Klimaschutz-a [31])

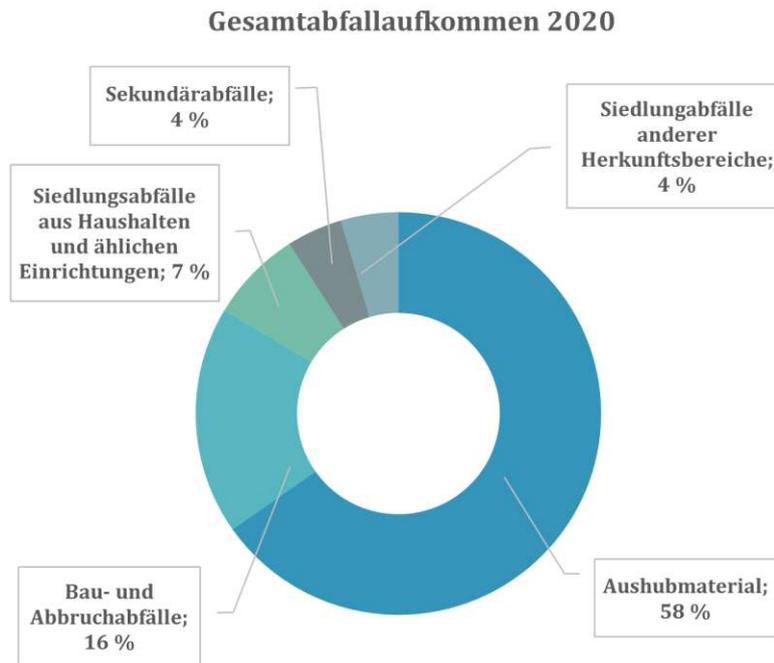


Abb. 2.10: Verteilung der Abfallgruppen (Bundesministerium-für-Klimaschutz-a [31])

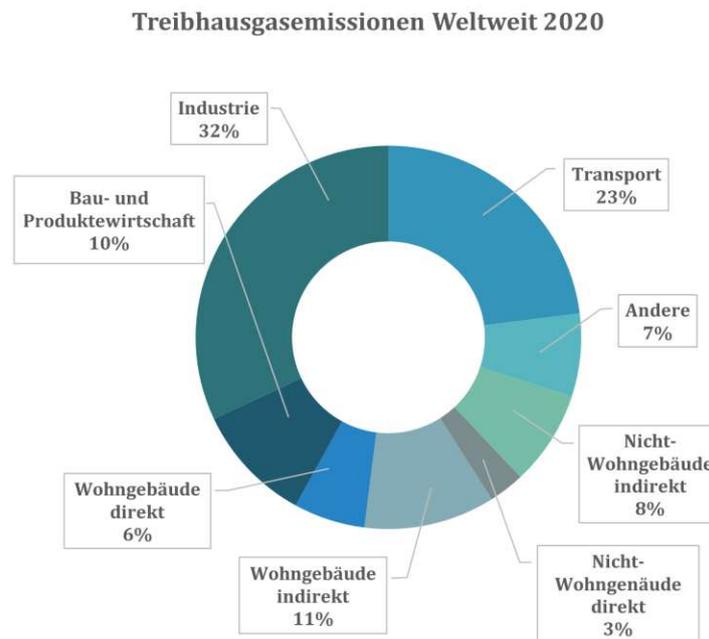


Abb. 2.11: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Österreich 2022 (Hamilton et al. [66])

Gebäudeart	Zustand	GWP [kg/(m ² Wfl.*a)]				Prozent	
		Konstruktion	Gebäudebetrieb	Nutzstrom	SUMME	Gesamt	Konstruktion
MFH E	bestehend	57			57	100,00%	
	saniert	3	16	13	32	43,86%	9,38%
	ökosaniert	4	4	13	21	63,16%	19,05%
GMH F	bestehend	58			58	100,00%	
	saniert	3	14	18	35	39,66%	8,57%
	ökosaniert	3	3	18	24	58,62%	12,50%
NB-MFH	standard	12	17	13	42	27,59%	28,57%
	ökooptimiert	5	5	15	25	56,90%	20,00%

Abb. 2.12: Global Warming Potenzial für Sanierungen (Mahler et al. [77])

der Bauperiode 1969-1978 (GMH F) jeweils saniert und unsaniert, sowie Mehrfamilienhäuser in Stahlbetonbauweise mit Wärmedämmverbundsystem nach heutigem Standard (NB-MFH). Alle Bautypen werden auch mit einer ökooptimierten Variante ausgeführt und deren Ergebnisse verglichen. Für die ökooptimierte Variante wurde in der Berechnung zementklinkerreduzierter Beton, eine Holzständerbauweise und Zellulosedämmung verwendet. Die in der Studie behandelten Gebäude decken etwa 20 Prozent des Wohngebäudebestandes in Deutschland ab. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.12 ersichtlich.

Es zeigt sich, dass der größte Anteil der CO₂-Emissionen auf die Nutzungsphase zurückzuführen ist und daher primär die Herstellung einer modernen energieeffizienten Gebäudehülle anzustreben ist. Die einmalige Emission bei der Ersterrichtung macht etwa 8-30 Prozent der Gesamtemission aus, wird jedoch durch einen verlängerten Lebenszyklus anteilmäßig kleiner. Die Erkenntnis daraus ist, dass das Fixum der Ersterrichtungsemission auf eine möglichst lange Nutzungsdauer aufgeteilt werden sollte und thermische Sanierungen, insofern die Nutzbarkeit nicht eingeschränkt ist, einem Neubau vorzuziehen sind.

2.4 Relevanz für die Bauindustrie

Auf politischer Ebene wurde der Handlungsbedarf einer Änderung der Klimapolitik erkannt. Dies hatte zur Folge, dass auf verschiedenen Ebenen Vorhaben und Gesetze verabschiedet wurden und in naher Zukunft noch weitere folgen werden. Da die neuen Anforderungen Auswirkungen auf die Bauwirtschaft haben werden, werden die wichtigsten Vorhaben erläutert und etwaige Auswirkungen hervorgehoben.

2.4.1 Internationale Klimapolitik

Die Internationale Klimapolitik beschäftigt sich mit Konzepten zum Schutz des Klimas. Die erarbeiteten Maßnahmen werden in weiterer Folge von Ländern, welche sich zur Kooperation bereit erklärt haben, ratifiziert und umgesetzt. Die konkreten Gesetze, welche zur Erreichung der gesetzten Ziele und Maßnahmen notwendig sind, werden im Kapitel 2.4.3 beschrieben.

UN Nachhaltigkeitsziele

Die 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen wurden in der Agenda 2030 beschlossen, dabei haben sich 193 Länder dazu verpflichtet, den Wohlstand durch Entwicklungsstrategien in verschiedenen Bereichen zu fördern und die Umwelt durch verschiedene Maßnahmen zu schützen (Vereinte-Nationen [106]).

Die für die Bauindustrie relevanten Ziele sind:

- Ziel 7 - Bezahlbare und saubere Energie: Ziel ist es, Zugang zu bezahlbarer und sauberer Energie zu schaffen, folglich soll der Anteil fossiler Energieträger reduziert werden. Eine mögliche Folge ist die Teuerung von fossilen Energieträgern und ein notwendiger Umstieg auf nachhaltigere Produktionsstätten und Geräte.
- Ziel 12 - Nachhaltiger Konsum und Produktion: Ziel ist die Förderung von nachhaltigem Wirtschaftswachstum durch eine Änderung des Konsums und effizienterer Produktionstechniken. Dies bezieht sich beispielsweise auf die Nahrungsversorgung und auf Lieferketten. Langfristig wird das Ziel durch die Einführung des Lieferkettengesetzes verfolgt, welches Unternehmen dazu verpflichtet, die Lieferkette ihrer Produkte auf ESG-Kriterien zu prüfen, wodurch sowohl der Verwaltungsaufwand größer wird, als auch die Produkte durch höhere Anforderungen im Nachhaltigkeitsbereich teurer werden können.
- Ziel 13 - Maßnahmen zum Klimaschutz: Durch die Klimaerwärmung kommt es zu häufigeren Extremwetterereignissen, welche den globalen Lebensraum gefährden. Ziel ist, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 43 Prozent zu senken und bis 2050 die Klimaneutralität zu erreichen. Dieses Ziel führt in weiterer Folge zum europäischen Klimagesetz, welches weitreichende Auswirkungen auf die Wirtschaft haben kann, wie in 2.4.3 weiter erläutert wird.

Die gesetzten Ziele werden durch einen Maßnahmenkatalog mit 169 Zielvorgaben konkretisiert, geprüft werden sie mit 231 globalen Indikatoren, die durch nationale Indikatoren ergänzt werden können (Martens und Obenland [78]). Die UN Nachhaltigkeitsziele können indirekt mit den folgenden Gesetzen, Richtlinien und Konzepten erreicht werden.

OECD Leitsätze

Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development) ist die Nachfolgeorganisation der OEEC, welche zum Zweck des Wiederaufbaus von Europa gegründet wurde (Klein [71]). Ziel der Organisation ist die Steigerung der Wirtschaftsentwicklung, die Verbesserung des Lebensstandards, die Ausweitung des Welthandels und die Förderung von Entwicklungsländern. Die Leitsätze der OECD sind Empfehlungen an Unternehmen zu unterschiedlichen Themen, die einen sozialen und ökologischen Mehrwert für die Gesellschaft bringen sollen. Sie sollen die Erfüllung der Sorgfaltspflichten multinationaler Unternehmen gewährleisten und diese zu verantwortungsvollem Handeln bringen. Teile der Leitsätze wurden bereits durch europäische Verordnungen in geltendes Recht umgesetzt, wie zum Beispiel die Verordnung 2017/821 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2017 zur Festlegung von Pflichten zur Erfüllung der Sorgfaltspflichten in der Lieferkette für Unionseinführer von Zinn, Tantal, Wolfram, deren Erzen und Gold aus Konflikt- und Hochrisikogebieten. Ebenso gilt bereits für das Managementsystem beziehungsweise das Risikomanagement der betroffenen Unternehmen die Verpflichtung zur Durchführung von Prüfungen durch Dritte sowie Offenlegungspflichten für EU-Importeure (Micelli [79]). Neben der Bekämpfung von Bestechung und sonstigen Korruptionsformen, ist das Kapitel Umwelt für die Bauindustrie von Interesse, da dort eine Umweltberichterstattung und eine risikobasierte Sorgfaltsprüfung bezüglich negativer Umweltauswirkungen empfohlen wird (OECD [81]). Die Empfehlung der OECD zur Nachhaltigkeitsberichterstattung wird durch die Implementierung der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) in der Europäischen Union umgesetzt (siehe 2.4.3).

Pariser Klimaziele

Die Pariser Klimaziele sind ein völkerrechtlicher Vertrag, welcher 2015 in Paris als Nachfolger des Kyoto-Protokolls, welches ein Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen ist, beschlossen wurde (Bundesministerium-für-Klimaschutz-d [34]). Zu den Zielen gehört das 1,5 Grad Ziel. Dabei soll der Temperaturanstieg durch die Klimaerwärmung und deren Folgen auf 1,5°C über vorindustrielles Niveau begrenzt werden. Ein weiteres Ziel ist die Erhöhung der Klimaresistenz durch Schutz der Infrastruktur und Landschaft vor den Folgen des Klimawandels. Das dritte Ziel ist die Vereinbarkeit der Finanzströme mit der Klimapolitik. Diese sollen dem Klimaschutz dienen, weshalb zukünftig Investitionen in klimaschädliche Branchen reduziert werden.

2.4.2 Europäische Klimapolitik

Die Europäische Klimapolitik fußt auf den Zielen internationaler Vereinbarungen wie den OECD-Leitsätzen oder den Pariser Klimazielen und konkretisiert diese. Im folgenden werden die beschlossenen Rechtsvorschriften und Pläne beschrieben.

Die Einheitliche Europäische Akte

Die Grundlage der europäischen Klimapolitik ist die Einheitliche Europäische Akte. Sie wurde 1987 durch den europäischen Rat beschlossen und stellt einen Reformvertrag der Wirtschafts- und Währungsunion dar. Der Umweltschutz wurde dabei als Randthema behandelt (Europäische-Gemeinschaft [40]).

Europäisches Programm für Klimaänderung

2000 wurde das Europäische Programm zur Klimaänderung ratifiziert, dabei wurden die Vereinbarungen des Kyoto-Protokoll verbindlich (Europäisches-Parlament-f [49]). Es wurde eine Reduktion der jährlichen Treibhausgasemission von durchschnittlich 5,2 Prozent gegenüber 1990 vereinbart (Sekretariat-der-Klimarahmenkonvention [100]).

Europäische Energiestrategie

2007 wurde die Europäische Energiestrategie veröffentlicht. Diese schrieb eine Reduktion der Treibhausgasemission um 20 Prozent vor (Europäisches-Parlament-g [50]).

Klima- und Energiepaket 2020

2009 wurden die Rechtsvorschriften zum Klima- und Energiepaket 2020 erlassen, zu deren Ziel die Reduktion der Treibhausgasemission um 20 Prozent, Schaffung eines Anteils erneuerbarer Energie von 20 Prozent und die Verbesserung der Energieeffizienz um 20 Prozent gehören (Europäisches-Parlament-h [51]).

Fahrplan 2050

2011 wurde der Fahrplan 2050 veröffentlicht. Dieser soll der Fahrplan in eine wettbewerbsfähige CO₂-arme Wirtschaft bis 2050 sein. Ein Teil des Ziels ist, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 Prozent zu senken (Europäisches-Parlament-i [52]).

Klima- und Energiepolitik 2030

2014 wurde der Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 erlassen, deren enthaltene Ziele dem Schema des Klima und Energiepakets 2020 folgen, jedoch deutlich höher ausfallen (Europäisches-Parlament-j [53]). Diese sind die Reduktion der Treibhausgasemission um 55 Prozent, die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 27 Prozent und die Verbesserung der Energieeffizienz um 27 Prozent .

Aktionsplan für ein nachhaltiges Finanzsystem

2018 wurde der Aktionsplan für ein nachhaltiges Finanzsystem veröffentlicht, um Investitionen nachhaltiger zu gestalten und an ESG-Kriterien zu messen. Das Ziel ist ein nachhaltiges, integratives Wachstum und die Reduzierung der Risiken, welche sich aus dem Klimawandel ergeben (Europäisches-Parlament-n [57]).

Green Deal

2019 wurde das Konzept des Green Deal vorgestellt. Dieser enthält Maßnahmen zur Finanzmarktregulierung, der Energieversorgung, Verkehr, Handel, Industrie sowie Land- und Forstwirtschaft. Das Ergebnis soll die Klimaneutralität der Europäischen Union sein, mit klimafreundlicheren Wirtschaftszweigen und einer nachhaltigen Energieversorgung (Europäisches-Parlament-l [55]). Aus diesem Konzept sind 2020 die Taxonomieverordnung und 2021 das Europäische Klimagesetz hervorgegangen, um diese Ziele auch erreichen zu können.

2.4.3 Wesentliche europäische Judikatur:

Die aus der europäischen Politik folgenden Gesetze zur Erreichung der beschlossenen Ziele, wurden Richtlinien und Verordnungen erlassen, welche hier ausgeführt werden.

Eigenkapitalverordnung III

2019 wurde die Eigenkapitalverordnung III (Basel III) eingeführt, welche neben der Verbesserung der globalen Eigenkapitalregelung und der Einführung von Liquiditätsstandards die Offenlegungsstandards für klimabezogene Risiken für u.a. große Kreditinstitute festlegt, um diese steuern zu können (Baseler-Ausschuss-für-Bankenaufsicht [23]).

Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft

2020 wurde der EU-Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft verabschiedet. Er soll die Kreislaufwirtschaft fördern, um die europäische Wirtschaft sauberer und wettbewerbsfähiger zu machen (Europäisches-Parlament-k [54]). Produkte sollen dadurch nachhaltiger und langlebiger designt, die Reparierbarkeit soll verbessert und durch Recyclingquoten soll der Anteil der deponierten Ressourcen reduziert werden.

Taxonomieverordnung

2020 wurde die EU Taxonomieverordnung beschlossen. Sie soll Kapitalflüsse auf nachhaltige Investitionen lenken, um ein nachhaltiges Wachstum zu erreichen. Weiters sollen finanzielle Risiken durch Klimawandel, Ressourcenknappheit, Umweltzerstörung und soziale Probleme bewältigt und Transparenz in der Wirtschaft geschaffen werden (Europäisches-Parlament-o [58]). Die Taxonomieverordnung führt ein Klassifizierungssystem für nachhaltige wirtschaftliche Tätigkeiten auf Basis von sechs Umweltzielen ein, auf dessen Grundlage die Unternehmen zu ihren Tätigkeiten Bericht erstatten müssen (Gebetsroither et al. [63]). Diesen sechs Umweltzielen sind taxonomiefähige Wirtschaftstätigkeiten zugeordnet. Die für das Baugewerbe und die Immobilienwirtschaft relevanten Tätigkeiten sind in Abb. 2.13 ersichtlich. Um als ökologisch nachhaltig ausgewiesen werden zu können, ist es notwendig, zu einem der sechs Umweltziele einen wesentlichen Beitrag zu leisten, sowie keine wesentliche Beeinträchtigung der anderen Umweltziele darzustellen und die Mindestschutzmaßnahmen einzuhalten (Hummel und Jobst [69]). Differenziert wird hierbei zwischen Unternehmen der Finanzwirtschaft und der Realwirtschaft mit den jeweiligen Key-Performance-Indicator (KPIs) (Europäische-Kommission-a [41]).

Die sechs Umweltziele sind:

- Klimaschutz
- Anpassung an den Klimawandel
- Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen
- Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
- Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
- Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme

Die Mindestschutzmaßnahmen sind:

- OECD-Leitsätze für multinationale Unternehmen
- UN-Leitprinzipien für Wirtschaft und Menschenrechte
- Grundprinzipien der ILO (International Labour Organization)
- Internationale Charta der Menschenrechte

Key-Performance-Indicator

- KPIs für Unternehmen der Finanzwirtschaft:
 - Green Asset Ratio (GAR-KPI): Ist das Verhältnis der Investitionen in taxonomiekonforme Wirtschaftstätigkeiten in Relation zu allen verwalteten Vermögenswerten.
- KPIs für Unternehmen der Realwirtschaft:
 - Operational Expenditures Ratio (OpEx-KPI): Ist das Verhältnis der Betriebsausgaben, die mit taxonomiekonformen Vermögenswerten verbunden sind, und den gesamten Betriebsausgaben.
 - Capital Expenses Ratio (CapEx-KPI): Ist das Verhältnis der Investitionsausgaben, die mit taxonomiekonformen Wirtschaftsaktivitäten verbunden sind, und den gesamten Investitionsausgaben.
 - Turnover Ratio (Umsatz-KPI): Ist das Verhältnis des Nettoumsatzes der mit taxonomiekonformen Wirtschaftsaktivitäten verbunden ist, und dem gesamten Nettoumsatz.

Statistik:

Durch die neue Regelung wurde erreicht, dass in der europäischen Union bereits 20 Prozent der Investitionen taxonomiekonform sind. 2023 haben 723 Unternehmen mit einer Gesamtinvestition von 249 Milliarden Euro Bericht erstattet. 2022 waren es hingegen noch 608 Unternehmen mit einer Gesamtinvestition von 191 Milliarden Euro (Europäische-Kommission-b [42]). Den größten Anteil haben dabei für die Jahre 2022 und 2023 Deutschland (114 Milliarden Euro), Frankreich (63 Milliarden Euro), Spanien (60 Milliarden Euro) und Italien (48 Milliarden Euro).

Klimagesetz

Die Verordnung (EU) 2021/1119 Europäisches Klimagesetz dient der Verwirklichung der Klimaneutralität der Mitgliedstaaten der europäischen Union in Form der Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 (Europäisches-Parlament-b [45]). Erreicht werden diese Ziele und noch weitere durch die drei Säulen des Klimagesetzes.

EU-Taxonomie: Übersicht über die betroffenen Wirtschaftstätigkeiten

Wirtschaftstätigkeit	Klimaschutz	Klima-anpassung	Wasser	Kreislauf-wirtschaft	Umwelt-verschmutzung	Biodiversität
Renovierung bestehender Gebäude	x	x		x		
Installation, Wartung und Reparatur von energieeffizienten Geräten	x	x		x		
Installation, Wartung und Reparatur von Ladestationen für Elektrofahrzeuge in Gebäuden (und auf zu Gebäuden gehörenden Parkplätzen)	x	x				
Installation, Wartung und Reparatur von Geräten für die Messung, Regelung und Steuerung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden	x	x				
Installation, Wartung und Reparatur von Technologien für erneuerbare Energien	x	x				
Erwerb von und Eigentum an Gebäuden	x	x				
Abriss und Zerstörung von Gebäuden und anderen Bauwerken				x		
Instandhaltung von Straßen und Autobahnen				x		
Verwendung von Beton im Tiefbau				x		

Abb. 2.13: Wirtschaftstätigkeiten

Die drei Säulen des Klimagesetzes:

- Emissionshandelsrichtlinie 2003/87/EG: Diese Richtlinie ermöglicht den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten. Betreiber von Anlagen müssen ihre CO₂-Emissionen mit CO₂-Zertifikaten kompensieren, wodurch eine Emissionsminderung durch die betroffenen Industrien angestrebt wird. (Europäisches-Parlament-c [46])
- Lastenteilungsverordnung (2018/842): Diese legt Minderungsziele der Treibhausgasemissionen für Wirtschaftszweige fest, welche nicht unter die Emissionshandelsrichtlinie fallen. Erreicht werden diese durch Dekarbonisierungsziele, welche in Form von nationalen Energie- und Klimaplänen (NECP) der Mitgliedstaaten dargelegt werden. Zur Erreichung der Ziele sind die Länder über die Fortschritte berichterstattungspflichtig. Darunter fallen unter anderem die Zweige Verkehr, Landwirtschaft und Immobilienwirtschaft (Europäisches-Parlament-d [47]).
- LULUCF-Verordnung (2018/841): Die Verordnung für Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft dient dem Schutz und der Regeneration von natürlichen Ökosystemen. Hintergrund ist jener, dass ein Teil des anfallenden Kohlenstoffs der Luft in der Flora gebunden und die Emissionen aus Landwirtschaft reduziert werden sollen (Europäisches-Parlament-e [48]).

Nachhaltigkeitsberichterstattung

Im November 2022 wurde die Richtlinie über die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD) verabschiedet und 2024 beschlossen. Diese löst die nichtfinanzielle Berichterstattung aus 2014 (NFRD) ab und folgt den europäischen Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung (ESRS) mit der doppelten Wesentlichkeitsanalyse (Hummel und Jobst [69]). Sie betrifft

mit Stand 2024 Unternehmen die zwei der drei Kriterien erfüllen: Mitarbeiterzahl > 250; Bilanzsumme > 25 Mio. Euro; Nettoumsatz > 50 Mio. Euro. Das Ziel ist deren Nachhaltigkeit bewerten und vergleichen zu können. Die Berichterstattung betrifft ESG-Themen (Environment, Social and Governance), darunter fallen Auswirkungen, Risiken und Chancen in den Bereichen Governance, Management und Geschäftsmodell. Wobei Umweltthemen wie großer Energie- oder Wasserverbrauch, soziale Themen wie Umgang mit Menschenrechten und Themen der Unternehmensführung wie Risikomanagement, Anti-Diskriminierung und Korruptionsbekämpfung Teil davon sind (Europäisches-Parlament-m [56]). Teil der CSRD ist der Climate Transition Plan (CTP), welcher Auskunft über den CO₂-Fußabdruck des Unternehmens gibt, nach Dekarbonisierungshebeln sucht und ein Maßnahmenpaket liefert, um den CO₂-Ausstoß des Unternehmens zu reduzieren. Das Unternehmen soll somit zeigen, dass das Geschäftsmodell zu einer nachhaltigen Wirtschaft und zur Begrenzung der globalen Erwärmung beiträgt.

EU-Gebäuderichtlinie

Die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden welche im Mai 2024 beschlossen wurde und bis 2026 in nationales Recht umgesetzt werden muss, soll erreichen, dass bis 2030 alle neuen Gebäude und ab 2050 alle Gebäude dem Nullemissionsgebäudestandard entsprechen (Europäisches-Parlament-p [59]). Dies wird durch eine Steigerung der Gesamtenergieeffizienz erreicht, bei der Mindestanforderungen, die durch die jeweiligen Länder definiert werden, eingehalten werden müssen. Die Maßnahmen, um bestehende Gebäude an die Anforderungen anzupassen, sind zukünftig in nationalen Gebäuderenovierungsplänen durch die Mitgliedsländer vorzulegen.

Die Förderungen von thermischen Sanierungen und dem Austausch von Heizungssystemen beträgt laut dem Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie im Zeitraum 2023 bis 2027 3.645 Millionen Euro (Bundeskanzleramt [30]).

2.4.4 Nationale Klimapolitik

Die nationale Umsetzung europäischer Festlegungen erfolgt in diesem Kapitel. Dabei wird auf bereits umgesetzte als auch noch ausstehende Gesetze eingegangen.

Nationaler Energie- und Klimaplan

Der Nationale Energie- und Klimaplan (NEKP) ist ein in nationales Recht umgesetzter Teil des Europäischen Klimagesetz. Er umfasst Zielvorgaben in verschiedenen Dimensionen betreffend der Dekarbonisierung, der Energieeffizienz, der Sicherheit der Energieversorgung, des Energiebinnenmarktes, sowie der Forschung, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit (Bundesministerium-für-Klimaschutz-b [32]). Entsprechend der Lastenteilungsverordnung ist Österreich dazu verpflichtet, bis zum Jahr 2030 48 Prozent seiner Treibhausgasemissionen gegenüber 2005 zu reduzieren. Unterstützt werden kann dieses Vorhaben mit den Maßnahmen der Emissionshandelsrichtlinie, falls die nationalen Maßnahmen nicht ausreichend sind. Die größten Emittenten sind wie in Abb. 2.11 beschrieben die Sektoren Energie und Industrie, Verkehr, Land- und Forstwirtschaft sowie Gebäude. Durch ein zunehmendes Bevölkerungswachstum und dem daraus folgenden Bedarf an Wohnfläche sind sowohl Neuregelungen im Neubau als auch im Bestand zur Reduktion von Treibhausgasen relevant. Hierfür wurden Maßnahmen im Rahmen der österreichischen Wärme-strategie erarbeitet (Bundesministerium-für-Klimaschutz-c [33]). Diese schlägt Ziele vor, welche durch folgende Gesetze erreicht werden sollen:

- Auf Basis des Erneuerbare-Wärme-Gesetzes gilt das Verbot des Einbaus von Wärmeversorgungssystemen im Neubau, welche mit fossilen Brennstoffen betrieben werden (ausgenommen erneuerbares Gas) (Europäisches-Parlament-q [60]). Bis zum Jahr 2035 sind infolgedessen sämtliche Ölheizungen stillzulegen.

- Die Maßnahmen, welche entsprechend der EU-Gebäuderichtlinie noch in nationales Recht umgewandelt werden müssen, sehen sowohl für Neubauten, als auch für Bestandsbauten eine Gesamtenergieeffizienz vor, welche dem Nullemissionsstandard entspricht. Dies umfasst sowohl die notwendige thermische Isolierung als auch die Verwendung hocheffizienter Heizungssysteme, welche bereits in der OIB-Richtlinie 6 für Neubauten vorgeschrieben sind.

Wiener Klimafahrplan

Der Wiener Klimafahrplan wurde 2022 vorgestellt und ist eine Umsetzungsstrategie zum Klimaschutz, aber auch zur Anpassung an den Klimawandel (Magistratsabteilung-20-Energieplanung-der-Stadt-Wien [76]). Die Ziele betreffen die Sektoren, die die größten Treibhausgasemittenten der Stadt sind, konkrete Maßnahmen werden aber nicht formuliert. Der Plan nennt für den Gebäudesektor folgende Ziele:

- Ausstieg aus fossiler Wärmeversorgung bis 2040,
- Senkung des Endenergiebedarfs für Heizung, Kühlung und Warmwasser um 20 Prozent bis 2030 und um 30 Prozent bis 2040,
- Senkung der CO₂-Emissionen pro Kopf um 55 Prozent bis 2030 und um 100 Prozent bis 2040, womit die Klimaneutralität erreicht ist.

Der wesentliche Hebel, den die Stadt zur Senkung der Treibhausgase durch den Gebäudesektor zur Verfügung hat, ist der Ausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme, wodurch in Kombination mit thermischen Sanierungen das Ziel der Reduktion der CO₂-Emissionen erreicht werden kann. Die weiteren Sektoren sind Mobilität, Abfallwirtschaft, Strom- und Fernwärmeerzeugung, Produktion und Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft, sowie fluorierte Gase.

2.4.5 Zusammenfassung

Für die Bauindustrie und die Immobilienwirtschaft ergeben sich somit neue Herausforderungen. Die relevanten Anforderungen die sich daraus ergeben, und deren Implikationen, können in den folgenden Punkten zusammengefasst werden:

- **Klimagesetz/climate transition plan/Nachhaltigkeitsberichterstattung:**

Das Klimagesetz schreibt durch seine Lastenverteilungsverordnung fest, dass das Unternehmen abhängig von seiner Mitarbeiterzahl, seiner Bilanzsumme oder seines Nettoumsatzes unter die Nachhaltigkeitsberichterstattung fallen kann. Es kann daher notwendig sein, die Nachhaltigkeitsberichterstattungspflicht zu erfüllen. Diese beinhaltet die Erstellung eines Klimatransitionplan, welcher Maßnahmenpakete enthält, um den CO₂-Ausstoß des Unternehmens zu reduzieren. Diese Verpflichtung stellt anfangs Mehrkosten für das Unternehmen dar, erweist sich in weiterer Folge aber als nützlich, da die erarbeiteten Daten und Maßnahmen für weitere Verpflichtungen wie die Offenlegung der Konformität ihrer Geschäftsaktivitäten mit der EU-Taxonomie benötigt werden. Betroffen sind große Baufirmen, Baustoffhersteller und Immobilieneigentümer.

- **EU Taxonomie:**

Die Taxonomieverordnung soll Kapitalflüsse auf nachhaltige Investitionen lenken, um ein nachhaltiges Wachstum zu erreichen. Hierfür ist es notwendig, die Umweltziele und die Mindestschutzmaßnahmen einzuhalten und mit dem Key-Performance-Indicator nachzuweisen, dass das Unternehmen nachhaltig wirtschaftet, um eine entsprechende Finanzierung

zu erhalten. Dies betrifft Baufirmen, Baustoffhersteller und Immobilieneigentümer. Werden die Mindestschutzmaßnahmen beziehungsweise die Ziele nicht erreicht, kann es zu einer erschwerten Kapitalaufnahme, höheren Finanzierungskosten und einem Wettbewerbsnachteil für die Unternehmen kommen. Neben diesen Konsequenzen, ist auch die Erreichung der Klimaneutralität erschwert.

- **EU-Gebäuderichtlinie/Nationaler Energie- und Klimaplan/Wiener Klimafahrplan:**

Die EU-Gebäuderichtlinie schreibt vor, dass bis 2030 alle neuen Gebäude und ab 2050 alle Gebäude dem Nullemissionsgebäudestandard entsprechen, diese Verpflichtung betrifft vor allem Immobilieneigentümer, aber auch Projektentwickler. Diese Richtlinie wird im nationalen Recht in Form des Nationaler Energie- und Klimaplan umgesetzt, beziehungsweise im Wiener Klimafahrplan durch weitere Vorgaben wie verpflichtende thermische Sanierungen oder Zielvorgaben wie die Senkung des Endenergiebedarfs für Heizung, Kühlung und Warmwasser um 20 Prozent bis 2030 und um 30 Prozent bis 2040. Die Folge davon sind Sanierungen von Bestandsbauten, beziehungsweise Neubauten mit höheren Herstellungskosten.

2.5 Anforderungen bei Umnutzung

Im Zuge einer Umnutzung sind neben der statischen Tragfähigkeit weitere regulatorische Vorgaben relevant. Diese betreffen Nachweise bezüglich Schallschutz, Brandschutz, Wärmeschutz, alternativer Energien oder Barrierefreiheit betreffend Raumhöhen fordern. Bei einer Umwidmung von Hotelflächen in andere Nutzungen ist das Gebäude nach Durchführung der Änderungen als ein anderes anzusehen und somit als Umbau definiert (Wiener-Landtag-a [110]), womit laut §60 Absatz 1 lit. a der Wiener Bauordnung die Neubauanforderung ausgelöst wird. Die Erfüllung solcher Anforderungen kann im Fall eines 35 Jahre alten Gebäudes durchaus schwierig sein. Aus diesem Grund kann es sinnvoll sein, um eine Sonderbewilligung laut §71b. (3) 4. BO für Wien auf Grund des öffentlichen Interesses des Weiterbestandes des Gebäudes zum Zweck der Einsparung von Treibhausgasen anzusuchen.

2.5.1 Statische Parameter

Die statischen Anforderungen bei bestehendem Gebäuden und deren Nachweis ist in der ÖNORM B 4008-1:2018 geregelt. Da dieser Punkt den Hauptteil der Arbeit darstellt, werden die damit zusammenhängenden Begrifflichkeiten und Maßnahmen im Abschnitt 3 erläutert.

2.5.2 Baurechtliche Parameter

Brandschutz:

Die Ziele des Brandschutzes sind die Erhaltung der Tragfähigkeit für einen gewissen Zeitraum, die Begrenzung der Ausbreitung von Feuer und Rauch im Bauwerk, die Verhinderung des Übergreifens des Feuers auf Nachbarbauten, die Gewährleistung sicherer Fluchtwege und die Sicherung von Rettungskräften. Die Anforderungen an den Brandschutz hängen von der Rechtsgrundlage ab. Es gibt Regelungen im Gewerberecht, im Arbeitnehmerrecht, Feuerpolizeirecht und im Baurecht der einzelnen Bundesländer, welche die OIB-Richtlinie 2 inkludieren. Konkrete Anforderungen werden in der OIB-Richtlinie 2 formuliert. Die dort definierten Anforderungen hängen vom Flucht- und Rettungsweg, der Anzahl der Geschosse, der Gebäudeklasse und der Nutzung ab. Können die festgesetzten Anforderungen nicht erfüllt werden, können Abweichungen im Brandschutzkonzept vereinbart werden. Da bereits ein Brandschutzgutachten vorliegt, kann

davon ausgegangen werden, dass bei weiteren Umbauten der Brandschutz weiterhin eingehalten werden kann (Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-b [89]).

Schallschutz:

Die Anforderungen an den Schallschutz eines Bauteils hängen vom maßgeblichen Außenlärmpegel in dB und der Art des Bauteils ab (Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-d [91]). Der Außenlärmpegel kann von einer Lärmkarte abgelesen oder durch Messungen ermittelt werden. Im Fall von Gebäudetrennwänden haben diese eine Mindestanforderung an den Schallschutz von 48 dB. Für Wohngebäude gelten die Werte für Außenbauteile gesamt mit 33 bis 53 dB und für Außenbauteile opak 43 bis 58 dB. Für Bildungseinrichtungen, Bürogebäude, Wohnheime, Beherbergungsstätten, Krankenhäuser, Kurgebäude und dergleichen gelten die Werte für Außenbauteile gesamt 33 bis 48 dB und für Außenbauteile opak 43 bis 53 dB. Ebenso gibt es Anforderungen an den Luftschallschutz innerhalb von Gebäuden. Diese dürfen die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz nicht unterschreiten. Die Werte hängen vom Emissionsraum und dessen Nutzung, sowie vom Immissionsraum und dessen Nutzung ab. Bei Änderungen im Bestand darf jedoch von der dieser Anforderung abgewichen werden, wenn das ursprüngliche Anforderungsniveau nicht verschlechtert wird. Es ist daher zu prüfen ob das ursprüngliche Anforderungsniveau eingehalten wurde.

Wärmeschutz:

Der Wärmeschutz wird in der OIB-Richtlinie 6 geregelt, das Ergebnis ist ein Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes, auch Energieausweis genannt (Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-e [92]). Dabei werden Gebäudekategorien abhängig von Nutzung und Größe definiert und Anforderungen nach Art der Bautätigkeit (Neubau oder Umbau) an den Endenergiebedarf gestellt. Ebenso gibt es Anforderungen an einzelne Bauteile wie Wände, Fenster, Türen, Böden, Decken und Dächer. Dabei wird auch die Art der Heizung, Kühlung und solarer Energieeintrag berücksichtigt. Die Anforderungen, die bei einer Umwidmung gestellt werden, entsprechen jenen eines Neubaus.

Raumhöhen:

Die geforderte lichte Raumhöhe für Aufenthaltsräume gilt als erfüllt, wenn 2,50 m erreicht werden (Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-c [90]). Im gegenständlichen Objekt wird eine lichte Raumhöhe von 2,42 m und eine Rohbauhöhe von 2,45 m mit einem Fußbodenaufbau von 3 cm erreicht und unterschreitet somit den gesetzlich geforderten Mindestwert. Die Wiener Bauordnung schlägt eine Minderung der lichten Raumhöhe auf 2.40 m bei Bestandsbauten vor, wenn nachträglich eine Flächenheizung eingebaut wird, jedoch ist ein Fußbodenaufbau mit Flächenheizung und einer Maximalhöhe von 3 cm unrealistisch (Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-b [89]).

Alternative Energien:

Eine weitere Anforderung der OIB-Richtlinie 6 ist die Wahl der eingesetzten Energieträger. Für das gegenständliche Gebäude wäre bei Umwidmung der Einsatz von hocheffizienten alternativen Energiesystemen wie ein dezentrale Energieversorgungssystem, Kraft-Wärme-Kopplung oder Wärmepumpen notwendig. Ebenso ist die Produktion erneuerbarer Energiequellen am Standort notwendig, dazu zählen Solarthermie, Photovoltaik und Wärmerückgewinnung.

Flächenwidmung - Schutzzone:

Im Zuge der Herstellung eines nachträglichen Wärmeschutzes ist darauf achtzunehmen, ob das Gebäude in einer Schutzzone liegt und somit ein Ensembleschutz gilt. Die Schutzzone soll das charakteristische Wiener Stadtbild vor Abbruch oder Überformung schützen und betrifft daher primär die historischen und prägenden Stadtteile von Wien, wie zum Beispiel die Innere Stadt (MA18-Stadtentwicklung-und-Stadtplanung [75]). Definiert werden diese Zonen laut §7 BO für Wien im Flächenwidmungs- und Bebauungsplan. Die betroffenen Gebäuden wurden inventarisiert, beschrieben und bewertet, wodurch der Abbruch und die Änderung im Einklang mit den Daten der Gebäudeinventarisierung und mit Zustimmung des Gemeinderats erfolgen muss. Anforderungen werden laut §5 (4) BO für Wien im Plandokument des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans festgesetzt werden. Darüber hinaus können weitere Anforderungen laut §7 (3) und (4) BO für Wien bestimmt werden und umfassen beispielsweise die Ausgestaltung und Anordnung von Baukörpern wie Säulen, Verzierungen oder Bildstöcke. Diese Präzisierung in Form von Katalogen, planlichen oder bildlichen Darstellungen stammt aus der Basisinventarisierung der Magistratsabteilung 19 und ist somit Bestandteil des Bebauungsplans, welcher öffentlich abgerufen werden. Abbrüche hingegen sind seit der Bauordnungsnovelle 2023 für Gebäude in Schutzzonen oder Bausperren und für Gebäude, die vor dem 01.01.1945 errichtet wurden, insofern erschwert, dass zusätzlich zur Begründung des nicht vorhandenen öffentlichen Interesses oder der technischen Abbruchreife, unzumutbare wirtschaftliche Aufwendungen zu tätigen wären, wobei öffentliche Förderungen und wirtschaftliche Ertragsoptimierungspotentiale miteinzubeziehen sind und Aufwendungen durch eine fahrlässige oder vorsätzliche Vernachlässigung der Erhaltungspflicht in der Berechnung außer acht gelassen werden entsprechend §60 lit. d BO für Wien.

Flächenwidmung - Raumwidmung:

Die Änderung der Raumwidmung für baubewilligungspflichtige Maßnahmen gemäß §60 Abs. 1 lit. c BO für Wien, hängt von den Vorgaben des Flächenwidmungs- und Bebauungsplans ab (Wirtschaftskammer-Wien [113]). Für den Fall, dass das Gebäude in einer Wohnzone liegt, ist das Umwidmen von Raumwidmungen abgesehen von der Erdgeschosszone und dem Kellergeschoss erschwert. Es können Ausnahmeanträge durch die Behörde bewilligt werden, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind:

- wenn die verbleibende Wohnfläche im Gebäude mindestens 80 Prozent der Nutzfläche beträgt,
- wenn die Wohnqualität in den betroffenen Aufenthaltsräumen durch äußere Umstände gemindert ist,
- wenn die Umwidmung der lokalen Versorgung der Bevölkerung dient,
- wenn Wohnraum im gleichen Umfang im gleichen Bezirk geschaffen wird.

Eine Änderung der gewerblichen Raumwidmung ist somit möglich, das Auslösen einer Stellplatzverpflichtung laut §48 (1) (Wiener-Landtag-b [111]) ist ebenfalls möglich.

2.6 Sanierungsmöglichkeiten von Stahlbetonbauten

2.6.1 Betonschäden

Schäden am Betontragwerk können zu jedem Zeitpunkt in unterschiedlichster Intensität auftreten. Um die Schäden beseitigen zu können, ist die Aufnahme der Schäden und eine Ursachenermittlung notwendig, daher werden im folgenden Schäden, die auftreten können, benannt und deren mögliche Ursachen erläutert.

Abrieb:

Abrieb ist der Substanzverlust von Beton durch eine mechanische Beanspruchung, er kann gemessen werden durch den Verschleißwiderstand (Bergmeister et al. [27]). Abhängig von der Nutzung kann Abrieb ein natürliches Phänomen sein, das unter Umständen saniert gehört. Unverhältnismäßig hoher Materialabtrag kann jedoch auch ein Indiz für eine zu geringe Bindemittelmenge im Beton sein. Betone, deren Widerstand gegen Verschleißbeanspruchung quantifiziert werden müssen, sind der Expositionsklasse XM 1-3 zuzuordnen.

Abplatzungen:

Abplatzungen können durch eine Überbelastung des Bauteils, durch den Korrosionsdruck bei Karbonisierung oder Chloridbelastung, oder durch die Volumsänderung bei Ettringitbildung bei einem Sulfatangriff entstehen.

Risse:

Risse können durch Überbelastung und Setzungen entstehen, dazu gehören Risse längs zur Bewehrung, Biegerisse senkrecht zur Biegebewehrung, Schubrisse schräg zur Stabachse, Trennrisse senkrecht zur Stabachse oder Spaltzugrisse parallel zur Hauptdruckspannung (Schulz [98]). Weitere Ursachen können Schwindrisse durch eine Volumenverminderung sein, Risse durch Temperaturschwankungen oder zu hohe Hydratationswärme, sowie Risse durch Korrosionsdruck bei Karbonisierung oder Chloridbelastung, oder durch die Volumsänderung bei Ettringitbildung durch einen Sulfatangriff. Die zulässige Rissbreite hängt von der Nutzung und der Expositions-klasse ab, für quasi ständige Belastungen ohne Vorspannung gilt eine maximale Rissbreite von 0.40 mm. Die Gefährlichkeit der Risse und die zu setzenden Maßnahmen hängen von der Ursache ab, wobei die Handlungsbandbreite von Beobachten bis zu einer umfangreichen Instandsetzung reichen kann.

Rostfahnen:

Rostfahnen können durch einen schlechten Schutz der Bewehrung während der Bauphase, durch Karbonisierung des Betons oder durch Chloridbelastung des Betons entstehen, abhängig von der Ursache sind verschiedene Maßnahmen zu treffen.

Ausblutungen:

Das Bluten von Beton wird durch einen zu hohen Wasseranteil im Frischbeton verursacht (Bergmeister et al. [29]). Verhindert werden kann diese Absonderung von Wasser durch eine Reduzierung des Wassergehalts, eine dichtere Kornzusammensetzung und eine Erhöhung des Mehlkornanteils.

Absanden:

Das Absanden der Betonoberfläche kann infolge zu geringer Bindemittelmenge oder durch zu schnelle Austrocknung entstehen, dabei lösen sich die mineralischen Bestandteile des Betons, wodurch die Oberfläche einen geringen Verschleißwiderstand hat (Schulz [98]).

Nestbildung:

Bei der Nestbildung kommt es zu Hohlräumen im Beton, welche im ungünstigsten Fall die Bewehrung frei liegen lassen (Schulz [98]). Dies geschieht durch schlecht gemischten Beton, eine falsche, meist zu große Gesteinskörnung oder eine unzureichende Verdichtung des Frischbetons.

Frost-Tau-Wechsel:

Schäden durch einen Frost-Tau-Wechsel entstehen durch die Volumenzunahme beim Übergang von Wasser zu Eis von 9 Prozent, welches sich im Porenraum des Betons angereichert hat (Bergmeister et al. [27]). Zusätzlich zum Frostdruck im Betongefüge führt der Einsatz von Tausalzen zu einem abrupten Wärmeentzug der Umgebung, was die Spannungen im Beton verstärkt. Verhindert werden kann der Effekt durch den Einsatz von ausreichend beständiger Gesteinskörnung und der Verwendung wasserundurchlässiger Betone durch einen niedrigen Wasserzementwert. Eine weitere Variante ist das Beimischen von Luftporenbildner, welche viele kleine Poren entstehen lassen, in denen sich das frierende Wasser ausbreiten kann. Die Einteilung des Widerstands des Betons gegen Frost-Tau-Wechsel wird durch die Expositionsklasse XF 1-4 definiert.

Karbonatisierung:

Mit fortschreitendem Betonalter reagiert der Zementstein mit dem Kohlenstoffdioxid (CO_2) der Luft zu Kalkstein (CaCO_3) (Bergmeister et al. [27]). Durch diese Reaktion senkt sich der pH-Wert der Porenflüssigkeit, sie wird somit sauer. Ab einem $\text{pH} < 6,5$ spricht man von einer sauren Lösung, die den passiven Korrosionsschutz aufhebt. Anschließend kommt es zu einem lösenden Angriff auf den Bewehrungsstahl, welcher korrodiert und zu Abplatzungen des Betons führt. Der Widerstand gegen Karbonatisierung wird durch die Expositionsklasse XC 1-4 angegeben, sowie für chemisch lösenden Angriff XAL 1-3.

Sulfatangriff:

Durch die chemische Reaktion von Sulfat und dem Bindemittel von Beton kommt es zu einem treibenden Angriff in Form von Betonkorrosion, dabei kommt es zu einer Expansion der Betonstruktur um etwa das Achtfache. Die Folge sind Rissbildung und Abplatzungen (Müllauer [80]). Verursacht wird diese Treibreaktion durch die Bildung von Ettringit durch die Reaktion von Sulfat mit dem Bindemittel. Diese Treibangriffe wirken sich in der Regel stärker zerstörend aus als lösende Angriffe. Verhindert werden kann der Schädigungsvorgang durch die Verwendung von Bindemitteln mit reduziertem C_3A (Tricalciumaluminat), beziehungsweise durch die Verringerung des Porenraums des Betons, um das Eindringen von Flüssigkeit zu reduzieren, auf Grund der Verringerung des Wasser-Bindemittel-Wertes. Betroffen sind vor allem Bauteile die Kontakt mit Boden, Abwasser oder Verkehrsflächen haben. Zur Quantifizierung des Widerstands des Betons gegen chemischen Angriffs werden die Expositionsklassen XAT 1-3

Chloridbelastung:

Wird ein kritischer Chloridgehalt überschritten $\text{Cl} \geq 0,6$ Prozent bis $< 1,0$ Prozent der Zementmasse, verliert der Beton seine Alkalität und der Bewehrungsstahl damit seinen Korrosionsschutz. Es kommt zu einem lösenden chemischen Angriff. Eine exakte Festlegung des Chloridgehalts, ab dem gehandelt werden muss, ist nicht definiert, ein dichter Beton mit hoher Betondeckung bietet jedenfalls einen temporären Schutz gegen solche Angriffe. Es kommt zu einer Korrosionsinitiierung und einer Volumenausdehnung bei der Oxidation des Stahls zu Rost um etwa das Siebenfache. Ergebnis sind Rissbildungen und Abplatzungen der Betondeckung (Bergmeister et al. [29]). Der Widerstand gegen Chloridbelastung wird durch die Expositionsklasse XD 1-3 definiert.

2.6.2 Zustandserfassung

Um eingetretene Schäden am Bauteil wiederherzustellen, muss dessen Zustand mit baustofftechnologischen Messungen erfasst werden. Dabei wird die Schadensursache, sowie der Grad der Schädigung beschrieben, um daraus geeignete Maßnahmen zu Instandsetzung ableiten zu können.

Organoleptische Untersuchungen:

Der erste Schritt in der Prüfung und Bewertung von Betonbauteilen ist eine visuelle Prüfung der Oberflächen, hierbei können Rückschlüsse auf die Ausführungsqualität geschlossen werden (Bergmeister et al. [29]). Fehler wie Abplatzungen durch die Verwendung eines nicht geeigneten Betons, Risse durch eine zu hohe Hydratationswärme beim Erhärten des Betons, Rostfahnen oder Ausblutungen, Absanden und Nestbildung durch schlechte Verdichtung des Betons, können Rückschlüsse auf das innere Gefüge des Betons zulassen.

Technische Messungen:

Um Rückschlüsse auf Eigenschaften des Betontragwerks und eventuelle Schäden schließen zu können, gibt es eine Bandbreite an Möglichkeiten, um einen bestmöglichen Aufschluss zu erhalten.

Kernbohrungen

Durch eine Kernbohrung kann die Lage und die Menge der Bewehrung in einem Betonbauteil ermittelt werden. Zusätzlich kann bei Proben, in denen keine Bewehrung eingeschlossen ist, durch eine Druckprüfung die Druckfestigkeit, beziehungsweise der Elastizitätsmodul ermittelt werden (Seim [99]).

Rückprallhammer

Eine indirekte Variante zur Ermittlung der Druckfestigkeit ist die Verwendung eines Rückprallhammers, dieser hat den Vorteil, dass er zerstörungsfrei funktioniert (DIN-Normenausschuss [37]). Die Messwerte werden bestimmt, indem eine gespannte Feder einen Impuls auf einen Schlagbolzen gibt, welcher nach Aufprall auf der Prüffläche abhängig von deren Härte verschieden weit zurück prallt. Die Rückprallstrecke wird gemessen und eine zugeordnete Festigkeit wird ausgegeben.

Ultraschall- und seismische Verfahren

Ultraschall- und seismische Verfahren dienen indirekt ebenfalls der Ermittlung der Festigkeit von Baustoffen (Hellmich et al. [68]). Dabei werden die Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Longitudinal- und Transversalwellen bei vorausgesetzter Homogenität und bekannter Massendichte ermittelt und daraus Steifigkeitseigenschaften abgeleitet, woraus wiederum Rückschlüsse auf den Elastizitätsmodul, den Kompressionsmodul, die Lamésche Konstante, den Schubmodul und die Querdehnungszahl gezogen werden können.

Bewehrungsortung

Zur Bewehrungsortung bieten sich Radar, elektromagnetische Wechselfeldverfahren und Potentialfeldmessung an (Geotest [64]). Mit Radar lassen sich tieferliegende Einbauteile lokalisieren, Bewehrungsdurchmesser können hingegen nicht gemessen werden. Die Lage der Bewehrung bis 15 cm Tiefe sowie deren Durchmesserabschätzung sind mit dem elektromagnetischen Wechselfeldverfahren möglich, welches das Prinzip der elektromagnetischen Induktion nutzen.

Potentialfeldmessung bei Chloridbelastung

Mit der Potentialfeldmessung können Spannungsdifferenzen zwischen dem Bewehrungsstahl und einer Referenzelektrode gemessen werden, dabei können korrosive Stellen an der Bewehrung geortet und die Chloridbelastung des Stahlbetons mit Probeentnahmen bestimmt werden. Zur Durchführung wird an einer Stelle der Bewehrungsstahl freigelegt und an ein hochohmiges Spannungsmessgerät sowie eine Bezugselektrode angeschlossen. Anschließend wird die Anode an

die gereinigte, von Beschichtungen befreite und angefeuchtete Betonoberfläche angeschlossen. Das Ergebnis ist ein zweidimensionaler Graph der Potentialverteilung, aus dem man bei negativen Potentialen und großen Potentialgradienten aktuelle Korrosionsprozesse erfassen kann, jedoch nicht den Grad der Schädigung (Bergmeister et al. [26]).

Rissmonitoring

Rissmonitoring ist die Beobachtung von Rissen und deren Veränderung im Laufe der Zeit, um eine Aussage darüber treffen zu können, ob es anhaltende schädigende Vorgänge wie Überlastungen oder Setzungen gibt. Die Messung der Rissbreiten erfolgt entweder mit digitalen Wegaufnehmern oder durch eine regelmäßige Kontrolle mit Rissbreitenkarten.

Oberflächenzugfestigkeit

Um eine ausreichende Haftung zwischen dem Instandsetzungsmaterial oder einer aufgeklebten Verstärkung zu gewährleisten, kann die Oberflächenzugfestigkeit gemessen werden (Seim [99]). Hierbei wird eine ringförmige Nut mit einem Durchmesser von 50 mm und einer Tiefe von 10 mm in die Betonoberfläche gebohrt. In die Nut wird ein Zugstempel geklebt, auf den Zugkraft ausgeübt wird bis es zum Betonbruch kommt, der Widerstand ist die Oberflächenzugfestigkeit.

Restquerschnitt

Bei geschädigtem Bewehrungsstahl kann der Restquerschnitt ermittelt werden, um dessen Zugtragfähigkeit zu ermitteln. Ebenso können Probeentnahmen gemacht werden, bei denen der Bewehrungsstahl vom Beton getrennt wird und Zugversuche an der Probe unternommen werden, um deren Zugfestigkeit zu ermitteln.

Experimentelle Ermittlung der Tragfähigkeit

Eine weitere Möglichkeit der Bestimmung von Eigenschaften eines Betontragwerks ist die experimentelle Ermittlung der Tragfähigkeit, wenn eine Schädigung des Tragwerks oder benachbarter Bauteile ausgeschlossen werden kann. Hierbei kann über die Belastung und die gemessene Verformung ein Last-Verschiebungsdiagramm erstellt werden, aus dem unter anderem der Elastizitätsmodul und in weiterer Folge Festigkeitseigenschaften ermittelt werden können.

Karbonatisierungstiefe

Die Karbonatisierungstiefe von Bauteilen, bei der starke lokale Korrosion an der Bewehrung auftritt und in Folge Abplatzungen der Betondeckung auftreten, kann an der frischen Bruchfläche gemessen werden, indem eine ein-prozentige alkoholische Phenolphthalein-Lösung aufgesprüht wird (Weber [108]). Abhängig vom pH-Wert verfärbt sich die Lösung. Bis zu einem Bauwerksalter von fünf Jahren kann die Karbonatisierungstiefe 3 mm pro Jahr betragen. Wenn die Bewehrung erreicht wird, ist der karbonatisierte Beton unbedingt abzubereiten, um den Korrosionsschutz sicherzustellen.

Widerstand gegen Sulfatangriff

Bei Betonkorrosion durch Sulfatangriff kann der Widerstand des Betons gegen Sulfatangriff ermittelt werden, um Instandsetzungsstrategien zu entwickeln. Dabei wird eine Probe des Betons in eine stark konzentrationsüberhöhte Sulfatlösung von 30 g/l für 91 Tage gelagert und anschließend werden die Längen- und Massenänderung gemessen (Müllauer [80]). Abhängig von der geometrischen Änderung kann eine Aussage über den Widerstand des Betons gegen Sulfatangriff getroffen werden.

Schadensanalyse aus statisch-konstruktiver Sicht:

Die Bewertung der Schädigung aus statisch-konstruktiver Sicht kann anhand der Einordnung von Rissbreiten, dem Restquerschnitt vom Bewehrungsstahl oder der erhaltenen Betondeckung erfolgen (Seim [99]). Ein weiterer Schritt ist die Ermittlung der Schadensursache, wie beispielsweise

bei Risse, welche durch Schwinden oder Hydratationswärme entstanden sind, der Auslöser der Schädigung nicht mehr existiert. Bei Schäden durch Temperaturschwankungen oder durch Durchfeuchtung des Betons mit schädlichen Salzen sind Strategien zu entwickeln, um die Ursache der Schädigung zu beseitigen, die eingetretenen strukturellen Defizite durch die Schädigungen zu beseitigen und den Urzustand wiederherzustellen.

2.6.3 Betoninstandsetzung

Ziel der Betoninstandsetzung ist die Wiederherstellung der initialen Eigenschaften des Bauteils. Abhängig vom Grad der Schädigung und der Schadensursache bieten sich mehrere Strategien zur Instandsetzung an, um die Schädigung zu beseitigen und zukünftigen Schäden vorzubeugen.

Karbonatisierung:

Im Fall von Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung muss die verbliebene nicht mehr funktionsfähige Betonsubstanz durch Stemmen, Fräsen oder Sandstrahlen entfernt werden, die Bewehrung muss vom Rost entfernt werden und durch Aufbringen eines Korrosionsschutzes geschützt werden (Seim [99]). Anschließend wird eine Reprofilierung und eine Realkalisierung mit alkalischem Beton oder Mörtel durchgeführt. In weiterer Folge können Anstriche und Beschichtungen zum Schutz vor Eindringen von Wasser und Schadstoffen aufgebracht werden.

Chloridinduzierte Schädigung der Bewehrung:

Bei chloridinduzierter Schädigung der Bewehrung ist der Schadstoff mit einem Hochdruckreiniger zu entfernen, sowie chloridhaltiger Beton ist mit einem Sicherheitszuschlag ab zu stemmen und die Bewehrung zu repassivieren und mit Epoxidharz zu schützen (Seim [99]). Anschließend ist eine Reprofilierung mit einem geeigneten Instandsetzungsmörtel erforderlich. Um den schädigenden Stofftransport zu unterbinden, sind Risse zu verfüllen, wodurch kapillare Einlagerungseffekte von chloridhaltigen Lösungen verhindert werden. Zusätzlich ist ein Oberflächenschutz gegen erneutes Eindringen von Chlorid zu applizieren.

Sulfatangriff:

Kommt es zu Betonkorrosion in Folge eines Sulfatangriffs, sind die betroffenen Betonbereiche vollständig zu entfernen und durch Beton mit hohem Sulfatwiderstand zu ersetzen (Bergmeister et al. [27]). Zusätzlich kann das Betonbauteil vor Zutritt von sulfathaltigem Wasser durch Oberflächenbeschichtungen geschützt werden.

Risse und Hohlräume:

Risse und Hohlräume können abhängig von der Schichtdicke mit Beton oder Spritzbeton (50 bis ∞ mm), Zementmörtel (20 - 40 mm), Zementleim ($> 0,80$ mm), kunststoffmodifizierter Instandsetzungsbeton (10-50 mm), reaktionsharzgebundener Instandsetzungsbeton (5 - 40 mm), Epoxidharz ($> 0,10$ mm) oder Polyurethanharze ($> 0,30$ mm) ausgefüllt werden (Weber [108]).

Oberflächenschutz:

Um Stahlbetonkonstruktionen gegen Schadstoffe zu schützen und deren Lebensdauer zu erhöhen, kann ein Oberflächenschutz aufgetragen werden. Dabei wird die Feuchteaufnahme im Beton verhindert, wobei ein rückseitiger Feuchtigkeitsstau zu verhindern ist. Die Art der Oberflächenbeschichtung ist auf die Nutzungsart abzustimmen. Für vertikale Betonbauteile kann eine Hydrophobierung ausreichen, für Beschichtungen mit erhöhter Rissüberbrückung oder dynamischer Beanspruchung wie bei Fahrbahnen sind Oberflächenbeschichtungen mit erhöhter Beanspruchbarkeit wie Polymerbitumenschweißbahnen oder Gussasphalt vonnöten.

Nutzungsbeschränkung:

Für den Fall, dass eine Schädigung der Bewehrung eingetreten ist, die die ursprüngliche Nutzung nicht mehr zulässt, gibt es die Möglichkeit, die Nutzung und die damit einhergehende zulässige Belastung bis zur Resttragfähigkeit des geschädigten Stahlbetonbauteils einzuschränken. Eine Sanierung und Vorbeugung gegen weitere Schäden ist trotzdem notwendig.

2.6.4 Betonertüchtigung

Ziel der Betonertüchtigung ist die Erhöhung der Traglasteigenschaften oder der Widerstandsfähigkeit des Betonbauteils gegen mechanischen oder chemischen Angriff.

Nachträgliche Verstärkung mit Beton und Spritzbeton:

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit von Wänden, Stützen und Platten kann Spritzbeton eingesetzt werden, dieser wird mit Beschleuniger versetzt und unter Druckluft im Dünnstrom auf einen sauberen Untergrund für eine gute Haftung aufgetragen (Seim [99]). Bei Dicken über 50 mm ist eine konstruktive Schwindbewehrung vorzusehen, welche mit dem Betonbauteil kraftschlüssig verbunden ist.

Nachträgliche Verstärkung mit Aufbeton:

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit von Platten und Trägern, gibt es die Möglichkeit, die Druckzone mit Aufbeton zu verstärken, wobei das hohe zusätzliche Eigengewicht in Kauf genommen werden muss (Bergmeister et al. [27]). Der Verbund zwischen altem und neuem Beton muss sichergestellt werden, sowie die Schubfuge nachgewiesen werden muss. Dieser Verbund kann durch Aufrauen der Betonoberfläche geschehen, oder durch das Setzen von Schubdübeln in einem berechneten Abstand.

Nachträgliche Querkraftverstärkung:

Ist die Querkrafttragfähigkeit nicht ausreichend, können Stahllaschen auf den Betonquerschnitt aufgeklebt werden, oder Schlaufen sowie Bügel um den Trägerquerschnitt herum in die Platte eing bohrt und einklebt werden, der Verbund wird mit Spritzbeton hergestellt (Seim [99]). Ein Aufrauen der Oberfläche empfiehlt sich bei allen der genannten Ertüchtigungsvarianten.

Einfräsen von Schlitzten für Zusatzbewehrung:

Eine weitere Möglichkeit der Verstärkung der Biegetragfähigkeit von Platten und Balken ist das Einfräsen von Schlitzten und das Einlegen von zusätzlicher Bewehrung in Form von CFK-Lamellen (Bergmeister et al. [28]). Dabei ist jedenfalls darauf Acht zu nehmen, dass die Bügelbewehrung bei Balken und die Querbewehrung bei Platten beim Fräsen der Schlitzte nicht beschädigt wird. Die Schlitzte werden anschließend mit Spritzbeton verschlossen.

Verstärkung von Stützen mit Spritzbeton oder Vergussbeton:

Zur Erhöhung des Querschnittes von Stützen kann Spritzbeton oder Vergussbeton verwendet werden, dies kann den Widerstand gegen die kritische Druckbeanspruchung erhöhen, wodurch der Stabilitätsverlust der Stütze einhergehend mit einem Knicken verhindert werden kann. Zusätzlich können Schlaufen in die Stütze eing bohrt werden oder Bügel für eine erhöhte Umschnürungswirkung um die Stütze herumgelegt und mit Ankern im Betonbauteil verbunden werden, um eine zusätzliche Längsbewehrung einlegen zu können. Das Ergebnis ist eine erhöhte Normalkrafttragfähigkeit sowie eine erhöhte Biegetragfähigkeit (Weber [108]).

Stahlbaumäßige Verstärkung von Stützen:

Eine Verbreiterung vom Stützenkopf gegen eventuelles Durchstanzen ist durch die Anordnung von Konsolen gut möglich, zusätzlich kann eine Querschnittsverstärkung durch angedübelten

Flachstahl oder durch Stahlprofile ausgeführt werden (Seim [99]). Die Hohlräume können für eine höhere Steifigkeit und eine geringere Beulgefahr mit Beton vergossen werden.

Verstärkung mit geklebten Faserverbundwerkstoffen:

Zur Verstärkung biegebeanspruchter Bauteile können Faserverbundwerkstoffe aufgeklebt werden. Zur Verklebung werden Methacrylate verwendet, deren Nachteil die niedrige Temperaturbeständigkeit ist (Seim [99]). Die Glasübergangstemperatur liegt zwischen 38 und 105 °C, der Übergang zum plastischen Verhalten tritt dabei schlagartig ein und der Klebstoff wird weich. Eine Festigkeit von 60 Prozent kann jedoch garantiert werden, wenn die Temperatur 45 °C nicht überschreitet. Die Faserverbundwerkstoffe bestehen aus einer Faser wie Kohle, Glas, Aramid oder Basalt, die die Tragfunktion inne haben, und einer Matrix wie Epoxidharz oder Polyesterharz, die die Fasern verbindet und eine Oberfläche bildet. Vorteile der Faserverbundwerkstoffe sind die Korrosionsbeständigkeit, die Beständigkeit gegen chemische Einwirkungen, die hohe Ermüdungsfestigkeit und die Möglichkeit, die Fasern in mehreren Lagen in unterschiedlicher Richtung zu verlegen. Durch ihr geringes Eigengewicht kommt es annähernd zu keiner zusätzlichen Belastung im Vergleich zu Verstärkungsmaßnahmen mit konventioneller Zusatzbewehrung in einem Betonmantel. Die Faserverbundwerkstoffe können sowohl auf das Betonbauteil aufgeklebt werden, als auch eingefräst und eingeklebt werden, wobei wieder darauf Acht gegeben werden muss, dass weder ein Bügelkorb in Balken noch die Querbewehrung bei Platten beschädigt werden. Ebenfalls können Faserverbundwerkstoffe vorgespannt werden, hierfür sind verdübelte Ankerkörbe oder Spannrahmen notwendig. Dadurch können Verformungen vorweg genommen werden und die Traglast im Sinne von Spannbetonbauteilen zusätzlich erhöht werden. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Erhöhung der Schubtragfähigkeit bei Balken durch seitlich aufgebrachte Faserverbundwerkstoffen, welche die Querkräfte bis zu einem gewissen Grad aufnehmen können. Ebenfalls angewendet werden kann das Prinzip bei der Umschnürung von Druckgliedern oder Rahmenecken, wobei der Vorteil in der geringen Konstruktionshöhe liegt.

Verstärkung mit Memory®-steel:

Memory®-steel ist ein Produkt, das in Platten- oder Stabform an Decken oder Balken befestigt wird und durch Erhitzen und anschließenden Abkühlen eine Vorspannwirkung erzielt wird, mit der Verformungen vorweggenommen werden können und die Biege- und Schubtragfähigkeit erhöht werden kann (re-fer-AG [61]). Die Plattenvariante wird mit Dübeln befestigt und auf 160 bis 300 °C erhitzt, sie hat einen geringen Platzbedarf und ist eine relativ einfache Variante zur Erhöhung der Biegetragfähigkeit. Die Stabvariante wird entweder am Ende über die Verankerungslänge in einer Mörtelschicht als Längsstab oder Schubbügel eingelegt oder in einen eingefrästen Schlitz mit Vergussmörtel über die Verankerungslänge eingelegt, um dann auf 200 bis 300 °C erhitzt und vollständig eingegossen zu werden.

Kapitel 3

Tragwerksanalyse & Modellbildung

In der Tragwerksanalyse werden Begriffe erklärt und das Gebäude anhand von Skizzen mit dessen Bauteilen, Werkstoffgütern und Dimensionen beschrieben. Ebenso werden die Eigenschaften des Gebäudes wie beispielsweise das Eigengewicht und die Zustände wie die Einwirkungen im Zusammenhang mit den derzeit gültigen Normen, aber auch mit den damals gültigen Normen dargestellt und verglichen. Die gewählten Parameter des Modells werden in weiterer Folge erläutert, sowie die AusgabepLOTS der Bauteile in Bezug auf Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nach Erhöhung der Nutzlast dargestellt. Die Auswertung und Schlussfolgerung erfolgt im Kapitel 5.

3.1 Allgemein

Die Beurteilung der Tragfähigkeit von bestehenden Tragwerken ist nach aktuellem Normenstand erlaubt und muss nicht nach zurückgezogenen Normen geführt werden. Unter gewissen Voraussetzungen ist sogar die Herabsetzung der Zuverlässigkeit wie für außergewöhnliche Einwirkungen wie Erdbeben zulässig. Als Grundlage für die Tragfähigkeitsbeurteilung werden zusammenfassend die Begrifflichkeiten erläutert und zutreffende Eigenschaften benannt.

Zuverlässigkeit:

Die Zuverlässigkeit eines Tragwerks ist ein quantitativer Begriff, der eine Eigenschaft unter bekannten Bedingungen mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit beschreibt (Austrian-Standards-c [4]). Ein Beispiel ist die Zuverlässigkeit eines Tragwerks in Bezug auf die Tragfähigkeit bei bekannter Belastung, Dauer und Versagenswahrscheinlichkeit. Die Zuverlässigkeitsklasse ist abhängig von der Schadensfolgeklasse und kommt im semiprobabilistischen Teilsicherheitskonzept unter anderem in Form von Teilsicherheitsbeiwerten zur Anwendung. Die geforderte Zuverlässigkeit kann durch erhöhte Teilsicherheitsbeiwerte oder durch eine erhöhte Überwachungsmaßnahme bei der Bauausführung (Eigenüberwachung DSL1, Fremdüberwachung DSL3) erreicht werden.

Sicherheit:

Aus der Zuverlässigkeit ergibt sich der Zustand der Sicherheit, welcher mit dem semiprobabilistischen Teilsicherheitskonzept ermittelt werden kann. Dieser gibt eine Sicherheit bei bekannter Versagenswahrscheinlichkeit an.

Schadensfolgeklasse:

Die Schadensfolgeklasse erlaubt eine Differenzierung der Zuverlässigkeit in Hinblick auf die Versagensfolge und dem damit einhergehenden Schaden (Austrian-Standards-d [5]). Dabei wird unterschieden zwischen niedrigen, mittleren und hohen Folgen für Menschenleben sowie für wirtschaftliche, soziale und umweltbeeinträchtigende Folgen. Da Hotels nicht der Schadensfolgeklasse CC3 aber auch nicht der Schadensfolgeklasse CC1 zuzuordnen sind, sind sie automatisch der Schadensfolgeklasse CC2 zuzuordnen.

Rechtmäßig bestehendes Sicherheitsniveau:

Der Begriff rechtmäßig bestehendes Sicherheitsniveau ist in der ÖNORM B 4008-1 geregelt. Dabei handelt es sich um das Sicherheitsniveau, welches zum Zeitpunkt der Baubewilligung gültig war und nach wie vor gültig ist.

Kenntnisstand:

Der Begriff Kenntnisstand ist ebenfalls in der ÖNORM B 4008-1 geregelt. Er beschreibt die zulässigen Berechnungsmethoden für bestehende Tragwerke, abhängig davon, bis zu welchem Level die geometrischen und konstruktiven Eigenschaften sowie die Werkstoffe des Bauwerks bekannt sind. Zur Erlangung der Kenntnisstände ist eine Aufnahme des Tragwerks bezüglich Geometrie, der konstruktiven Einzelheiten, der Werkstoffgütern und deren Zustand, sowie der Aufbauten und Nutzlasten notwendig. Abhängig vom Detailgrad der Untersuchung und den vorhandenen Unterlagen kann zwischen drei Arten des Kenntnisstandes (Konfidenzlevel 1-3) unterschieden werden. Diese haben insofern Einfluss auf die materialeitigen Teilsicherheitsbeiwerte, da diese mit dem Konfidenzbeiwert abhängig vom Konfidenzlevel ($CFKL1=1,35$; $CFKL2=1,20$; $CFKL3=1,00$) multipliziert werden. In der weiteren Berechnung wird von einem Konfidenzlevel 3, um diese Annahme zu bestätigen, muss eine umfassende Aufnahme des Gebäudes, unter anderem mit Materialprüfungen durchgeführt werden.

- KL 1 - beschränkter Kenntnisstand: Keine detaillierten Unterlagen, Kompensation mit beschränkter Aufnahme,
- KL 2 - normaler Kenntnisstand: Unvollständige detaillierte Unterlagen, Kompensation mit erweiterter Aufnahme,
- KL 3 - vollständiger Kenntnisstand: Vollständige detaillierte Unterlagen, Kompensation mit umfassender Aufnahme.

Einwirkungen:

Die Einwirkungen sind entsprechend Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke anzusetzen, dazu zählen die Eigengewichte nach tatsächlich vorhandener Gewichtskraft, die Nutzlasten gemäß der realen Nutzung, sowie Schnee-, Wind- und Erdbebenlasten entsprechend der örtlichen Verhältnisse. Das geforderte Zuverlässigkeitsniveau muss eingehalten werden, andernfalls ist eine Sanierung oder ein Herabsetzen der Einwirkungen und eine damit einhergehende beschränkte Nutzung vorzunehmen.

Widerstände

Zur Ermittlung der Bauteilwiderstände müssen die realen Materialeigenschaften ermittelt werden und das statische Modell dem physischen Tragwerk entsprechen. Die Verwendung von elastoplastischem Materialverhalten anstatt linear elastischer Modelle ist erlaubt, insofern diese normativ geregelt sind. Die Reduktion der Teilsicherheitsbeiwerte von Beton von 1,50 auf 1,45 und von Bewehrungsstahl von 1,15 auf 1,05 ist unter Einhaltung der Voraussetzungen in ÖNORM EN 1992-1-1:2015, A.2 und ÖNORM EN 1992-1-1:2015, A.2.2(2) zulässig (Austrian-Standards-i [10]).

Deterministisches Sicherheitskonzept:

Das deterministische Sicherheitskonzept wurde bis 1983 in Österreich angewandt, dabei werden sowohl die Mittelwerte der Einwirkungen als auch der Widerstände unabhängig von deren Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung gegenübergestellt und die Widerstände mit einem globalen Sicherheitsbeiwert reduziert (Pech et al. [93]). Die normative Festlegung von Bauteileinwirkungen haben dabei eine empirische Grundlage und keinen wahrscheinlichkeitstheoretischen Hintergrund (Kolbitsch [72]). Durch den globalen Sicherheitsbeiwert werden Unwägbarkeiten wie Maßungenauigkeiten, Bauteiltoleranzen und die Variation von Einwirkungen berücksichtigt. In der Praxis

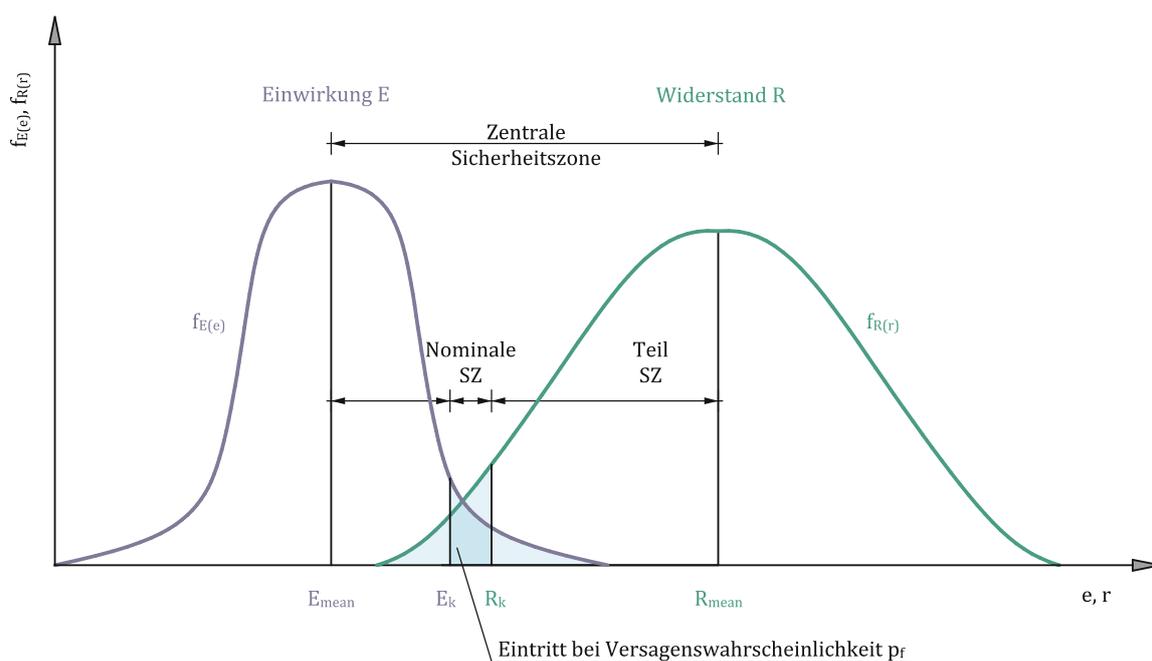


Abb. 3.1: Semiprobabilistisches Teilsicherheitskonzept

werden Einwirkungen abhängig von ihrer Art gleichzeitig oder ausschließlich charakteristisch angesetzt, der Materialwiderstand wird auf Basis eines Spannungsnachweises mit einem globalen Sicherheitsbeiwert reduziert.

Semiprobabilistisches Teilsicherheitskonzept:

Das semiprobabilistische Teilsicherheitskonzept ist Stand der Technik und findet in den einschlägigen Normen Anwendung. Dabei werden die charakteristischen Widerstände und Einwirkungen mit der tatsächlichen Wahrscheinlichkeitsverteilung dargestellt. Durch die Teilsicherheitsbeiwerte kann die Versagenswahrscheinlichkeit im Randbereich der beiden Funktionen bestimmt werden (siehe Abb. 3.1) (Eichinger [38]). Dies ergibt eine Kombination der verschiedenen Einwirkungen mit verschiedenen Teilsicherheitsbeiwerten, die jeweils die Eintrittswahrscheinlichkeit berücksichtigen, die mit der Eintrittswahrscheinlichkeit der Materialwiderstände verglichen werden, welche ebenfalls mit einem materialabhängigen Teilsicherheitsbeiwert reduziert werden.

Dokumentation

Zur Nachvollziehbarkeit der statischen Berechnung ist die Dokumentation folgender Angaben obligatorisch:

- Prüfumfang,
- Beurteilungsmethode,
- geometrische und konstruktive Grundlagen,
- Ergebnisse der Materialuntersuchungen,
- verwendete Normen,
- Klassifizierung des Gebäudes,
- Einwirkungen,

- Modellbildung,
- Bewertungsergebnisse,
- Empfehlung von Maßnahmen wie Sofortmaßnahmen, detaillierte Untersuchungen, Verstärkungen.

3.2 Tragwerksanalyse

3.2.1 Gebäudebeschreibung

Das Gebäude wurde 1987 errichtet, es ist etwa 42 m breit, 46,5 m lang, 36 m ab Geländeoberkante hoch und wurde in Stahlbetonbauweise errichtet. Bei der Grundstruktur handelt es sich um einen aussteifenden Kern, rechtwinkelig zum Kern nach außen laufende tragende Innenwände und eine umlaufende Außenwand mit großen Fensteröffnungen. Die Bauweise kann als Schottenbauweise bezeichnet werden. Im Kern sind sechs Aufzüge und vier Stiegenhäuser integriert, die Innenwände sind abhängig vom Geschoss mit Stützen ausgewechselt. Die Fenstergröße in den Außenwänden variiert ebenfalls abhängig vom Geschoss. Das Dach wurde als ungedämmter Holzpfeftendachstuhl mit einer Blechdeckung auf einer Stahlbetondecke ausgeführt. Die Geschossdeckenstärken variieren jeweils nach der Art ihrer Nutzung, die Gründung erfolgte etwa 13 m unterhalb der Geländeoberkante mit einer massiven Fundamentplatte.

Es gibt drei Kellergeschosse, die für Haustechnik, Anlieferung, Mitarbeiterräume und als Parkgarage genutzt werden. Sie sind über fünf Aufzüge und drei Stiegenhäuser im Kern sowie je eine Rampe pro Geschoss an das restliche Gebäude angebunden. Die Wände in den Kellergeschossen im Kern haben eine Dicke von 25 cm, die Außenwände haben eine Dicke von 55 cm. Die Innenwände sind mit Stützen 75/75, 70/100 und 70/120 ausgewechselt. Das Erdgeschoss wird als Lobby, Restaurant, Bar, Büro und Küche genutzt, das 1. Obergeschoss hingegen wird seit einer Sanierung im Jahr 2013 komplett für Konferenzräume genutzt. Ab dem 2. Obergeschoss bis zum 9. Obergeschoss erfolgt die Nutzung als Hotelzimmer, mit einem SPA-Bereich im 4. und 5. Obergeschoss, sowie einer umlaufenden Terrasse im 9. Obergeschoss. Das 10. Obergeschoss wird zusammen mit dem Dachraum als Technikraum genutzt, diese sind durch zwei große Schächte im Kern, welche vom 3. Kellergeschoss bis in die Technikräume reichen, mit der Gebäude- und Haustechnik verbunden. Eine Ansicht des Gebäudeschemas ist in Abb. 3.2 ersichtlich.

Die Außenwanddicken reduzieren sich ab dem Erdgeschoss bis in das 10. Obergeschoss auf 25 cm. Die Wände im Kern haben mehrheitlich eine durchgehende Dicke von 25 cm, einzelne Wände werden jedoch vor allem im 1. Kellergeschoss und im Erdgeschoss mit 40 cm Dicke ausgeführt, beziehungsweise im 1. bis 8. Obergeschoss mit 20 cm oder im 10. Obergeschoss mit 25 cm. Die Innenwände haben vom Erdgeschoss bis in das 2. Obergeschoss eine Dicke von 35 cm und die Stützen haben die Dimensionen 70/70 und 70/120. Diese Maße ändern sich ab dem 3. Obergeschoss bis in das 9. Obergeschoss zu einer Wanddicke von 25 cm. Die Bodenplatte hat eine Dicke von 190 cm, ausgenommen der drei Aufzugsgruben, welche eine Dicke von 100 cm aufweisen. Die Decken ab dem 3. Kellergeschoss bis zur Decke über Erdgeschoss weisen eine Dicke von 30 cm auf, mit einzelnen Verstärkungen wie im Lobbybereich mit einer Plattenstärke von 120 cm beziehungsweise 150 cm und über der Rampe mit 87 cm. Die Decken der Regelgeschosse haben eine Dicke von 27 cm, die letzte Decke über dem Regelgeschoss von 30 cm, die Decke über dem 9. Obergeschoss von 40 cm und die letzte Decke über dem 10. Obergeschoss (Technikraum) hat eine Dicke von 25 cm. Das partielle Dach über dem 9. Obergeschoss wurde in einer Stahlleichtbauvariante mit Blechdeckung hergestellt und hat eine Neigung von 17 Grad. Das Dach über der letzten Geschossdecke wurde als Holzpfeftendachstuhl mit einer Blechdeckung und einer Neigung von 8 Grad hergestellt.

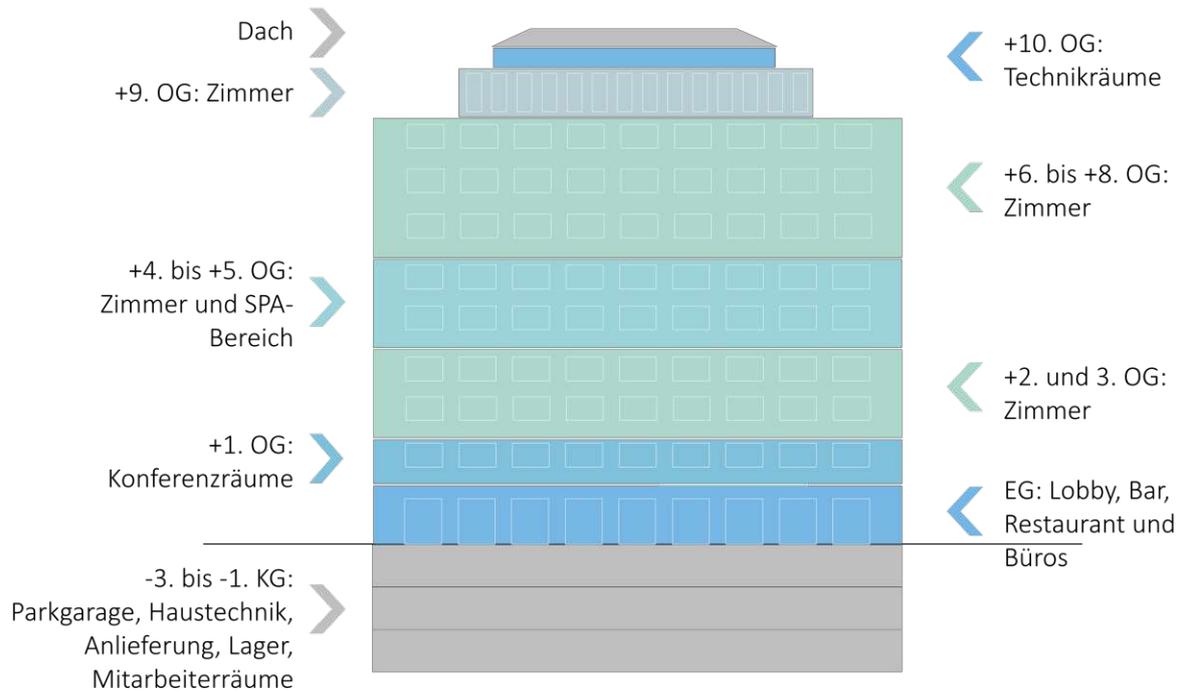


Abb. 3.2: Gebäudeschema



Abb. 3.3: Legende

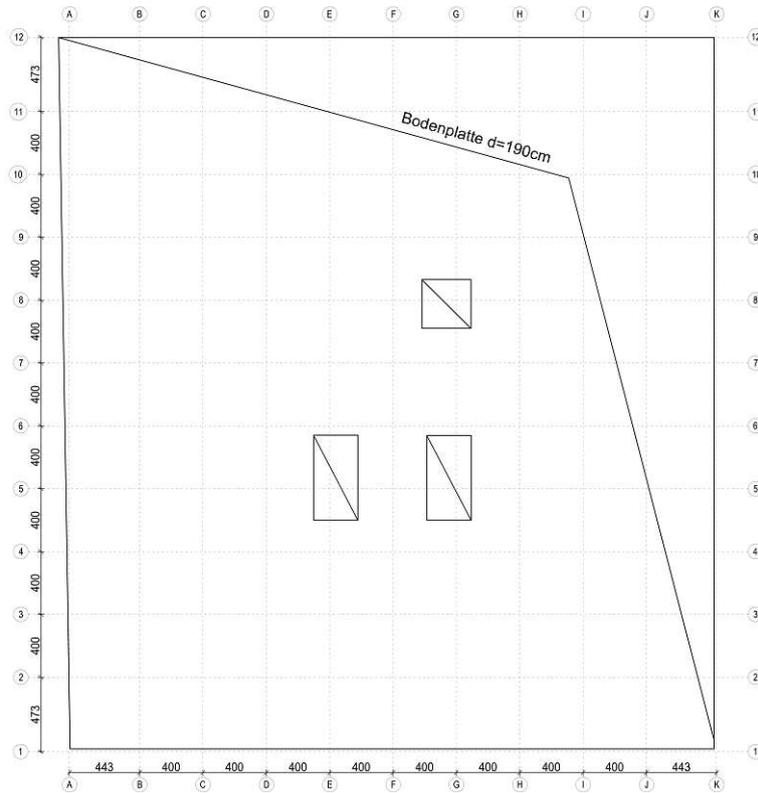


Abb. 3.4: Bodenplatte



Abb. 3.5: Decke über 3. Kellergeschoss



Abb. 3.6: Decke über 2. Kellergeschoss

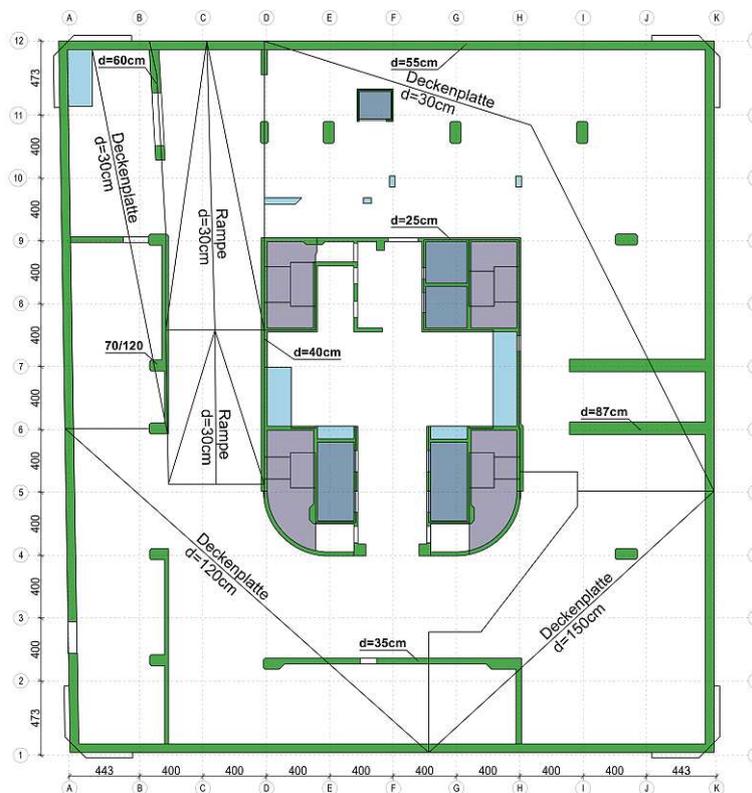


Abb. 3.7: Decke über 1. Kellergeschoss

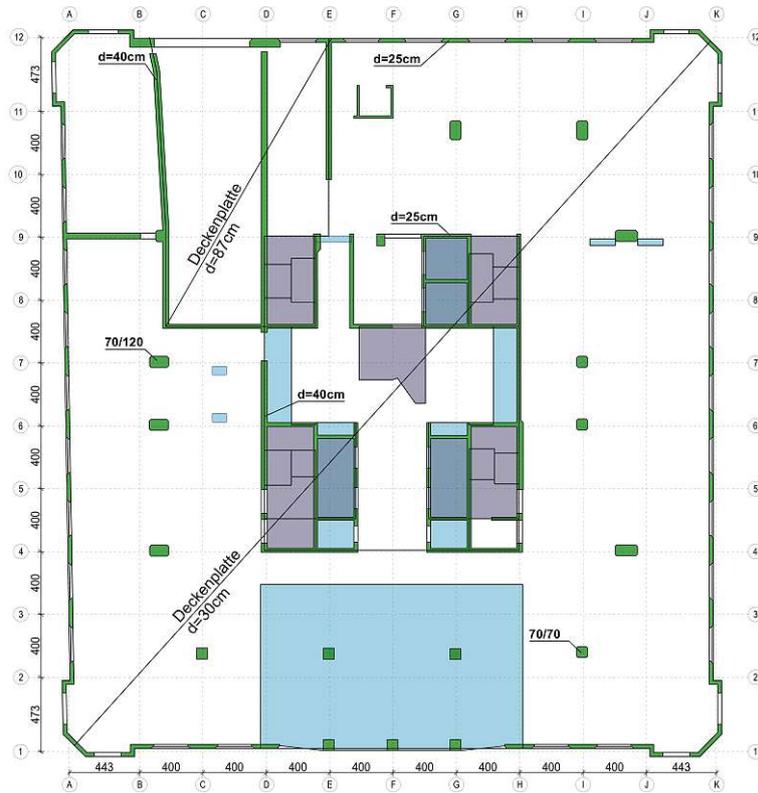


Abb. 3.8: Decke über Erdgeschoss

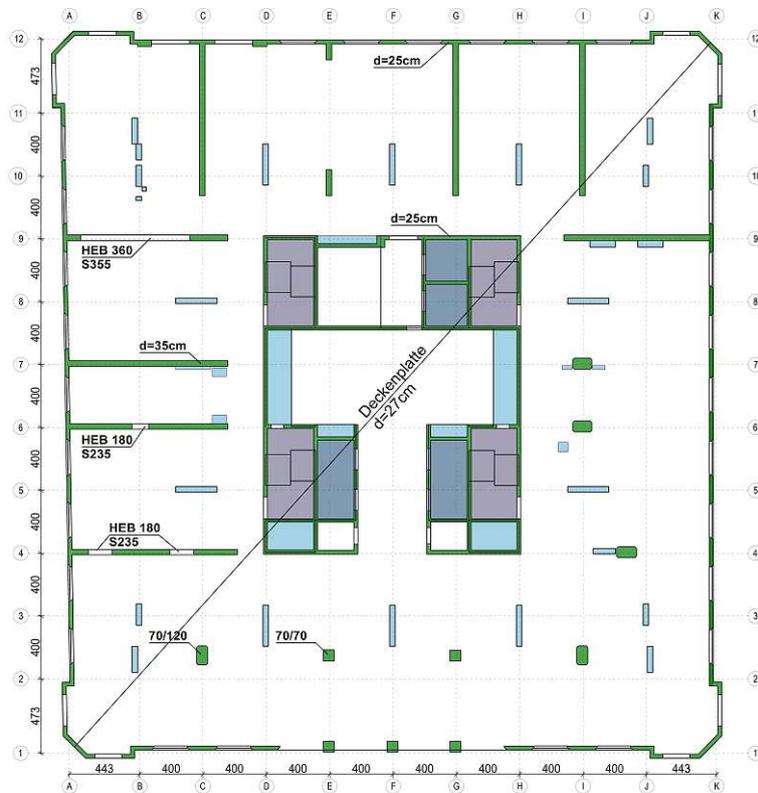


Abb. 3.9: Decke über 1. Obergeschoss

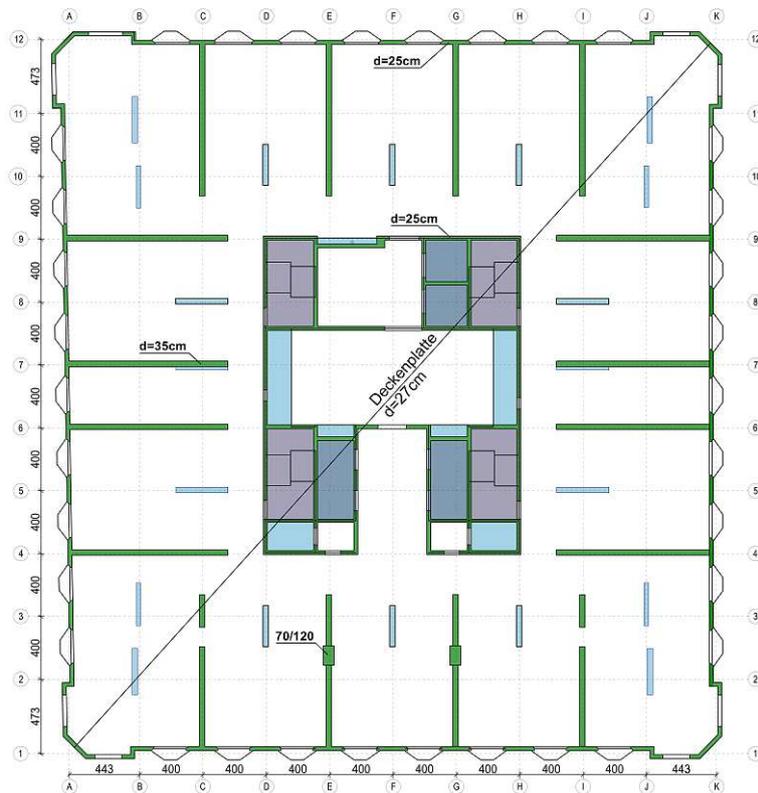


Abb. 3.10: Decke über 2. Obergeschoss

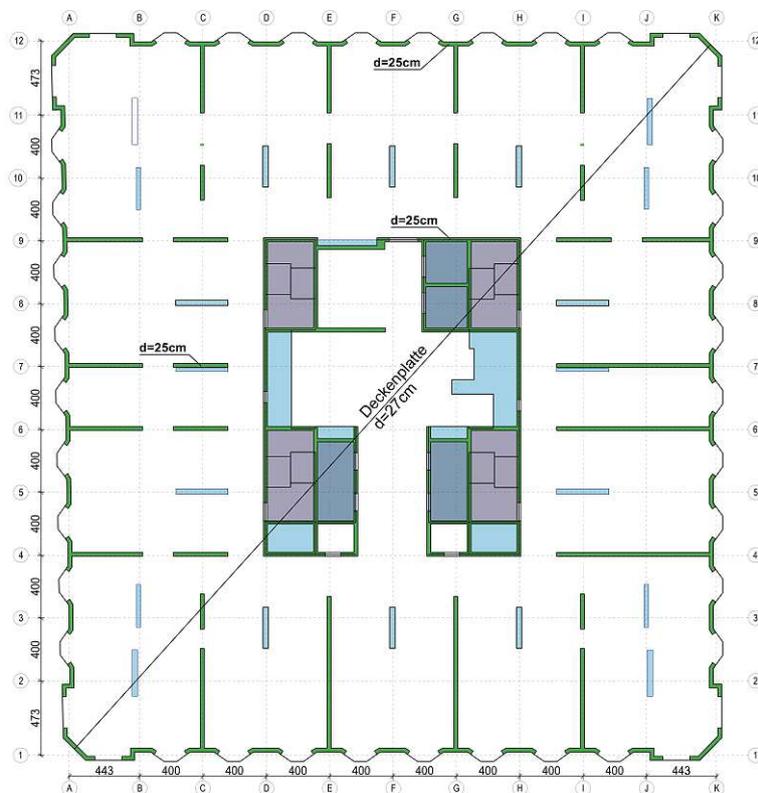


Abb. 3.11: Decke über 3. Obergeschoss

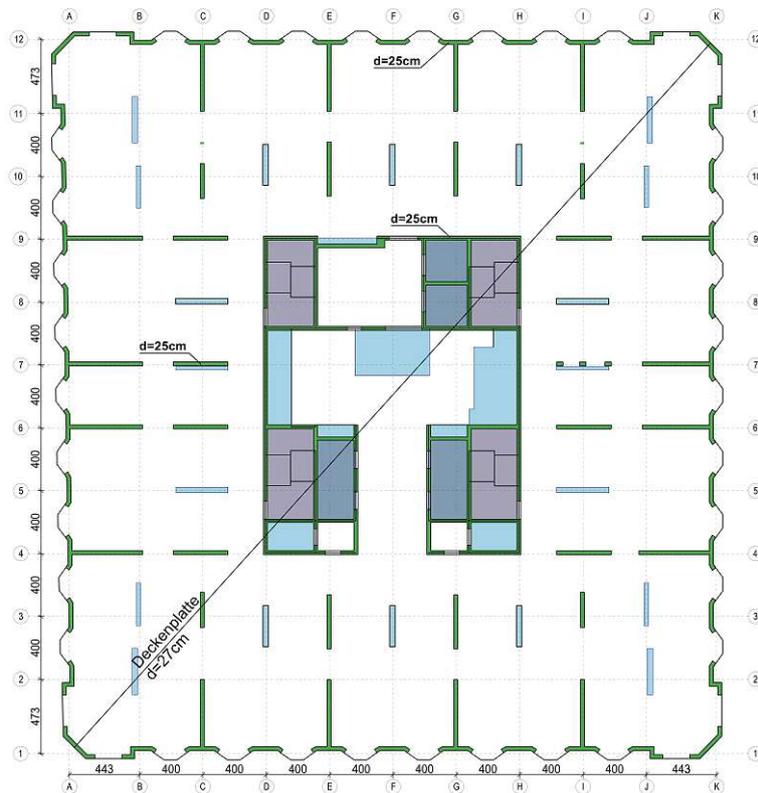


Abb. 3.12: Decke über 4. Obergeschoss

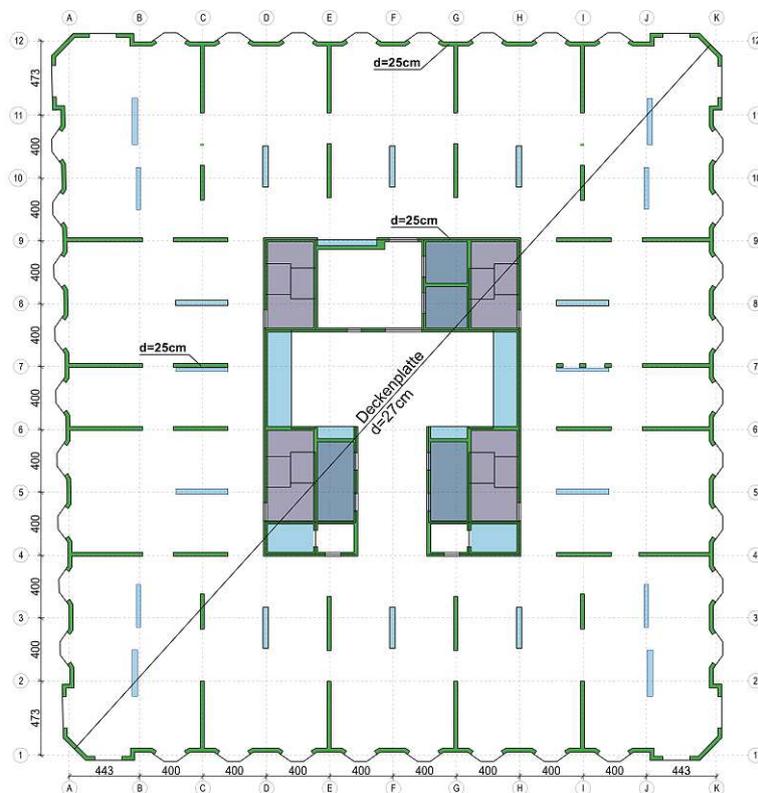


Abb. 3.13: Decke über 5. Obergeschoss

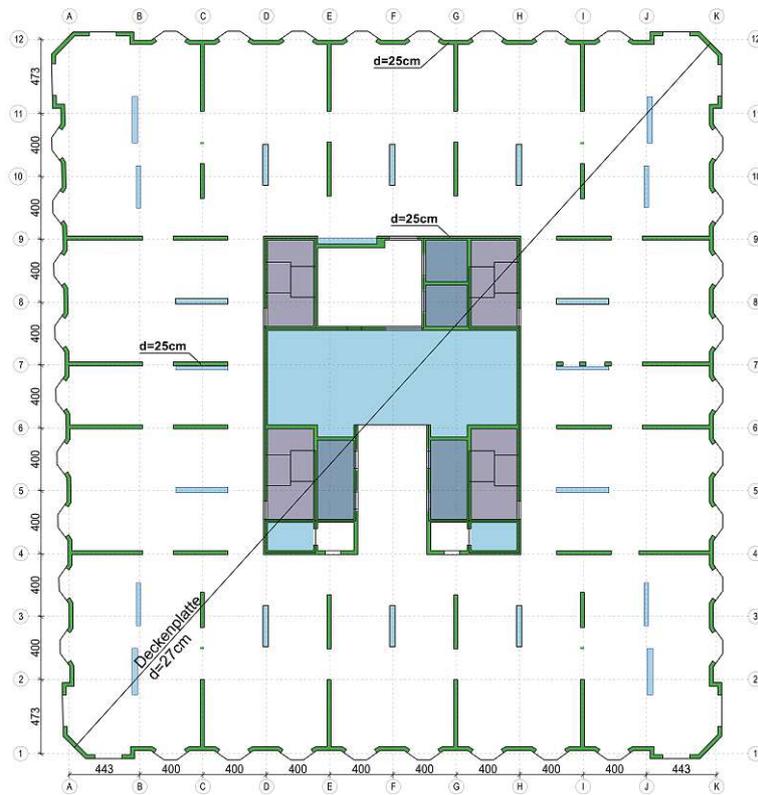


Abb. 3.14: Decke über 6. Obergeschoss

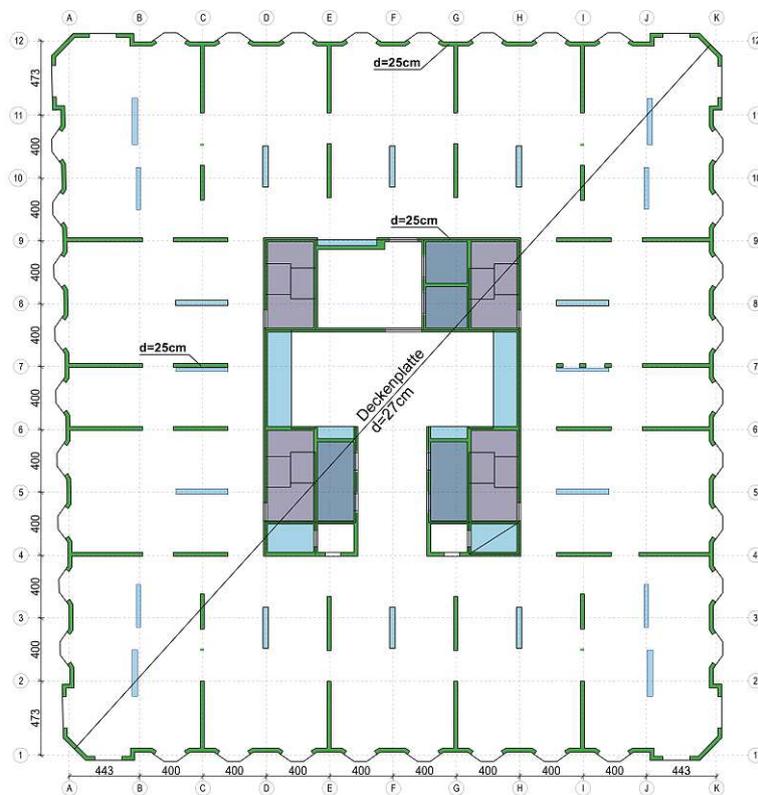


Abb. 3.15: Decke über 7. Obergeschoss

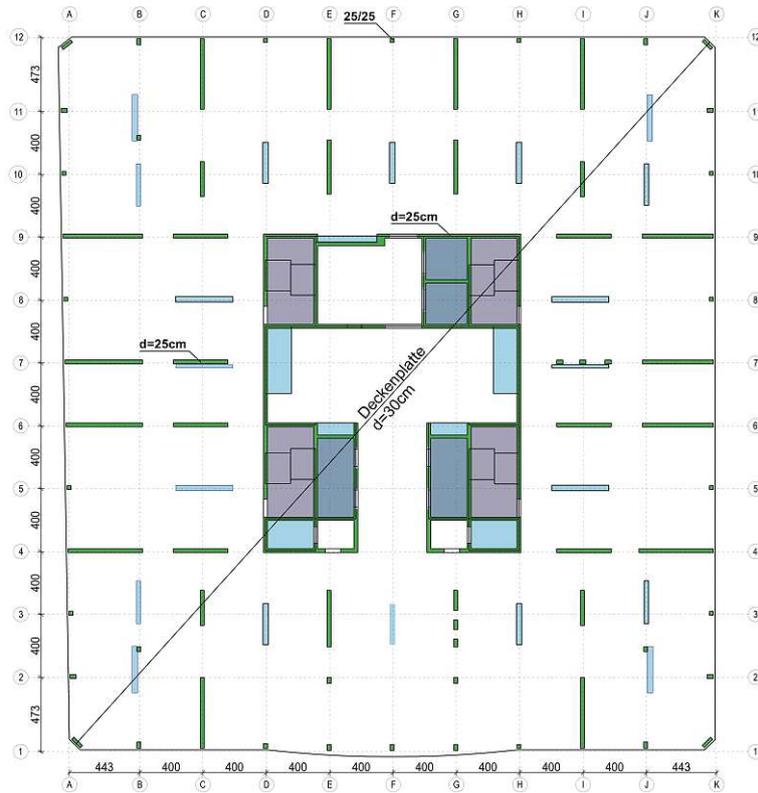


Abb. 3.16: Decke über 8. Obergeschoss

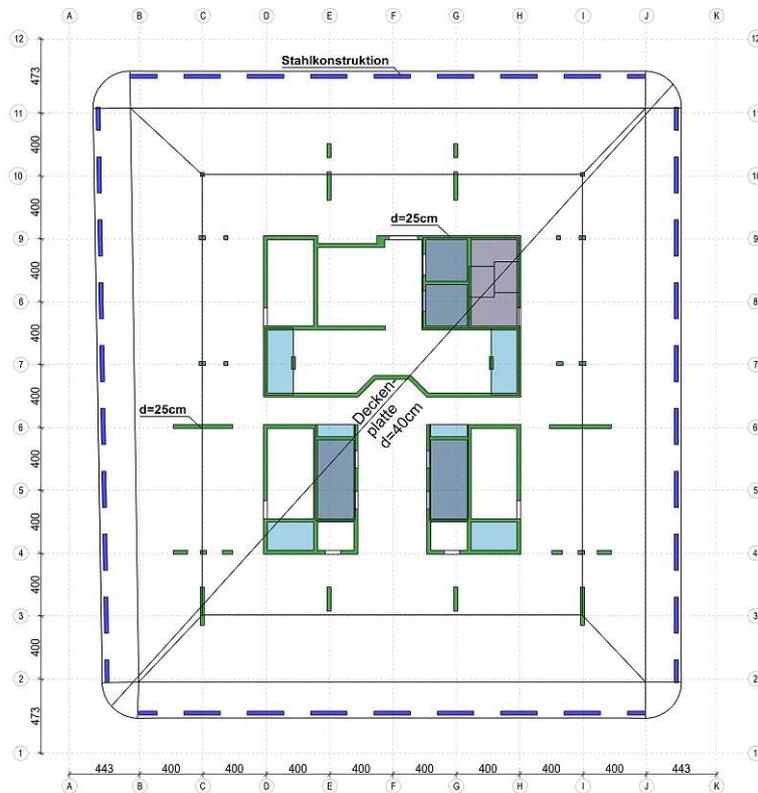


Abb. 3.17: Decke über 9. Obergeschoss

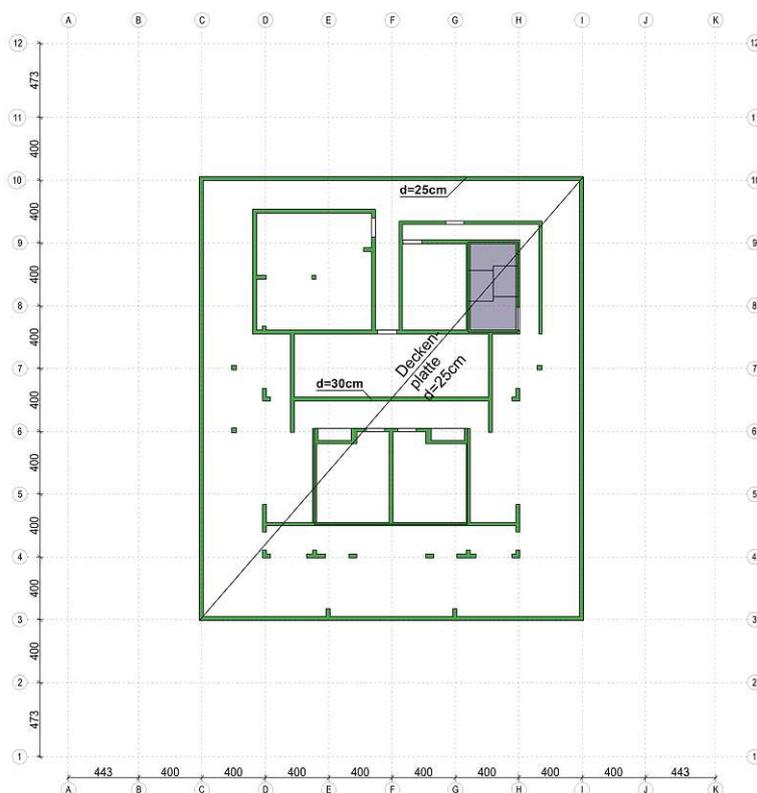


Abb. 3.18: Decke über 10. Obergeschoss

3.2.2 Werkstoffgüten, Spannweiten und Bewehrung

Werkstoffgüten:

Die verwendeten Baustoffe entsprechen einer nicht mehr gültigen Norm, die Überführung in aktuelle Werkstoffgüten erfolgt in 3.3.1. Die damals verwendeten Normen sind in Abschnitt 3.3.2 beschrieben. Von der Bodenplatte bis zur Decke über 3. OG wurde die Betongüte in vielen Bauteilen abgestuft, vor allem bei den Innen- und Außenwände, sowie den Schottwände und den Stützen. Als Betonstahl wurde jedoch durchgehend BST 550 verwendet, welcher über eine Streckgrenze von 550 N/mm^2 und eine Zuggrenze von 620 N/mm^2 verfügt. Heutzutage verwendete Betonstähle sind B550 mit einer charakteristischen Streckgrenze von 550 N/mm^2 und einer charakteristischen Zuggrenze von 577.5 N/mm^2 . Die verwendeten Querschnitte mit den Baustoffgüten und die anzusetzenden Festigkeitswerte sind in Abb. 3.19 dargestellt.

Geschoss	Bauteil	Betongüte	f_{ck} [N/mm ²]
Fundament	Bodenplatte d = 190cm, Aufzugsgrube d = 100cm	-	-
Decke ü. 1. KG	Decken d = 30cm	B400	26,9
	Decken d = 120 und 150cm	B500	35,5
	Wände außen d = 55cm	B225	11,9
	Wände innen d = 25cm	B300	18,3
	Wand 26+27 d = 80cm	B500	35,5
	Stütze 13=70/125, 18=50/140, 20=60/100, 21=60/275, 22=50/165	B400	26,9
	Stütze 5+8+10+11=70/140, 28=70/185, 29=70/100	B500	35,5
	Stütze 9+13+14+15+16 = 70/120	B500	35,5
	Stütze 23+24 = 75/75	B400	26,9
	Decke ü. EG	Decke d=30cm	B400
Wände innen d = 25-40cm		B300	18,3
Wände außen d = 25cm		B300	18,3
Rampendecke d=87,5cm		B600	44,1
Unterzug 1 70/200		B500	35,5
Wand 43 = 35cm, 12b+12c=45cm, 7d=40cm		B400	26,9
Wand 41=35cm		B500	35,5
Stütze 5 = 70/120		B500	35,5
Stütze 2+3+4 = 70/70		B600	44,1
Stütze 6+7+8+9+10+14+15+16 = 70/120		B600	44,1
Decke d=27cm		B400	26,9
Wände außen+innen d = 25cm		B300	18,3
Stütze 2+3=70/70, 1+4+5+5+7=70/120		B600	44,1
Stütze 25a+26a=60/60	B400	26,9	
Wand 34+39+40+44+45+46 d = 35cm	B600	44,1	
Wand 41+43 d = 35cm	B500	35,5	
Wand 42 d = 35cm	B400	26,9	
Decke ü. 2.OG	Decke d=27cm	B400	26,9
	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
	Wand 42+47+48+49+50+51+52+53 d = 35cm	B600	44,1
	Wand 39+40+42+43+44+45+46+54 d = 35cm	B500	35,5
Decke ü. 3.OG	Wand 41 d = 25cm	B300	18,3
	Decke d=27cm	B400	26,9
	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
Decke ü. 4.OG	Wand 47+48+49+50+51+52+53 d = 35cm	B500	35,5
	Decke d=27cm	B400	26,9
Decke ü. 5.OG	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
	Decke d=27cm	B400	26,9
Decke ü. 6.OG	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
	Decke d=27cm	B400	26,9
Decke ü. 7.OG	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
	Decke d=27cm	B400	26,9
Decke ü. 8.OG	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
	Stützen 25/25, 25/40	B400	26,9
	Decke d=30cm	B400	26,9
Decke ü. 9.OG	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
	Stützen 25/25	B300	18,3
	Decke d=40cm	B400	26,9
Decke ü. 10.OG	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
	Decke d=25cm	B400	26,9
	Wände außen+innen d = 25cm	B300	18,3
Betonstahlgüte	Zugfestigkeit [N/mm²]		
Bst 550	620		

Abb. 3.19: Bauteilliste

Spannweiten:

Die Lastabtragung erfolgt über eine vom Raster vorgegebene Spannweite von 4 bis 8 m von Schottwand zu Schottwand, wobei eine Durchlaufwirkung der Decke erzielt werden kann, da eine Stützbewehrung über den Schottwänden vorhanden ist.

Bewehrung:

Vorhanden sind die Bewehrungspläne für die Wände und Stützen im Erdgeschoss, ebenso für die Decke ü.EG, die Decke ü.1. OG. sowie die Decke ü.2.OG. Die Wände sind meist beidseitig, gleichartig bewehrt mit DM12/20 längs und DM8/15 quer. Verstärkungen gibt es in Eckbereichen. Die Hauptbewehrung erfolgt mit einer Mattenbewehrung, im Feld liegend AQ70 und AQ55, über den Schottwänden liegend eine Kombination aus AQ70+AQ70, AQ90+AQ82, AQ90+AQ76 und AQ90+AQ70. Zulagen sind bei Aussparungen, Eckbereichen, Wandenden und Türöffnungen vorhanden. Ebenso gibt es eine umlaufende Rostbewehrung mit Schlaufen DM10/20 und Längseisen 6 bis 8 Stück DM8/20 an der Oberseite und 2DM12.

Die Decke ü.EG wurde mit Stabstahl bewehrt, über den Stützen liegen DM16/20 + DM20/20, über den Schottenwänden liegen DM8/20, DM10/20, DM12/20 oder DM16/20 und im Feld liegen DM8/20+DM12/20 oder DM12/20. Es sind ebenso Zusatzbewehrungen bei Aussparungen, Eckbereichen, Wandenden und Türöffnungen vorhanden, sowie eine Randbewehrung.

Die Decke über 8. OG verfügt über den Stützen im 8. OG über eine Durchstanzbewehrung von 9 bis 13 DM 10 Bügeln, die Decke über EG verfügt trotz zwei durchstanzgefährdeter Bereiche über keine Durchstanzbewehrung. Es besteht die Möglichkeit, dass die Durchstanzbewehrung zwar vorhanden ist, die zugehörigen Ausführungspläne jedoch nicht mehr.

Eine grafisch aufbereitete Form der Bewehrungsmenge je Bewehrungsrichtung und Lage ist für folgende Bauteile in den Abb. 3.24 bis 3.42 ersichtlich. Es wird die Menge der Bewehrung (cm²/m] abhängig von Lage (-z = oben, +z = unten) und Richtung (1 = horizontal, 2 = vertikal) dargestellt, sowie der prozentuelle Anteil der Fläche in der die Bewehrungsmenge vorkommt.

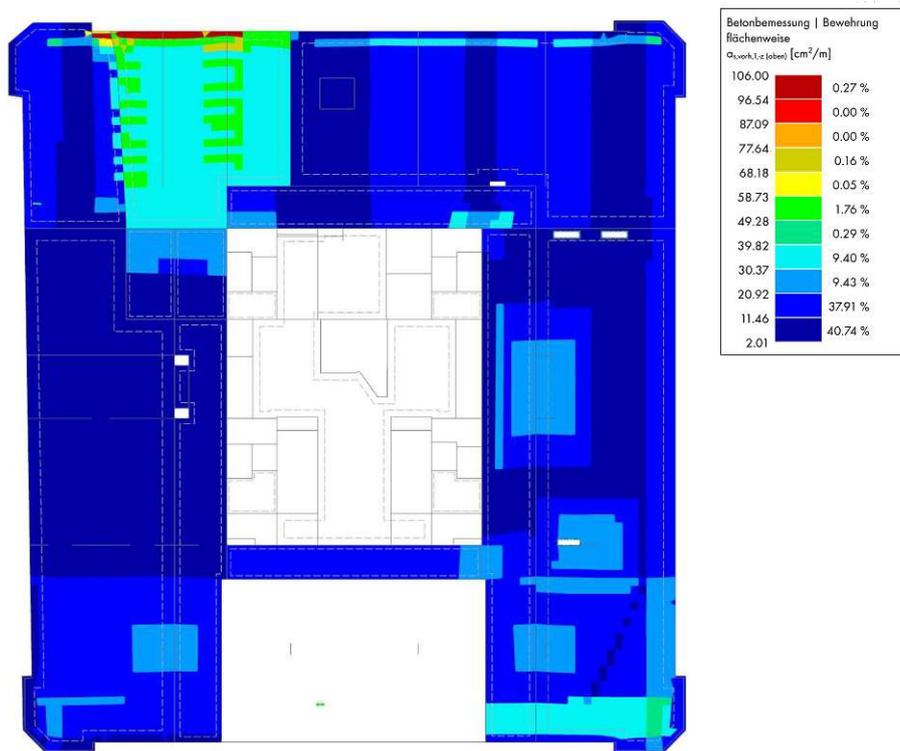


Abb. 3.20: Bewehrung Decke ü.EG as1,-z

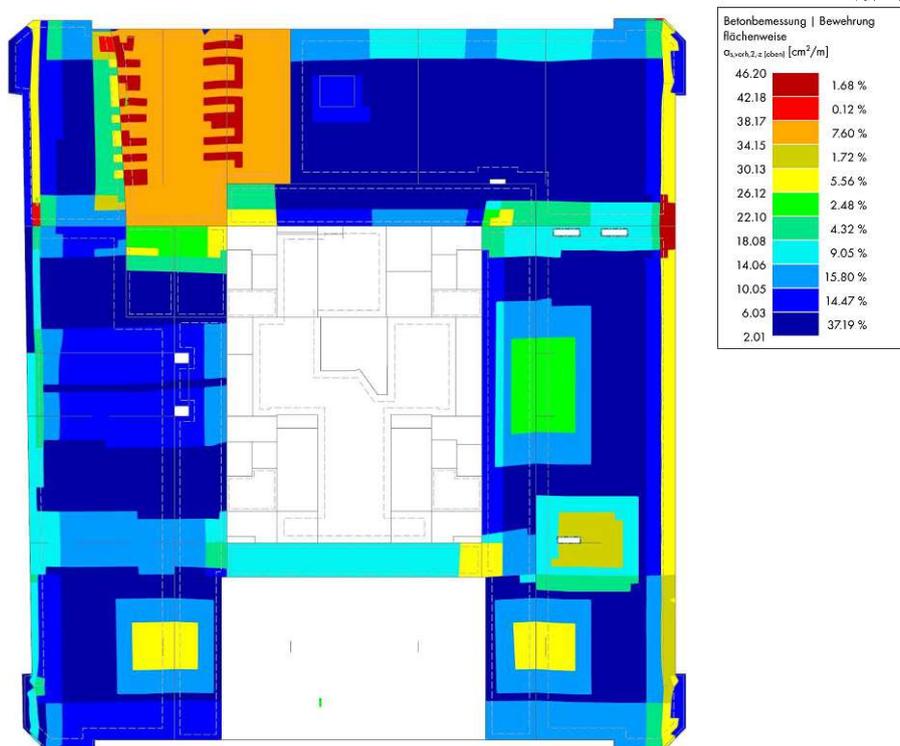


Abb. 3.21: Bewehrung Decke ü. EG as2,-z

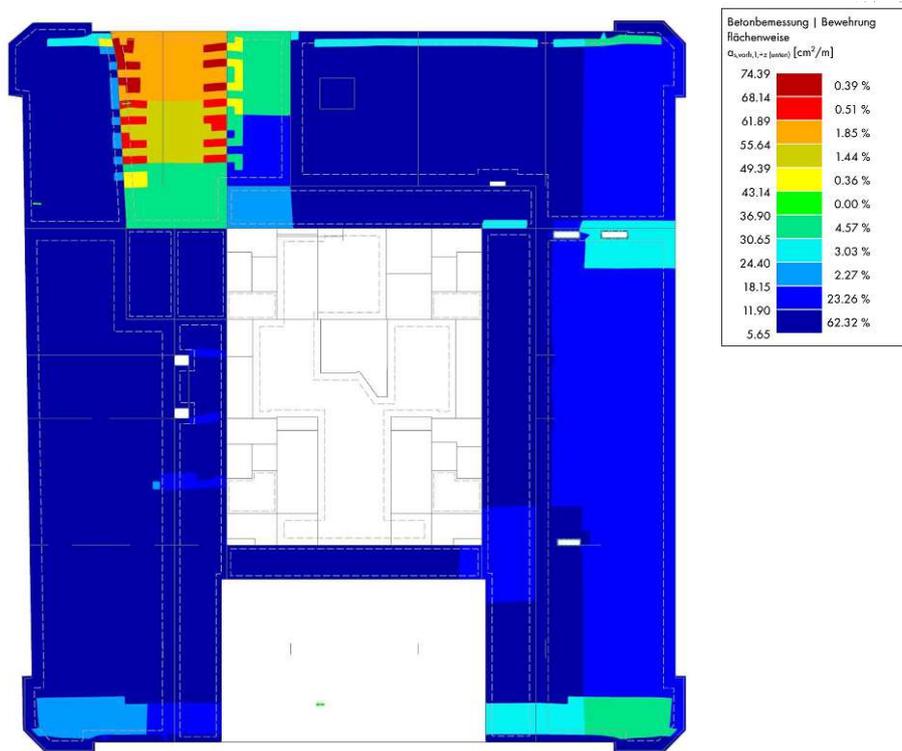


Abb. 3.22: Bewehrung Decke ü. EG as1,+z



Abb. 3.23: Bewehrung Decke ü. EG as2,+z

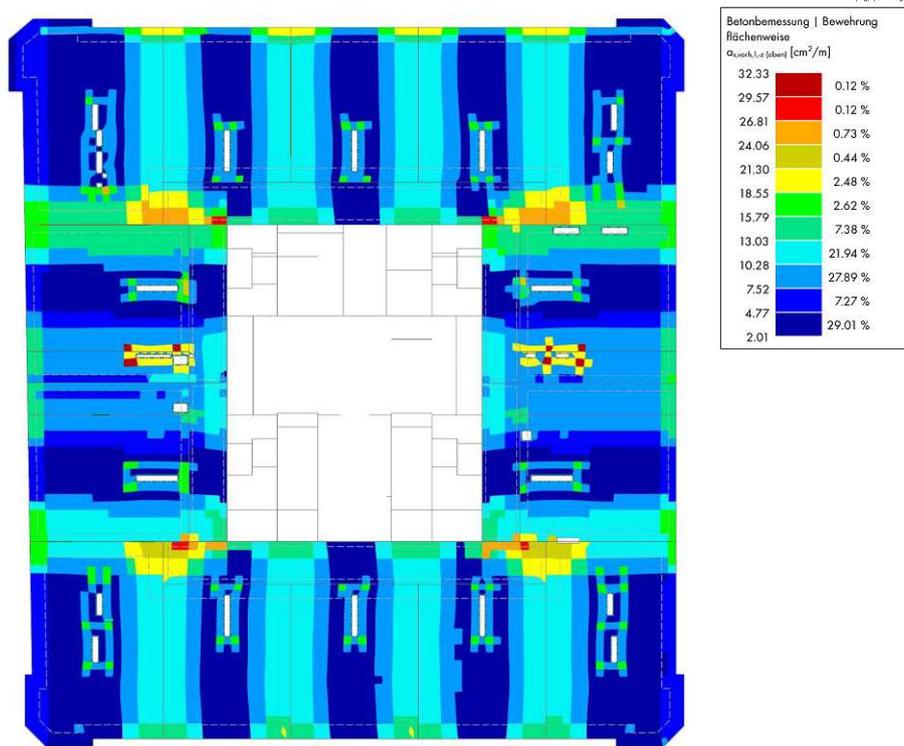


Abb. 3.24: Bewehrung Decke ü. 1. OG as1,-z

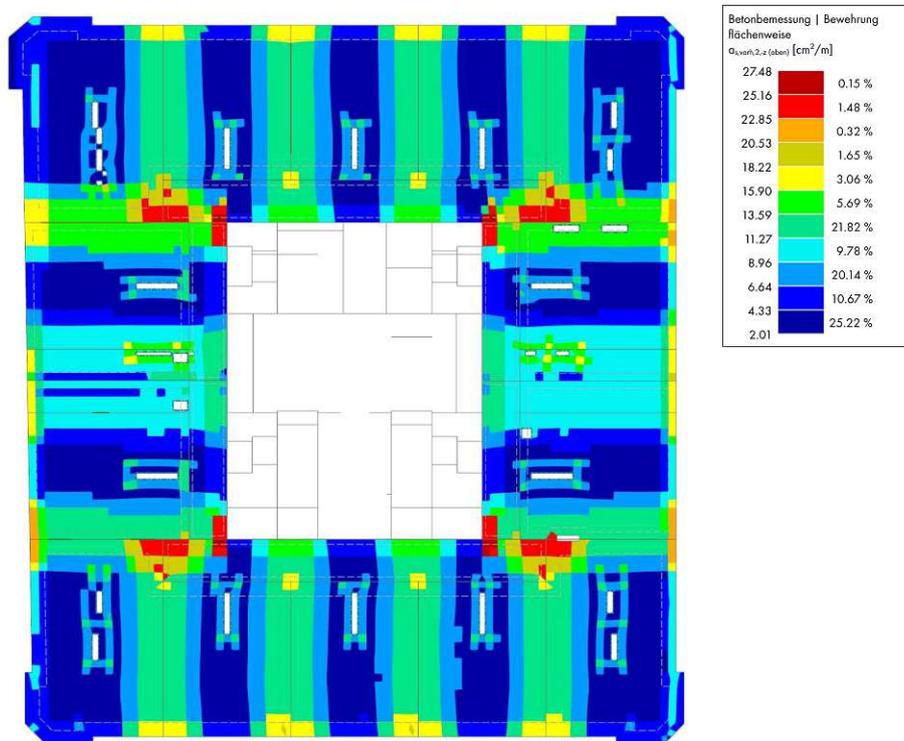


Abb. 3.25: Bewehrung Decke ü. 1. OG as2,-z

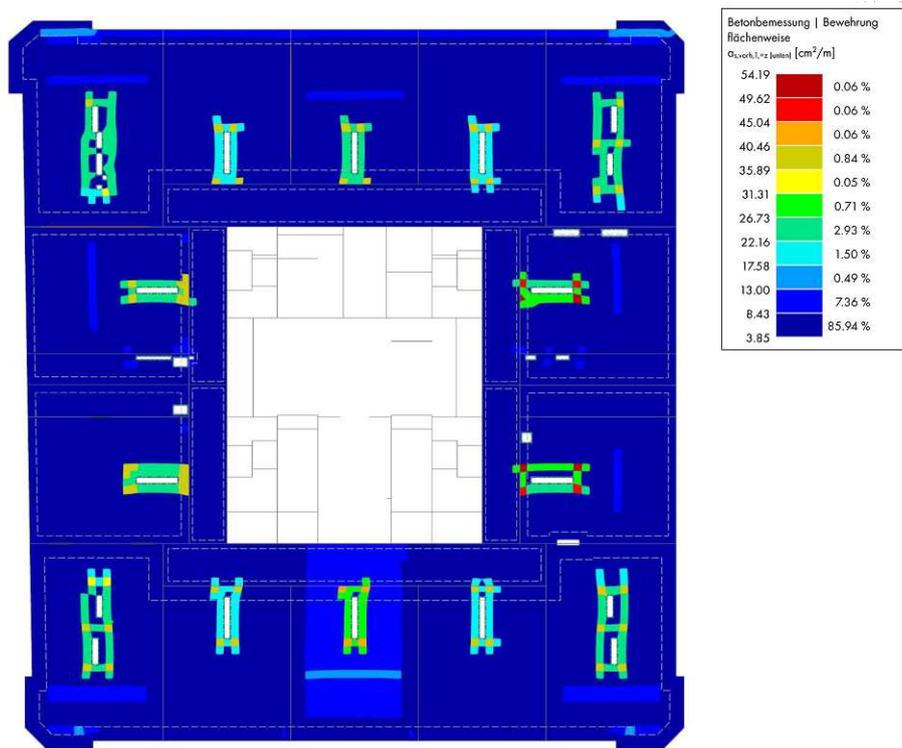


Abb. 3.26: Bewehrung Decke ü. 1. OG as1,+z

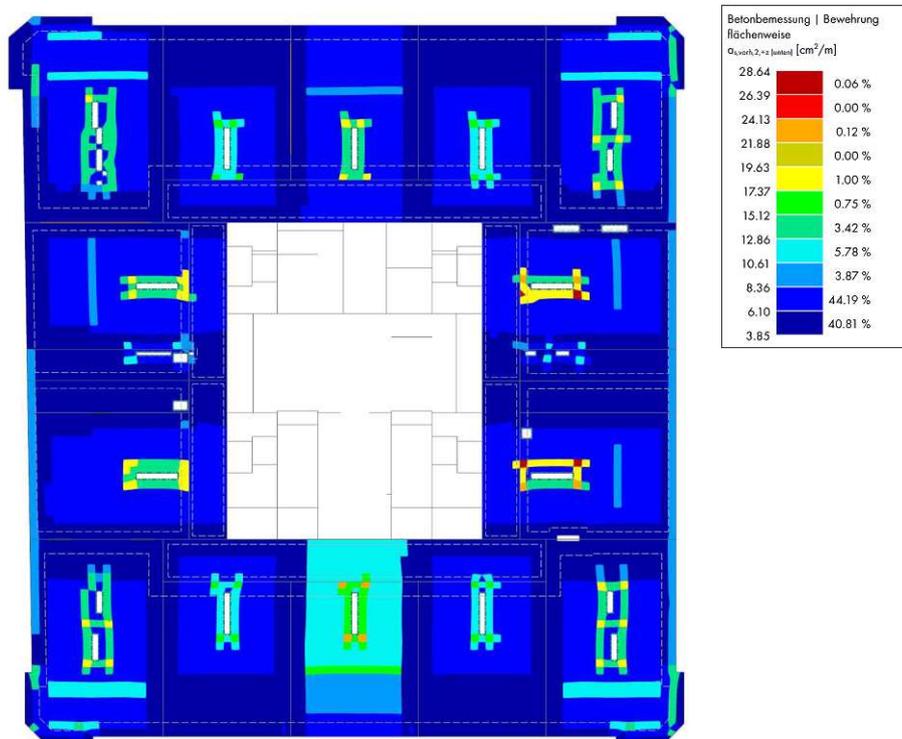


Abb. 3.27: Bewehrung Decke ü. 1. OG as2,+z

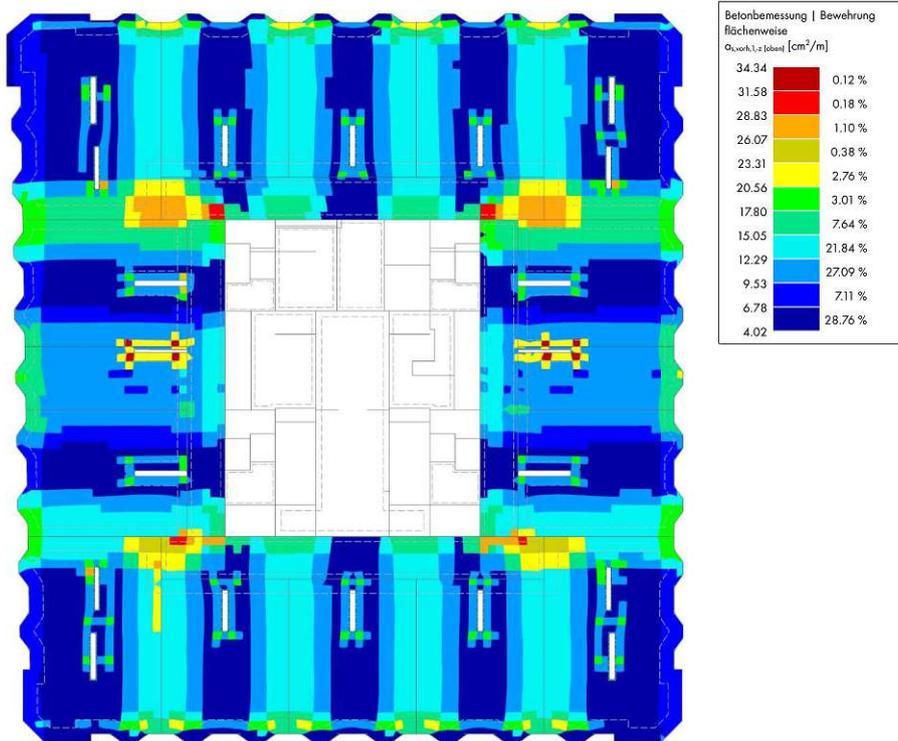


Abb. 3.28: Bewehrung Decke ü. 2. OG as1,-z

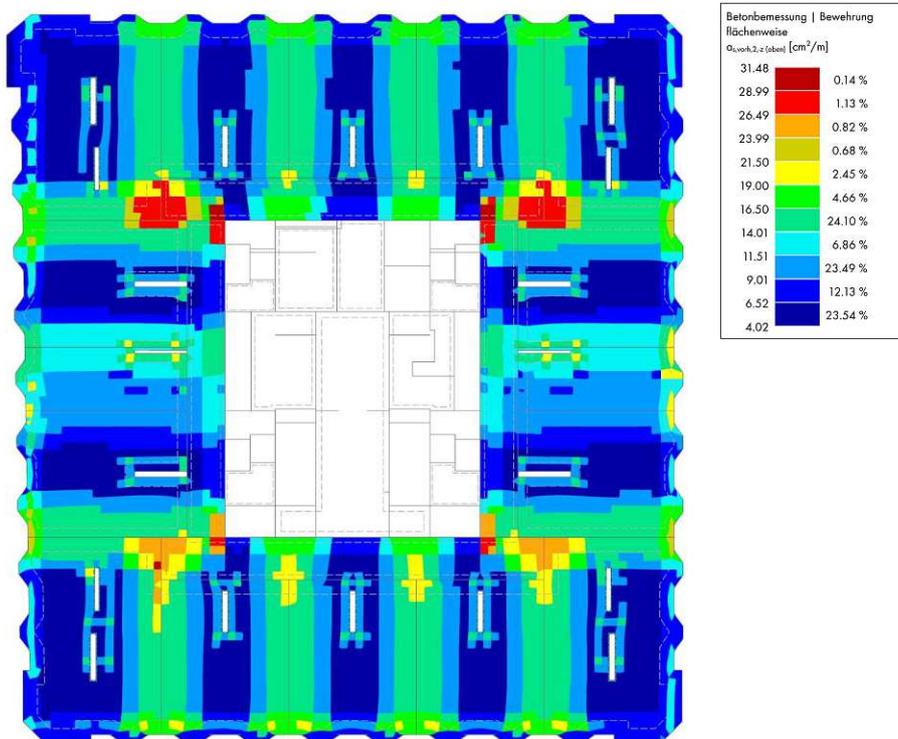


Abb. 3.29: Bewehrung Decke ü. 2. OG as2,-z

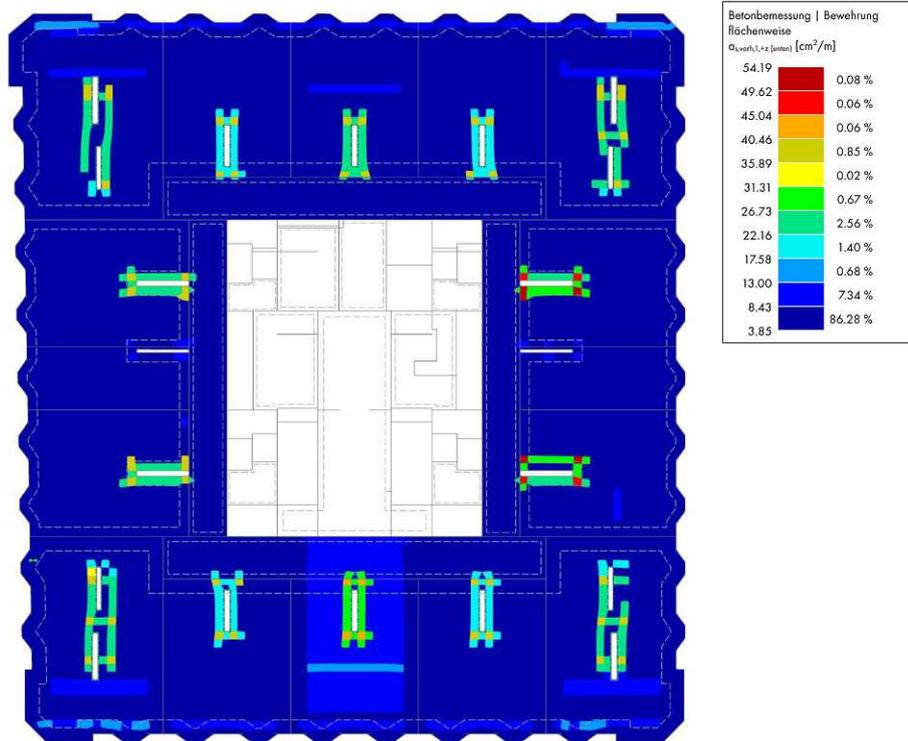


Abb. 3.30: Bewehrung Decke ü. 2. OG as1,+z

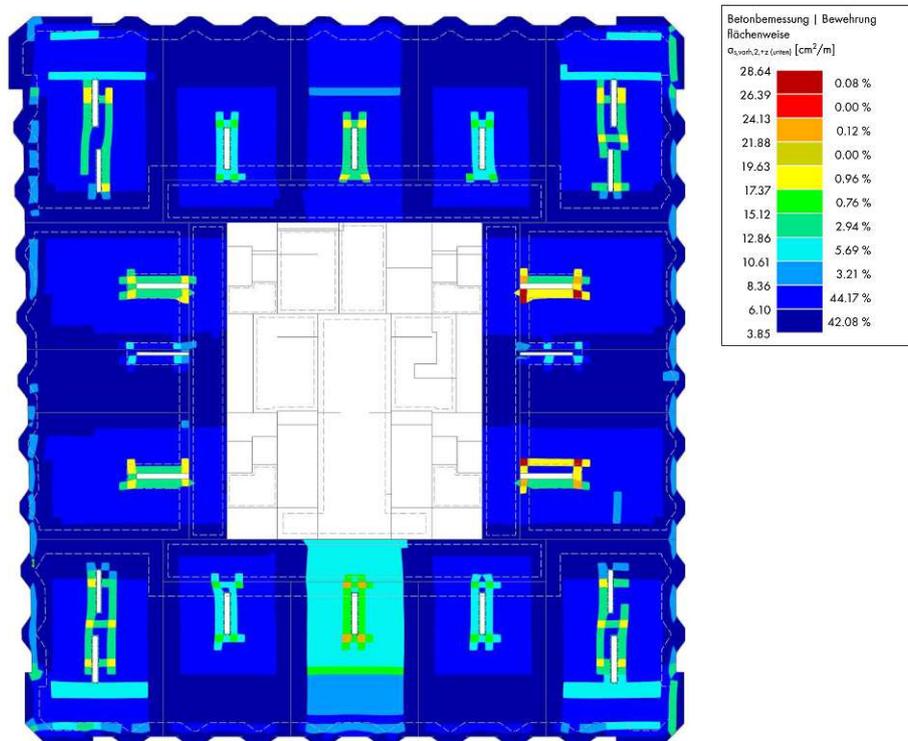


Abb. 3.31: Bewehrung Decke ü. 2. OG as2,+z

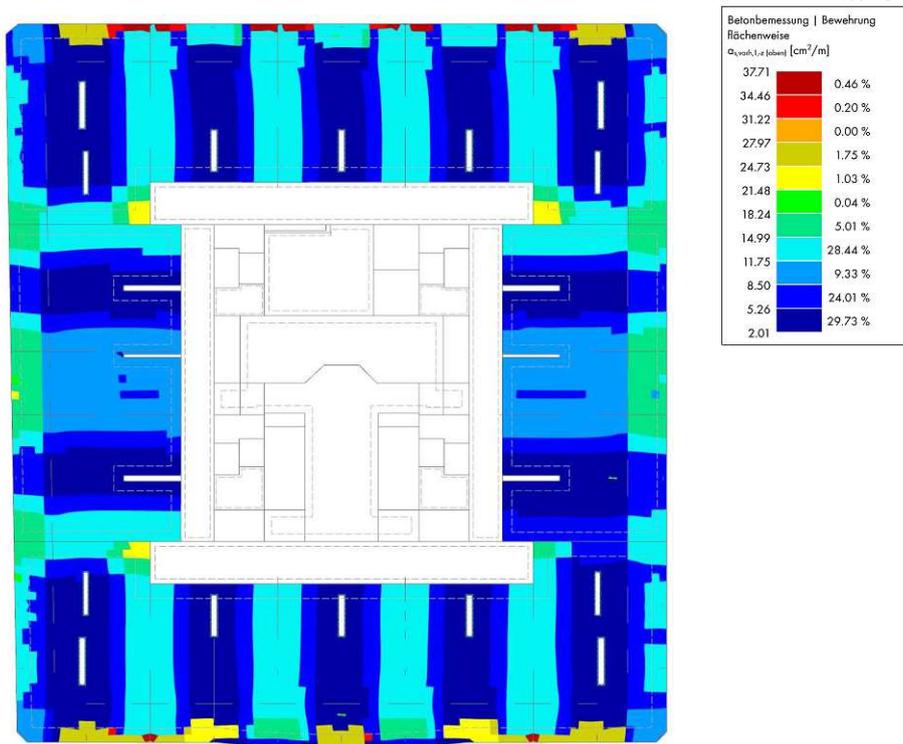


Abb. 3.32: Bewehrung Decke ü. 8. OG as1,-z

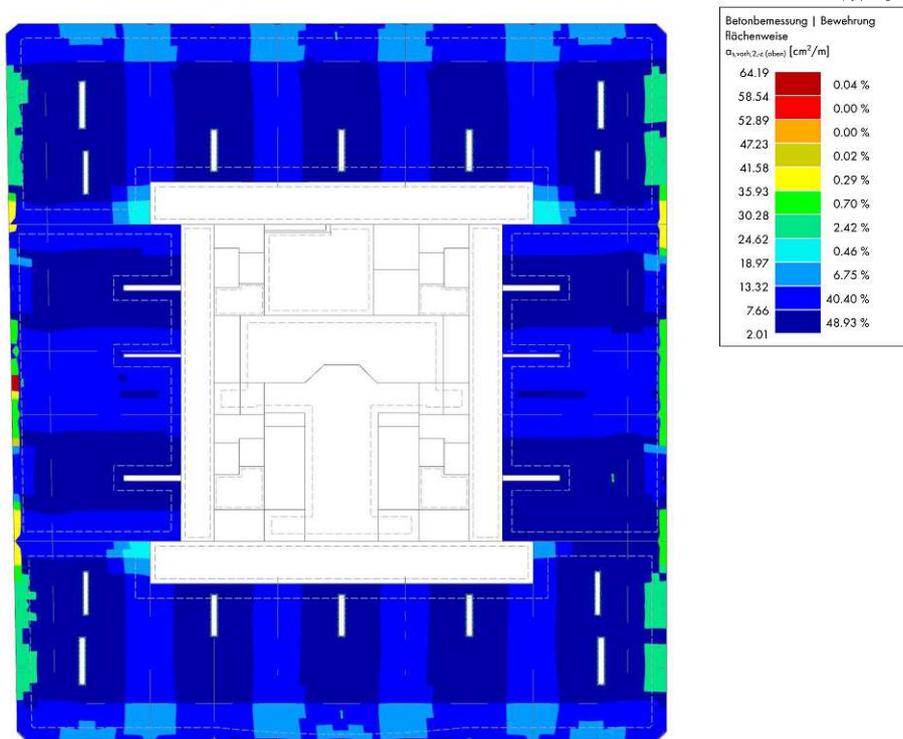


Abb. 3.33: Bewehrung Decke ü. 8. OG as2,-z

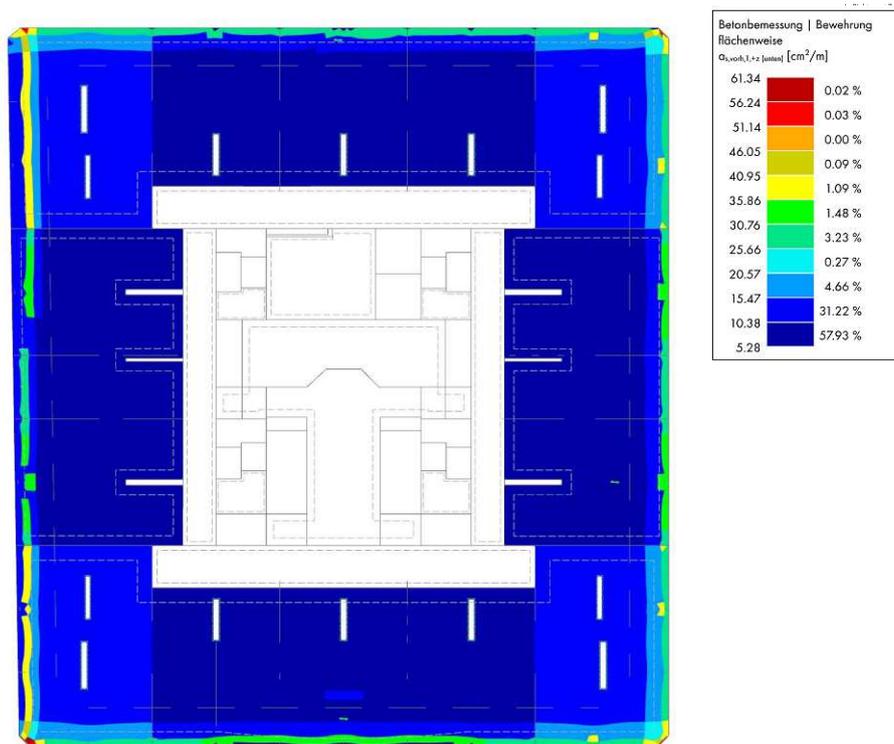


Abb. 3.34: Bewehrung Decke ü. 8. OG as1,+z

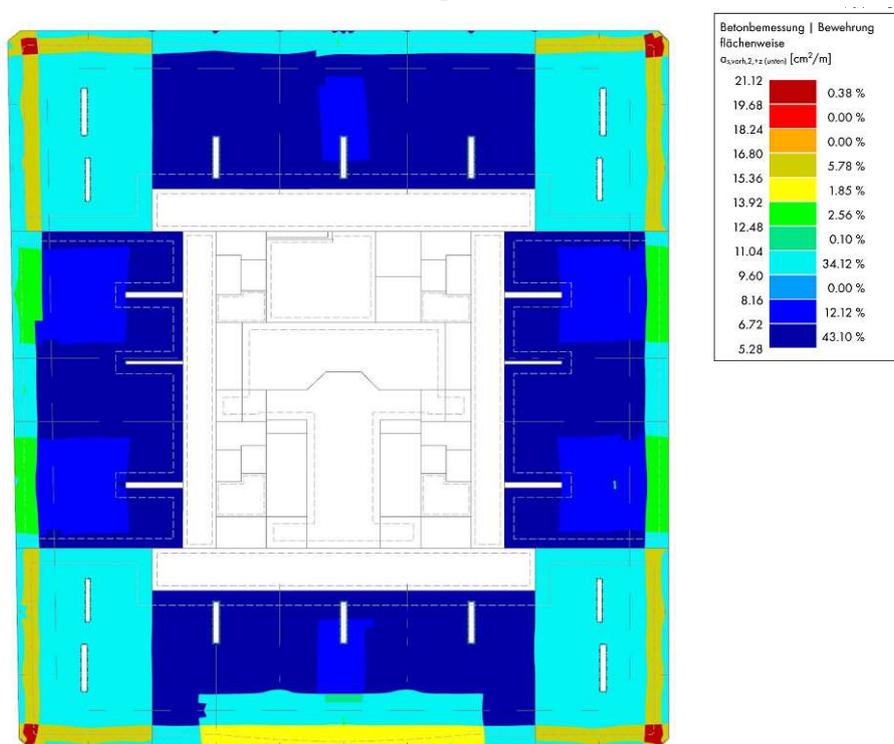


Abb. 3.35: Bewehrung Decke ü. 8. OG as2,+z

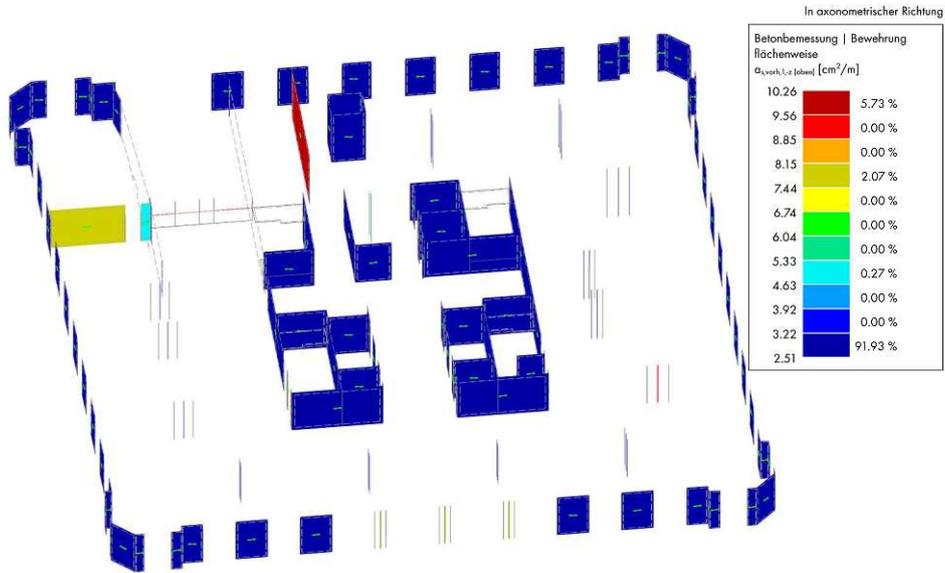


Abb. 3.36: Bewehrung Wände im EG as1,+z

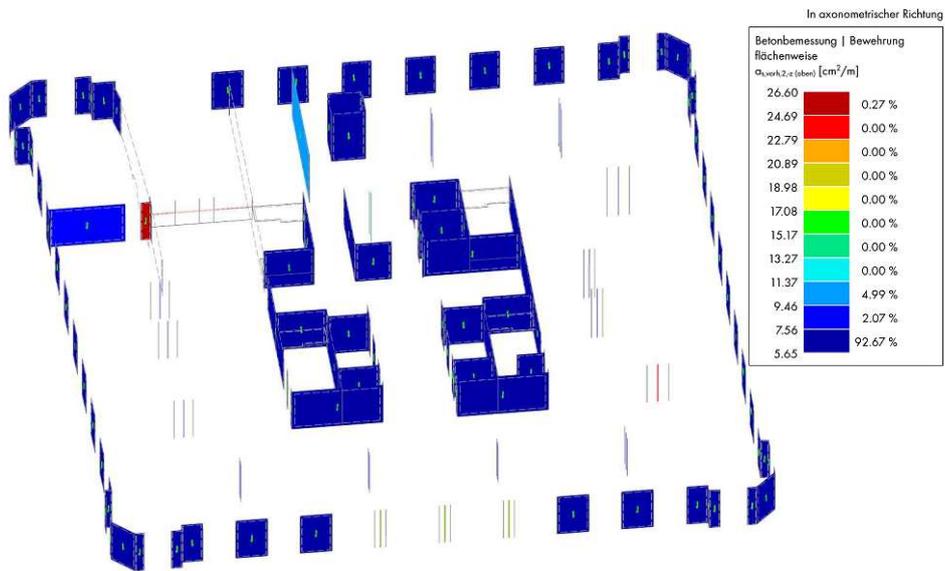


Abb. 3.37: Bewehrung Wände im EG as2,+z

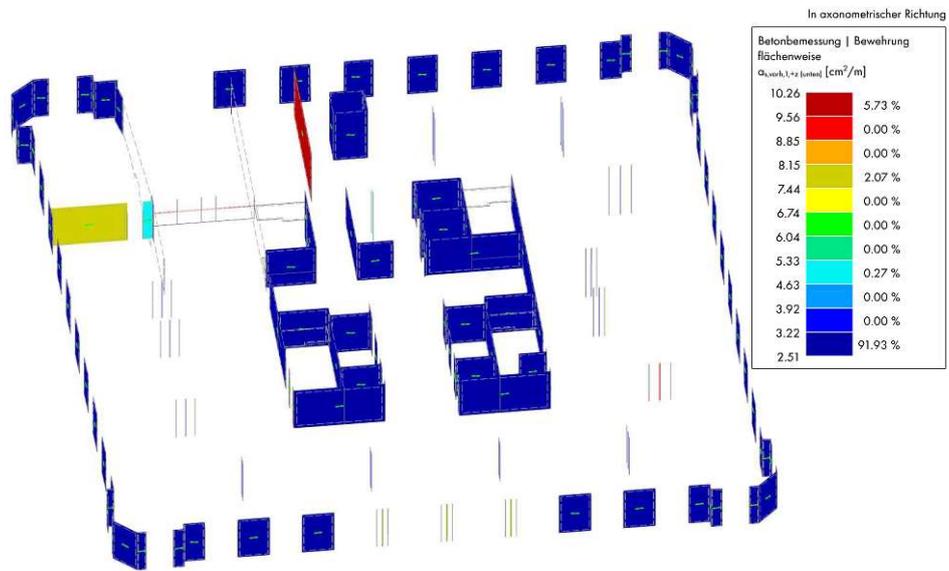


Abb. 3.38: Bewehrung Wände im EG as1,+z

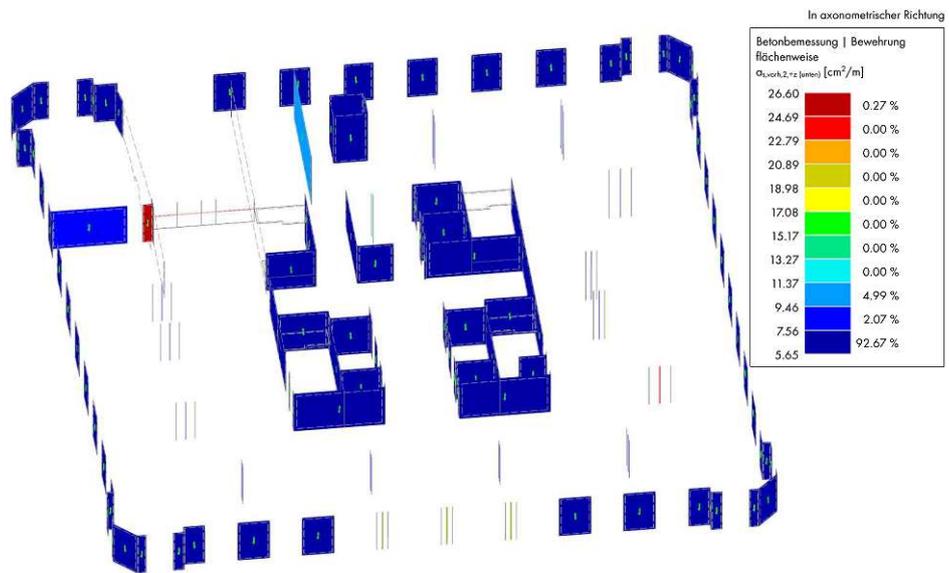


Abb. 3.39: Bewehrung Wände im EG as2,+z

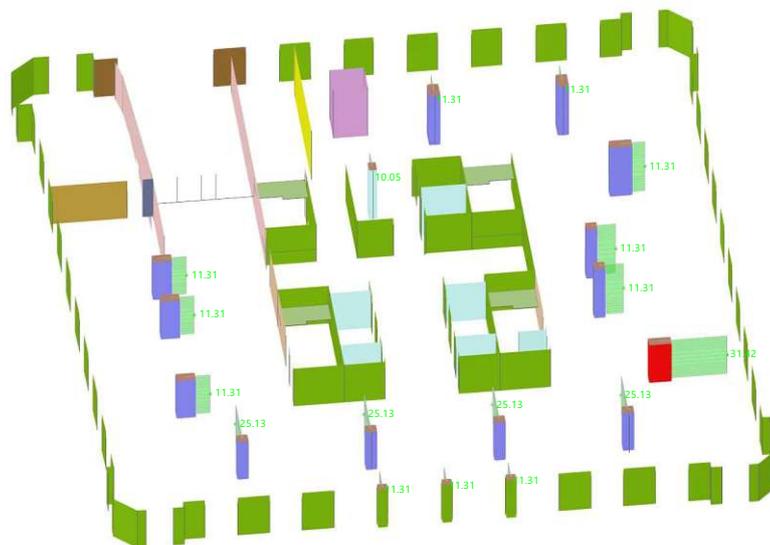


Abb. 3.42: Bewehrung Stützen im EG asw

3.3 Normen und Lastannahmen

3.3.1 Aktuelle Normen

Der Eurocode (EC) ist die normative Grundlage für die Planung und Bemessung von Tragwerken seit 1990 (Austrian-Standards-e [6]). Er wird für alle relevanten Teilbereiche des Ingenieurbaus wie Einwirkungen, Stahlbetonbau, Stahlbau und Holzbau ausgegeben und umfasst 58 Stück. Der übergeordnete Zweck ist eine übereinstimmende Bemessung von Baukonstruktionen im europäischen Raum, die einheitliche Grundlage für Verträge zur Ausführung, sowie die Spezifikation für Bauprodukte. Ergänzt wird der Eurocode durch nationale Anhänge, um örtliche Gegebenheiten berücksichtigen zu können.

- **EN 1990, B 1990-1:** Grundlagen der Tragwerksplanung:

Das Dokument beschreibt die Anforderungen für die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Baukonstruktionen durch die Definition von Lastkombinationen und Teilsicherheitsbeiwerten, um das geforderte Sicherheitsniveau einzuhalten (Austrian-Standards-d [5]). Ebenfalls wird die Zuverlässigkeit, Schadensfolgeklasse und Nutzungsdauer des Bauwerks beschrieben. Die Verwendung zur Beurteilung des Tragverhaltens von bestehenden Gebäuden im Zuge von Umbauten oder bei einer Nutzungsänderungen ist ebenfalls möglich.

Das gegenständliche Gebäude ist der Schadensfolgeklasse CC2 zuzuordnen, diese entspricht mittleren Folgen für Menschenleben. Es wird die Zuverlässigkeitsklasse RC2 erreicht, wodurch der KFI-Faktor mit 1,00 festgelegt und eine normale Überwachung in Form einer Eigenüberwachung durch eine eigene Prüfstelle bei Umbauten erfolgen kann. Die Nutzungsdauer des Gebäudes ist mit 50 Jahren festgelegt, welche etwa bis zum Jahr 2040 reicht. Um die Nutzungsdauer zu erhöhen, muss eine geeignete Dauerhaftigkeit, zum Beispiel in Form von Ermüdungsnachweisen für betroffene Bauteile, erbracht, oder

Instandhaltungsmaßnahmen vorgenommen werden. Zum Nachweis der Tragfähigkeit werden Einwirkungskombinationen mit Teilsicherheitsbeiwerten definiert.

Die Grundkombination für ständige oder vorübergehende Einwirkungen lautet:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot G_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.1)$$

Die Grundkombination für quasi ständige Einwirkungen lautet:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.2)$$

Die Grundkombination für seismische Einwirkungen lautet:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.3)$$

Der Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen $\gamma_{G,j}$ entspricht 1,35 bei ungünstiger Einwirkung, bei der ständigen Einwirkung $G_{k,j}$ handelt es sich um Einwirkungen, die ständig wirken wie zum Beispiel das Eigengewicht der Bauteile oder die Fußbodenaufbauten.

Der Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen γ_p entspricht 1,50, dieser kann bei mehreren zugleich wirkenden veränderlichen Einwirkungen P wie Wind-, Schnee- und Nutzlast mit einem Kombinationsbeiwert $\psi_{0,i}$ überlagert werden. Seismische Lasten werden nicht mit veränderlichen Lasten wie Wind- oder Schneelast überlagert, ebenso wenig außergewöhnliche Lastfälle wie zum Beispiel Brand. Durch Variation der Einwirkungsarten mit unterschiedlichen Kombinationsbeiwerten erhält man verschiedene Lastkombinationen, die Schnittkräfte an Bauteilen verursachen und anhand derer die Bauteile dimensioniert werden können. Maßgebend für das Gebäude ist der Lastfall, bei dem die Nutzlast die Leitwirkung inne hat.

- **EN 1991-1-1, B 1991-1-1:** Allgemeine Einwirkungen – Wichten, Eigengewichte, Nutzlasten im Hochbau:

Das Dokument enthält Informationen über Lasten, die sowohl durch die Bauteile selbst, als auch durch Lasten die durch die Nutzung in verschiedenen Nutzungskategorien wie zum Beispiel Wohnflächen oder Verkaufsflächen hervorgerufen werden (siehe Kapitel 3)(Austrian-Standards-f [7]).

Die Ermittlung der Eigengewichte erfolgt durch das Aufstellen einer Massenbilanz aller Bauteile und Aufbauten. Die Aufbauten entstammen dabei einem Einreichplan, die dazugehörigen Wichten der Stoffe aus der Norm. Die Eigenlasten der tragenden Bauteile werden im Bemessungsprogramm berücksichtigt, die Eigenlasten der Wandaufbauten exklusiv der tragenden Wand selbst werden auf Grund der geringen Lasten vernachlässigt. Die Eigenlasten der nichttragenden Zwischenwände werden dem Zwischenwandzuschlag der Nutzlast in Höhe von 80 kg/m² zugeschlagen. Die wichtigsten Eigenlasten der Deckenaufbauten sind in den Abbildungen 3.43 bis 3.53 aufgelistet:

Die anzusetzende Nutzlast hängt von der Nutzung ab, welche Kategorien zugeordnet ist. Die anzusetzenden Nutzlasten sind in Abb.3.54 dargestellt.

Dach 1 (17° Neigung)

Blechdeckung	0,10	kN/m ²
Folie		
Schalung 2,4 cm	0,10	kN/m ²
Sparren 6/10	0,15	kN/m ²
Wärmedämmung 10 cm	0,05	kN/m ²
Stahlkonstruktion		
Gipskartonplatten	0,10	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		1,00 kN/m ²
Last auf Stahlträger	q = (0,50 + 1,00)	kN/m²

Abb. 3.43: Dach

Terrasse ü. 8.OG:

Naturstein 3cm	0,75	kN/m ²
Kies 6cm	1,08	kN/m ²
Wärmedämmung 10 cm	0,20	kN/m ²
Isolierung 0,5 cm	0,10	kN/m ²
Gefällebeton iM 5,5 cm	1,38	kN/m ²
Stahlbetondecke 30 cm	7,50	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		2,80 kN/m ²
	q = (11,01 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (3,51 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.44: Terrasse ü. 8.OG

Decke ü. 10. OG:

Estrich 10 cm	2,20	kN/m ²
Wärmedämmung 3 cm	0,10	kN/m ²
Isolierung 0,5 cm	0,01	kN/m ²
Glattestrich 0,5 cm	0,11	kN/m ²
Stahlbetondecke 25 cm	6,25	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		2,80 kN/m ²
	q = (8,67 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (2,42 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.45: Decke ü. 10. OG

Fußboden Lüftungszentrale über 9. OG:

Estrich 8,5 cm	1,87	kN/m ²
Schaumfolie 0,5 cm	0,25	kN/m ²
Wärmedämmung 5 cm	0,10	kN/m ²
Isolierung 0,5 cm	0,01	kN/m ²
Glattestrich 0,5 cm	0,11	kN/m ²
Stahlbetondecke 40 cm	10,00	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		2,80 kN/m ²
	q = (12,34 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (2,34 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.46: Fußboden Lüftungszentrale über 9. OG

Fußboden Zimmer, Gänge und Aufzüge ab 1. OG:

Teppichboden 1 cm	0,10	kN/m ²
Glattestrich 2 cm	0,44	kN/m ²
Stahlbetondecke 27 cm	6,75	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		2,80 kN/m ²
	q = (7,29 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (0,54 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.47: Fußboden Zimmer, Gänge und Aufzüge ab 1. OG

Küche:

Keramik 1,5 cm	0,25	kN/m ²
Isolierung	0,10	kN/m ²
Estrich 12,0 cm	2,64	kN/m ²
Trittschalldämmplatte 1 cm	0,05	kN/m ²
Stahlbetondecke 30 cm	7,50	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		2,80 kN/m ²
	q = (10,54 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (3,04 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.48: Küche

Restaurant und Speisesaal:

Teppichboden 2 cm	0,20	kN/m ²
Estrich 6,0 cm	1,32	kN/m ²
Trittschalldämmplatte 0,5 cm	0,25	kN/m ²
Hartschaum 5 cm	0,02	kN/m ²
Verbundestrich 1,5 cm	0,33	kN/m ²
Stahlbetondecke 30 cm	7,50	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		2,80 kN/m ²
	q = (9,62 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (2,12 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.49: Restaurant und Speisesaal

Fußboden vor den Aufzügen im KG -2 und KG -1:

Keramik 1,5 cm	0,25	kN/m ²
Isolierung	0,10	kN/m ²
Estrich 4,0 cm	0,88	kN/m ²
Trittschalldämmplatte 0,5 cm	0,25	kN/m ²
Hartschaum 5 cm	0,02	kN/m ²
Ausgleichbeton 3 cm	0,75	kN/m ²
Stahlbetondecke 30 cm	7,50	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)		2,80 kN/m ²
	q = (9,75 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (2,25 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.50: Fußboden vor den Aufzügen im KG -2 und KG -1

Fußboden Lobby im EG:

Teppichboden 2 cm	0,20	kN/m ²
Heizestrich 7,0 cm	1,54	kN/m ²
Trittschalldämmplatte 0,5 cm	0,25	kN/m ²
Hartschaum 5 cm	0,02	kN/m ²
Verbundestrich 2,5 cm	0,55	kN/m ²
Stahlbetondecke 30 cm	7,50	kN/m ²
Nutzlast (+ ZW-Zuschlag)	2,80	kN/m ²
	q = (10,06 + 2,80)	kN/m²
Last auf Decke	q = (2,56 + 2,80)	kN/m²

Abb. 3.51: Fußboden Lobby im EG

Fußboden Garage und Nebenräume im KG -2 und KG -1:

Industriestrich versiegelt im Gefälle im 12,5 cm	3,30	kN/m ²
Trennlage	0,05	kN/m ²
Stahlbetonplatte 30 cm	7,50	kN/m ²
Sauberkeit 10 cm		kN/m ²
Trennschicht		kN/m ²
Rollierung 20 cm		kN/m ²
Nutzlast	2,50	kN/m ²
	q = (10,85 + 2,50)	kN/m²
Last auf Decke	q = (3,35 + 2,50)	kN/m²

Abb. 3.52: Fußboden Garage und Nebenräume im KG -2 und KG -1

Fußboden im KG -3:

Estrich versiegelt im Gefälle 15 cm	3,30	kN/m ²
Trennlage	0,05	kN/m ²
Ausgleichbeton 5 cm	1,25	kN/m ²
Stahlbetonplatte 190 cm	47,50	kN/m ²
Sauberkeit 10 cm		kN/m ²
Trennschicht		kN/m ²
Rollierung 20 cm		kN/m ²
Nutzlast	2,50	kN/m ²
	q = (52,10 + 2,50)	kN/m²
Last auf Decke	q = (4,60 + 2,50)	kN/m²

Abb. 3.53: Fußboden im KG -3

Nutzung	Last [kN/m ²]	Kategorie
Dach	1	H
Terrasse	4	A1
Zimmer	2,00 + 0,80	A1
Treppen	4	C3.1
Gang	4	C3.1
Lobby	5	C3.2
Konferenzraum	4	C2
Restaurant	4	C3.1
Lager	5	E1.3
Haustechnik, WC und Nebenräume	2,00 + 0,80	A1
Parkgarage	2,5	F

Abb. 3.54: Nutzlasten

- **EN 1991-1-3, B 1991-1-3:** Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten:

Das Dokument enthält Regeln über die Belastungen und die Lastanordnungen für unterschiedliche örtliche Gegebenheiten betreffend der Schneelast (Austrian-Standards-g [8]). Diese hängt unter anderem von der Dachform, der Gebäudehöhe, dem Standort, von eventuellen Schneeverwehungen, dem Umgebungskoeffizient C_e und dem Temperaturkoeffizienten C_t ab. Dem Standort entsprechend gilt eine charakteristische Schneelast am Boden und am Dach von 0,70 kN/m², der Dachform beziehungsweise -neigungen entsprechend gelten jeweils die Formbeiwerte $\mu_i = 0,80$. Sowohl der Umgebungskoeffizient C_e als auch der Temperaturkoeffizienten C_t sind in Österreich im allgemeinen gleich 1,00 (siehe Formel 3.5), da der Umgebungskoeffizient von der Geländegegebenheit abhängt und bei üblichen Verhältnissen 1,00 entspricht und der Temperaturkoeffizient nur bei höherem Wärmedurchgang ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) erhöht werden kann, da es zu Abschmelzungen kommen kann, dies ist bei gedämmten Dächern oder unbeheizten Dachböden nicht der Fall. Berücksichtigt werden muss die gleichförmige Belastung mit einem Formbeiwert, welche senkrecht auf die projizierte Fläche wirkt. Bei verwehtem Schnee kommt es zu einer ungleichförmigen Belastung, welche ebenfalls mit Formbeiwertes reduziert wird.

Resultierende Schneelast für unverwehten Schnee am Dach:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (3.4)$$

$$s = 0,80 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,70 = 0,56 \leq 1,00 \quad (3.5)$$

Die Schneelast ist somit geringer als die Nutzlast für Dächer die nur für Wartungszwecke begangen werden und spielt in der Berechnung eine untergeordnete Rolle.

Im Bereich der Dachkehle, wo das Stahlleichtbaudach mit 8 Grad Neigung an die aufgehende Stahlbetonwand des 10. Obergeschosses stößt, kann es zu Schneeverwehungen kommen. Ebenso kann es im Bereich der Terrasse im 9. Obergeschoss zu Schneeverwehungen kommen. Der Formbeiwert μ_2 ist auf Grund der hohen Wandhöhe gleich und wird wie folgt berechnet:

$$\mu_1 = 2 \cdot h_1 / s_k \quad (3.6)$$

$$\mu_1 = 2 \cdot 1,8 / 0,70 = 5,14 \geq 5,00 \rightarrow \mu_1 = 5,00 \quad (3.7)$$

Die Länge der Verwehung l_{si} entspricht 5 mal der Höhe ($h \leq 1,00$) oder der verbliebenen Dachbreite bis zur Traufe, dies entspricht 4,00 m im Fall der Kehlverwehung beziehungsweise 1,75 m im Fall der Terrassenverwehung.

Resultierende Schneelast für verwehten Schnee am Dach:

$$s_{verweht} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (3.8)$$

$$s_{verweht} = 5,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,70 = 3,50 \quad (3.9)$$

Diese Last muss im Kehlenbereich des Daches und der Terrasse dreiecksförmig angesetzt werden.

- **EN 1991-1-4, B 1991-1-4:** Allgemeine Einwirkungen – Windlasten:

Das Dokument gilt für die Ermittlung von Lasten, welche durch Wind verursacht werden (Austrian-Standards-h [9]). Diese werden durch Standort, Geländekategorie, sowie Höhe, Form und Völligkeit des angeströmten Baukörpers beeinflusst.

Der Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit $v_{b,0}$ ist der charakteristische Wert der mittleren 10-Minutenwindgeschwindigkeit in 10 m Höhe. In Wien beträgt sie 25,1 m/s und kann abhängig von der Geländekategorie (IV - eng verbaute Stadtgebiete), der Höhe über dem Boden (36 m) und mit Hilfe des Referenzwerts des Geschwindigkeitsdruckes $q_{b,0}$, welcher in Wien 0,39 kN/m² beträgt, in den Spitzengeschwindigkeitsdruck oder auch Böengeschwindigkeitsdruck q_p umgerechnet werden. Der Verlauf des Geschwindigkeitsdruckes ist in diesem Fall linear, da die Gebäudehöhe geringer als die Gebäudebreite ist.

Böengeschwindigkeitsdruck q_p :

$$q_p = q_{b,0} \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,38} \quad (3.10)$$

$$q_p = 0,29 \cdot 1,2 \cdot \left(\frac{36}{10}\right)^{0,38} = 0,761 \text{ kN/m}^2 \quad (3.11)$$

Die resultierende Windlast w wird durch die Kombination des Böengeschwindigkeitsdruckes mit aerodynamischen Beiwerten ermittelt. Der Böengeschwindigkeitsdruck wird nach Formel 3.10 und 3.11 ermittelt. Die Außen- und Innendruckbeiwerte c_{pe} und c_{pi} hängen von der Wand- und Dachgeometrie des Bauwerks ab. Die maßgebenden Druckbeiwerte für verschiedene Windrichtungen und Angriffsflächen werden im Folgenden ermittelt.

Auf Grund der ähnlichen Breiten des Gebäudes wird, um die Rechenschritte zu verkürzen, eine einheitliche Breite von 46,5 m angenommen, diese spiegelt eine konservative Näherung der Windlast wider.

Der Innendruck wirkt gleichzeitig mit dem Außendruck und entsteht durch durchlässige Außenwände, der nationale Anhang sieht für Wohn- und Bürogebäude mit geschlossenen Türen, Toren und Fenstern folgende Werte für Innendruckbeiwerte zur Berücksichtigung von Innendruck vor:

$$c_{pi} = +0,2 \text{ und } -0,3 \quad (3.12)$$

Außendruckbeiwerte stellen die Windeinwirkung auf Außenflächen dar, sie werden als lokale ($< 1 \text{ m}^2$) oder globale ($> 10 \text{ m}^2$) Beiwerte ausgegeben. Die Beiwerte hängen von der Geometrie des Bauteils ab und können aus vorgefertigten Tabellen ausgelesen werden, Zwischenwerte werden interpoliert.

Außendruckbeiwerte Wände:

$$h/b = 36/46,5 = 0,77$$

$$d/b = 46,5/46,5 = 1,00 \quad (3.13)$$

$$c_{pe,A} = -1,04$$

$$c_{pe,B} = -0,95 \rightarrow \text{maßgebend für seitliche Belastung}$$

$$c_{pe,C} = -0,41$$

$$c_{pe,D} = 0,80 \rightarrow \text{maßgebend für frontale Luv Belastung}$$

$$c_{pe,E} = -0,33 \rightarrow \text{maßgebend für frontale Lee Belastung} \quad (3.14)$$

Außendruckbeiwerte Walmdach 8 Grad:

$$c_{pe,G} = +0,06 \text{ und } -1,08 \rightarrow \text{maßgebend für frontale Luv Belastung}$$

$$c_{pe,H} = +0,06 \text{ und } -0,51$$

$$c_{pe,I} = -0,36 \rightarrow \text{maßgebend für frontale Lee Belastung}$$

$$c_{pe,M} = -0,60 \rightarrow \text{maßgebend für seitliche Belastung}$$

$$c_{pe,N} = -0,37 \quad (3.15)$$

Windlasten für die verschiedenen Bereiche w_i :

$$w_i = q_p \cdot (c_{pe,i} \pm c_{pi}) = 0,761 \cdot (c_{pe,i} \pm c_{pi}) \quad (3.16)$$

$$w_B = 0,761 \cdot (-0,95 - 0,3) = -0,95 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{seitlicher Sog Wand} \quad (3.17)$$

$$w_D = 0,761 \cdot (0,80 + 0,2) = +0,76 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{frontaler Druck Wand} \quad (3.18)$$

$$w_E = 0.761 \cdot (-0,33 - 0,3) = -0,48\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{abgewandter Sog Dach} \quad (3.19)$$

Windlast Walmdach 8 Grad:

$$w_G = 0.761 \cdot (+0,06 + 0,2) = +0,20\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{frontaler Druck Dach} \quad (3.20)$$

$$w_I = 0.761 \cdot (-0,36 - 0,3) = -0,50\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{abgewandter Sog Dach} \quad (3.21)$$

$$w_M = 0.761 \cdot (-0,60 - 0,3) = -0,68\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{seitlicher Sog Dach} \quad (3.22)$$

- **EN 1992-1-1, B 1992-1-1:** Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau:

Das Dokument beschreibt den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Hochbauten und Ingenieurbauten aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton (Austrian-Standards-i [10]). Enthalten sind allgemeine Regeln der Tragwerksplanung, der Bewehrung und der Konstruktion. Zusätzlich wird die Ermittlung von Schnittkräften und die daraus folgenden Nachweisformate für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit erläutert. Die Ergebnisse sind im Abschnitt 3.5 beschrieben.

- **EN 1996-1-1, B 1996-1-1:** Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk:

Das Dokument behandelt die Berechnung und Bemessung von bewehrtem und unbewehrtem Mauerwerk (Austrian-Standards-j [11]). Auf Sonderformen des Mauerwerks wie bei Einfluss von Schwingungen, Tragwerke wie Bögen oder Mauerwerk, das nicht mit Stahl bewehrt wird, ohne Zement oder als Bruchsteinmauerwerk ausgeführt wird, wird auf gesonderte Dokumente verwiesen.

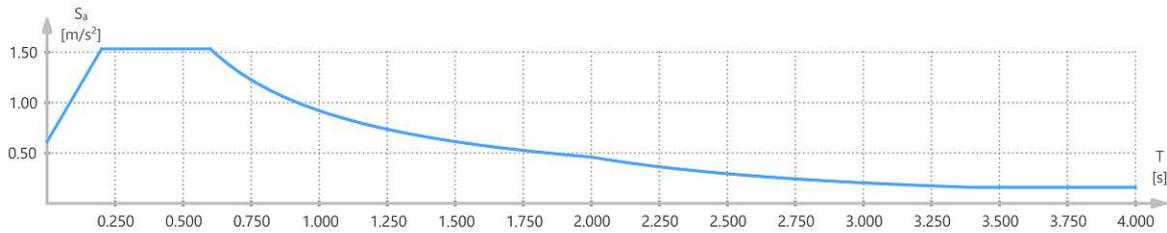
- **EN 1997-1-1, B 1997-1-1:** Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln:

Das Dokument beschreibt die grundlegenden Anforderungen an Festigkeit, Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit in Bezug auf die Fundierung von Bauwerken, dazu gehören beispielsweise die Lastabtragung, die Ermittlung von Bodenspannungen und Setzungen (Austrian-Standards-k [12]). Darüber hinaus werden Regeln zur Ermittlung von aus dem Baugrund hervorgehenden Einwirkungen wie Erddrücke erläutert.

- **EN 1998-1, B 1998-1:** Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten:

Im Dokument wird die Bemessung und die Konstruktion von Bauwerken in Erdbebengebieten beschrieben (Austrian-Standards-l [13]). Bemessen wird hierbei die Beanspruchbarkeit und das Energiedissipationsvermögen des Tragwerks abhängig vom Material, dessen Steifigkeit, dem Verhaltensbeiwert, der Erdbebenzone mit Referenzbodenbeschleunigung, Bedeutungskategorie des Bauwerks und der Baugrundklasse, um Personenschäden zu vermeiden und Sachschäden zu verringern. Für das gegenständliche Gebäude liegt die Bedeutungskategorie II vor. Diese gilt für gewöhnliche Bauwerke, die nicht unter die anderen Kategorien fallen. Ermittelt werden die Erdbebenlasten mit dem multimodalen Antwortspektrumverfahren. Dafür wird im ersten Schritt eine Modalanalyse des Tragwerks erstellt, bei

Beschleunigung - Periode-Diagramm

**Abb. 3.55:** Antwortspektrum

der die Eigenfrequenzen bestimmt und modale Massen ermittelt werden. Berücksichtigt werden die Massen aus dem Eigengewicht, sowie Anteile der Nutzlasten abhängig von deren Kategorie. Lagerlasten werden zu 80 Prozent berücksichtigt, Fahrzeuglasten zu 60 Prozent und Nutzlasten durch Wohnnutzung zu 30 Prozent. Die Berechnung erfolgt im räumlichen Finite Elemente Programm von Dlubal (RFEM-6).

Im nächsten Schritt werden Ersatzlasten für jeden Eigenwert und für jede Anregungsrichtung mit den elastischen Bodenbeschleunigungs-Antwortspektrum ermittelt. Das Antwortspektrum (siehe Abb. 3.55) hängt von den Grenzen der Schwingungsdauer T bei konstanter Spektralbeschleunigung, dem Bodenparameter S , dem Dämpfungskorrekturbeiwert η und der Bemessungsbodenbeschleunigung ab, welche wiederum von der Baugrundklasse abhängt.

Folgende Parameter wurden gewählt:

$$\begin{aligned}
 & \text{Bedeutungskategorie II} \\
 & \text{Erdbebenzone 3 (Grad VII)} \\
 & \text{horizontale Referenz-Bodenbeschleunigung } a_{gR} = 0,80\text{m/s}^2 \\
 & \text{Verhaltensbeiwert } q = 1,5 \\
 & \text{Grenzwert } \beta = 0,2 \\
 & \text{Bodenparameter } S = 1,15 \\
 & \text{Dämpfungskorrekturbeiwert } \eta = 1,5 \\
 & \text{Kontrollperiode } T_B = 0,2\text{s} \\
 & \text{Kontrollperiode } T_C = 0,6\text{s} \\
 & \text{Kontrollperiode } T_D = 2,0\text{s} \\
 & \text{maximale Periode } T_{max} = 4,0\text{s}
 \end{aligned} \tag{3.23}$$

Die resultierende Erdbebenkraft, die je Geschoss einwirkt, ist in 3.56 ersichtlich. Zur Plausibilisierung, wurde die Ersatzerdbebenkraft ermittelt und den vom Programm errechneten Werten gegenüber gestellt. Die Formel

$$F_b = S_d(T) * m * \gamma \tag{3.24}$$

beschreibt die Berechnung der Erdbebenersatzkraft mit Ordinate des Bemessungsspektrums $S_d(T) = 1,53$ am Plateau des Antwortspektrum mit der Bauteilmasse m und dem Korrekturbeiwert $\lambda = 0,85$. Eine kurze Gegenüberstellung zeigt, dass die Erdbebenersatzkräfte in den unteren Stockwerke tendenziell höher und in den höheren Geschossen tendenziell

Seismische Horizontallast nach ÖNORM EN 1998

Geschoss	ΔF_x	ΔF_y	F_b
[-]	[kN]	[kN]	[kN]
Decke ü. EG	1984	858	2933
Decke ü. 1. OG	1366	1336	2287
Decke ü. 2. OG	1778	1378	2550
Decke ü. 3. OG	1785	1579	2447
Decke ü. 4. OG	2376	2335	2328
Decke ü. 5. OG	2545	2621	2327
Decke ü. 6. OG	2722	2955	2250
Decke ü. 7. OG	2794	3190	2194
Decke ü. 8. OG	2969	2979	2173
Decke ü. 9. OG	3127	3443	1384
Decke ü. 10. OG	1079	1200	952
Summe der Erdbebenkräfte	24525	23874	23827

Abb. 3.56: Geschosseinwirkung durch Erdbebenkraft

niedriger sind, als jene vom Programm errechneten. Im Mittel gibt es somit nur eine geringe Abweichung der Gesamtsumme der horizontalen Erdbebenkräfte, weshalb das Ergebnis plausibel erscheint.

- **EN 1998-3, B 1998-3:** Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden:

Der dritte Teil des Eurocode 8 regelt die Erdbebenbelastung bei Bestandsgebäuden. Gesteuert wird die Erdbebenlast über die Personenzahl, die Nutzung und die Schadensfolgeklasse (Austrian-Standards-u [22]). Da es keine Personenzahlerhöhung gibt und die Schadensfolgeklasse CC2 entspricht, resultiert ein Erdbebenerfüllungsfaktor α_{min} für Bestandsgebäude von 0.25. Das bedeutet, dass das Bestandsgebäude 25 Prozent der Erdbebenlast, welche nach derzeit gültigem Normenstand anzuwenden ist, standhalten muss.

- **ÖNORM B 4008:** Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Hochbauten:

Die ÖNORM B 4008 ist ein nationales Dokument, das die wirklichkeitsnahe Bewertung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit bereits bestehender Gebäude regelt. Darin ist festgelegt, wie die korrekte Aufnahme des Bestandes gewährleistet und das Zuverlässigkeitsniveau der Konstruktion in die Bemessung und somit in die aktuell gültigen Normen eingebettet werden sollen. Zusätzlich werden Angaben über Werkstoffeigenschaften aus verschiedenen Bauperioden beziehungsweise Normenperioden gemacht.

3.3.2 Normen zum Errichtungszeitpunkt

Die Normen, die zum Errichtungszeitpunkt des zu untersuchenden Gebäudes gültig waren, sind in unten stehender Liste notiert, diese umfassen etwa den Zeitraum 1960 bis 1980.

- **ÖNORM B 4013:1983:** Berechnung und Ausführung der Tragwerke; allgemeine Grundlagen; Schnee- und Eislasten:

Die Regelschneelast s_0 in kg/m^2 wurde aus einer Schneelastkarte ermittelt und ist auf eine waagrechte Fläche zu projizieren, die Last ist anschließend mit einem Abminderungswert

k , abhängig von der Dachneigung abzumindern (Austrian-Standards-m [14]). Für den Standort Wien war eine Regelschneelast von 75 kg/m^2 vorgesehen, in Kombination mit dem Abminderungswert k , welcher bei Dächern zwischen 0 und 30 Grad gleich 1,00 war, entspricht die resultierende Schneelast gleich der Regelschneelast von 75 kg/m^2 . Die Norm sieht örtliche Erhöhungen für Schneeverwehungen mit mindestens 400 kg/m^3 , für nassen Lawinschnee $600\text{-}800 \text{ kg/m}^3$ und für Wasserstau 1000 kg/m^3 vor, dies ist im vorliegenden Fall aber nicht gegeben.

Resultierende Schneelast am Dach:

$$s_{unverweht} = s \cdot k \quad (3.25)$$

$$s_{unverweht} = 0,75 \cdot 1,00 = 0,75 \text{ kN/m}^2 \quad (3.26)$$

$$s_{verweht} = 4,00 \text{ kN/m}^2 \quad (3.27)$$

- **ÖNORM B 4010:1982:** Berechnung und Ausführung der Tragwerke; allgemeine Grundlagen; Eigengewicht von Bauteilen:

Das Eigengewicht von Bauteilen wurde gleichartig ermittelt, wie es auch nach derzeit gültigem Normenstand üblich ist, die Wichte der einzelnen Komponenten der Bauteile werden mit ihrer flächenbezogenen Dicke multipliziert, um eine Flächenlast zu erhalten (Austrian-Standards-n [15]). Die Aufstellung der Eigenwichte der Bauteile ist in Abschnitt 3.3.1 ersichtlich.

- **ÖNORM B 4012:1981:** Ständige Lasten und Nutzlasten im Hochbau:

Bei den folgenden Lasten handelt es sich um Mindestwerte, welche der widmungsgemäßen Benützung der Tragstruktur entspricht, gehen aus Menschen, Möbeln und dergleichen hervor (Austrian-Standards-o [16]).

- Zwischenwände: Für Zwischenwände mit einer flächenbezogenen Masse von maximal 100 kg/m^2 und einer Höhe von maximal $3,2 \text{ m}$ darf eine Erhöhung der Nutzlast von 100 kg/m^2 angesetzt werden. Diese Erhöhung ist bei Decken mit einer Nutzlast von 500 kg/m^2 nicht erforderlich.
- Flachdächer und Terrassen: Für Flachdächer und Terrassen, welche nur für Instandhaltungsarbeiten begangen werden, gilt eine Nutzlast einschließlich Schneelasten von 150 kg/m^2 , für andere Nutzungen gilt eine Mindestbelastung von 300 kg/m^2 .
- Räume in Hotels: Für diese Kategorie ist eine Nutzlast von 200 kg/m^2 anzusetzen.
- Räume für Menschenansammlungen: Flächen, die der Gastronomie zuzuordnen und größer als 50 m^2 sind, sind mit einer Belastung von 500 kg/m^2 zu veranschlagen.
- Lagerräume: Für Lagerräume ist eine Belastung abhängig von der angedachten Belastung vorzusehen, jedoch mindestens 500 kg/m^2
- Stiegen, Gänge und Podeste in Hotels: Insofern die Bauteile nicht für Menschenansammlungen vorgesehen sind, gilt eine Mindestbelastung von 300 kg/m^2 .
- Befahrte Decken: Für befahrte Decken wie Parkflächen, Einstellplätze, Rampen und ähnliches bei einem maximalen Fahrzeuggewicht von $2,5 \text{ t}$ gilt eine Nutzlast von 250 kg/m^2 .

- **ÖNORM B 4014-3:1980:** Berechnung und Ausführung der Tragwerke; allgemeine Grundlagen; Windlasten:

Der Grundwert der Windgeschwindigkeit einer 2-Sekunden-Böe in 10 m Höhe mit einer Wiederkehrdauer von 50 Jahren kann aus einem Ortsverzeichnis entnommen werden. Für den Standort Wien gilt allgemein eine Windgeschwindigkeit von 140 km/h (Austrian-Standard-s-p [17]). Die örtliche Geländeform beeinflusst dabei das Staudruckprofil und kann mit der Bodenrauigkeit k_0 beschrieben werden. Der Staudruckwert kann dann abhängig vom Grundwert der Windgeschwindigkeit (140 km/h), der Geländeform (III) und der Gebäudehöhe (40 m) aus einer Tabelle ausgelesen werden und ergibt eine Flächenlast von 0,954 kN/m². Dieser Staudruck q wird anschließend mit Außen- und Innendruckbeiwerten c_p erhöht oder reduziert, welche von der Geometrie der zu belastenden Fläche abhängen, sowie mit einem Größenfaktor s ($= 1,00$) abhängig von vertikaler oder horizontaler Dimension des Bauwerks multipliziert.

- Mittlere Druckbeiwerte für Wände: Diese werden über die Schlankheit des Baukörpers sowie dessen Grundrissform aus einer Tabelle für die windzugewandte Seite, die windabgewandte Seite sowie die windparallele Seite ausgelesen.

Außendruckbeiwerte Wände c_{pe} :

$$h/lm = 25,55/45,5 = 0,46$$

$$lm/bm = 45,5/41,5 = 1,10 \quad (3.28)$$

$$c_{pe,Luvwand} = 0,8$$

$$c_{pe,Windparallel} = -0,70$$

$$c_{pe,Leewand} = -0,50 \quad (3.29)$$

Die Innendruckbeiwerte c_{pi} werden dabei vernachlässigt, da auf Grund der Wohnraumlüftung die Fenster geschlossen bleiben können und es somit nur vernachlässigbar kleine Öffnungen in der Fassade gibt, durch die ein Innendruck entstehen könnte.

- Mittlere Druckbeiwerte für Dächer: Diese werden abhängig von der Neigung der Dachfläche und dem Verhältnis der Bauwerksbreite und Höhe aus einem Nomogramm ausgelesen. Für Dächer unter 20 Grad Neigung ergeben sich ausschließlich Sogwirkungen. Die Außendruckbeiwerte c_{pe} für die zwei Dachneigungen von 8 Grad und 17 Grad ergeben sich auf Grund der geringen Neigung zu den selben Werten.

Die Außendruckbeiwerte Dach c_{pe} :

$$Form1 : h/bm = 30/4 = 7,5$$

$$Form2 : h/bm = 34/26 = 1,3 \quad (3.30)$$

$$c_{pe,Luv} = -1,00$$

$$c_{pe,Lee} = -0,60 \quad (3.31)$$

- Druckbeiwert bei Tangentialbelastung: Die Tangentialbelastung hängt vom Reibungsbeiwert c_k der Oberfläche ab, im Falle glatter Oberflächen wie einer Blechdeckung oder einer Steinfassade entspricht c_k wie folgt:

$$c_{pe,tangential} = -0,01 \quad (3.32)$$

Windlasten für die verschiedenen Bereiche w_i :

$$w_{Richtung} = q \cdot (c_{pe,i} \pm c_{pi}) \cdot s = 0,954 \cdot c_{pe,i} \cdot 1,00$$

$$(\text{Größenfaktor } s = 1,00) \quad (3.33)$$

$$w_{Luvwand} = 0,80 * 1,00 * 0,954 = 0,763\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{frontaler Druck Wand} \quad (3.34)$$

$$w_{Windparallel} = -0,70 * 1,00 * 0,954 = -0,668\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{seitlicher Sog Wand} \quad (3.35)$$

$$w_{Leewand} = -0,5 * 1,00 * 0,954 = -0,477\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{abgewandter Sog Wand} \quad (3.36)$$

$$w_{Luvwand} = -0,48 * 1,00 * 0,954 = 0,458\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{frontaler Druck Dach} \quad (3.37)$$

$$w_{Leewand} = -0,80 * 1,00 * 0,954 = -0,763\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{abgewandter Sog Dach} \quad (3.38)$$

$$w_{tangential} = 0,01 * 1,00 * 0,954 = 0,01\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{tangentialer Sog tangential} \quad (3.39)$$

- **ÖNORM B 4015-1:1979:** Belastungsannahmen im Bauwesen; Erdbebenkräfte an nicht schwingungsanfälligen Bauwerken:

Die dynamischen Erdbebenkräfte wurden mit dem Ersatzkraftverfahren ermittelt, dabei wurde das Gewicht je Geschoss mit Koeffizienten erhöht beziehungsweise reduziert, um eine seismische Horizontalkraft je Geschoss zu erhalten (Austrian-Standards-q [18]).

$$\text{Gesamtgewicht } G_i = G_{G,i} + k_0 \cdot G_{zi} \quad (3.40)$$

Der Koeffizient k_0 hängt von der Gebäudenutzung ab und entspricht 0,7 für Hotels. $G_{G,i}$ ist das Eigengewicht des Bauteils im i -ten Geschoss. G_{zi} ist die senkrechte Nutzlast im i -ten Geschoss.

Seismische Horizontalkraft $E_{h,i}$ je Geschoss:

$$E_{h,i} = k_{Ei} \cdot G_i \quad (3.41)$$

$$E_{h,i} = e \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_{3i} \cdot k_4 \cdot (G_{G,i} + k_0 \cdot G_{zi}) \quad (3.42)$$

Die resultierenden Erdbebenlasten sind in Abb. 3.57 ersichtlich.

Koeffizient k_{Ei} :

$$k_{Ei} = e \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_{3i} \cdot k_4 \quad (3.43)$$

Koeffizient e der Erdbebenstärke für Erdbebenzone 3:

$$e = 0,080 \quad (3.44)$$

Koeffizient k_1 des Gründungseinflusses für Fundamentplatte auf locker gelagerten Sedimenten k_1 :

$$k_1 = 1,0 \quad (3.45)$$

Koeffizient k_2 des Bauwerksverhaltens ohne besondere Bestimmung der ersten Eigenperiode der normal gedämpften Konstruktion:

$$k_2 = 1,6 \quad (3.46)$$

Koeffizient der vertikalen Verteilung $k_3 =$ Verhältnis Höhe von Bodenplatte bis Geschossdecke i /Gesamthöhe ab Bodenplatte (h_i/h). Dieser variiert somit in jedem Geschoss. Koeffizient k_4 zur Berücksichtigung der Bedeutung des Bauwerks gilt für Bauwerke in denen größere Menschenansammlungen zu erwarten sind:

$$k_4 = 0,90 \quad (3.47)$$

Seismische Horizontallast nach ÖNORM B 4015 Teil 1

k0	0,7
e	0,08
k1	1
k2	1,6
k3	
k4	0,9
H	48,5
A	1888,25

Bauteil [-]	Bauteilgewicht [kN]	Nutzlast [kN]	hi m	k3 [-]	Ehi kN	Anteil am Eigengewicht
Decke ü. 3. KG	23890	4720,63	4,9	0,10	316,5	1,3 %
Decke ü. 2. KG	18675	4720,63	7,9	0,16	412,4	2,2 %
Decke ü. 1. KG	48030,5	4720,63	11,9	0,25	1451,0	3,0 %
Decke ü. EG	39090,5	9441,25	15,9	0,33	1725,9	4,4 %
Decke ü. 1. OG	22015,5	7553,00	19	0,39	1232,2	5,6 %
Decke ü. 2. OG	22725,5	5287,10	21,8	0,45	1368,4	6,0 %
Decke ü. 3. OG	24230,5	5287,10	24,6	0,51	1632,1	6,7 %
Decke ü. 4. OG	23010,5	5287,10	27,4	0,56	1738,4	7,6 %
Decke ü. 5. OG	21490,5	5287,10	30,2	0,62	1807,1	8,4 %
Decke ü. 6. OG	20510,5	5287,10	33	0,68	1897,8	9,3 %
Decke ü. 7. OG	20940,5	5287,10	35,8	0,74	2095,4	10,0 %
Decke ü. 8. OG	21390,5	5287,10	38,6	0,80	2300,5	10,8 %
Decke ü. 9. OG	12255,5	5287,10	41,3	0,85	1565,3	12,8 %
Decke ü. 10. OG	8190,5	5287,10	45,7	0,94	1290,8	15,8 %
Dach	396	0,00	48,5	1,00	45,6	11,5 %
Summe					20879	

Abb. 3.57: Erdbebenlasten ÖNORM B4015

- **ÖNORM B 4200-4:1984:** Stahlbetontragwerke; Grundlagen der Berechnung und Ausführung

Zum Errichtungszeitpunkt war die ÖNORM B 4200-4:1984 gültig, sie regelte die Grundlagen wie Pläne und Berechnungen, die Güte der Baustoffe, die Belastungsannahmen und die Ausführung (Austrian-Standards-r [19]).

- **ÖNORM B 4200-8:1979:** Stahlbetontragwerke; Berechnung und Ausführung I:

Im 8. Teil der ÖNORM B 4200 wird die Bemessung von Bauteilen bei Beanspruchungen wie Querkraft, Torsion oder bei Umlenkkraften erläutert, ebenso ist die Bemessung von Konsolen und Scheiben enthalten (Austrian-Standards-s [20]).

- **ÖNORM B 4200-9:1970:** Stahlbetontragwerke – Berechnung und Ausführung II:

Im 8. Teil der ÖNORM B 4200 wird die Bemessung von Bauteilen bei Biegung und ausmittigem Druck beschrieben (Austrian-Standards-t [21]). Außerdem wird die Bemessung von Platten einachsig und zweiachsig gespannt und punktgelagert beschrieben, wie auch die Bemessung von Balken, Plattenbalken, Stahlbetonrippen, Säulen und Wänden.

Der maßgebliche Unterschied der Berechnung im Vergleich zur aktuellen Norm ist im Traglastverfahren zur Bemessung von biegebeanspruchten Bauteilen bei der Definition der zulässigen Beton- und Stahlspannungen beschrieben. Die zulässigen Spannungen

werden mit dem deterministischen Sicherheitskonzept begrenzt. Die charakteristische Zugfestigkeit des Stahls wird durch die Division mit dem Faktor 1,7 reduziert, welcher in diesem Nachweisformat den globalen Sicherheitsfaktor darstellt. Die charakteristische Druckfestigkeit des Betons wird mit dem Faktor 0,5 als globalen Sicherheitsfaktor multipliziert, um den Materialwiderstand zu reduzieren.

Ein weiterer Unterschied zeigt sich in der Bewehrungsanordnung von Platten. Im Gegensatz zur EN 1992 in der eine Mindestbewehrung von Bauteilen auch in der Druckzone von Bauteilen vorgesehen ist, genügt es in der ÖNORM B 4200-9:1970 die Zugbewehrung von Durchlaufplatten über Stützen zu einem Viertel in die Nachbarfelder ragen zu lassen und keine weitere obere Bewehrungslage in der Platte vorzusehen.

3.3.3 Lastvergleich

Der Lastvergleich zeigt ein wenig differenziertes Bild der charakteristischen Lastannahmen. Es gibt keine Änderungen betreffend der Eigenlasten, annähernd keine Änderungen der Windlasten und geringfügige Änderungen der Nutzlasten. Die Schneelasten wurden um 19 kg/m^2 von 75 kg/m^2 auf 56 kg/m^2 reduziert, die Auswirkung davon ist im vorhandenen Fall relativ gering, kann aber bei großen, flächigen Bauten wie Lagerhallen erhebliche Auswirkungen haben. Die Berechnungen der Erdbebenlasten weichen sehr stark voneinander ab, die geringen Erdbebenlasten, die mit dem Antwortspektrumverfahren im RFEM-Programm ermittelt wurden, sind zu hinterfragen, beziehungsweise die Modelleinstellungen anzupassen. Diese sind in den Abb. 3.57 und Abb. 3.56 ersichtlich.

Der größte Unterschied in der normativen Betrachtung ist die Änderung des Sicherheitskonzepts sein. Der Wechsel vom deterministischen zum semiprobabilistischen Sicherheitskonzept ermöglicht, die Versagenswahrscheinlichkeit abhängig vom bemessenen Widerstand zu beschreiben. Eine übersichtliche Darstellung der Lastunterschiede der Nutz-, Schnee- und Windlasten ist in den Abbildungen Abb. 3.58 und Abb. 3.59 ersichtlich.

Lastart	Kategorie	Aktuelle Normen	Normen zum Errichtungszeitpunkt	Änderung in Prozent
Nutzlast	Zwischenwände	0,80 kN/m ²	1,00 kN/m ²	-20%
	Treppen und Gänge	4,00 kN/m ²	3,00 kN/m ²	+33%
	Zimmer	2,00 kN/m ²	2,00 kN/m ²	+0%
	Lobby	5,00 kN/m ²	5,00 kN/m ²	+0%
	Konferenzraum	4,00 kN/m ²	5,00 kN/m ²	-20%
	Restaurant	4,00 kN/m ²	5,00 kN/m ²	-20%
	Lager	5,00 kN/m ²	5,00 kN/m ²	+0%
	Terrasse	4,00 kN/m ²	3,00 kN/m ²	+33%
Schneelast	Dach	0,56 kN/m ²	0,75 kN/m ²	-25%
Windlast	Wand Luv	0,76 kN/m ²	0,76 kN/m ²	+0%
	Wand Lee	-0,48 kN/m ²	-0,48 kN/m ²	+0%
	Wand seitlich	-0,95 kN/m ²	-0,67 kN/m ²	+42%
	Walmdach Luv	0,20 kN/m ²	0,46 kN/m ²	-56%
	Walmdach Lee	-0,50 kN/m ²	-0,76 kN/m ²	+34%

Abb. 3.58: Lastvergleich tabellarisch

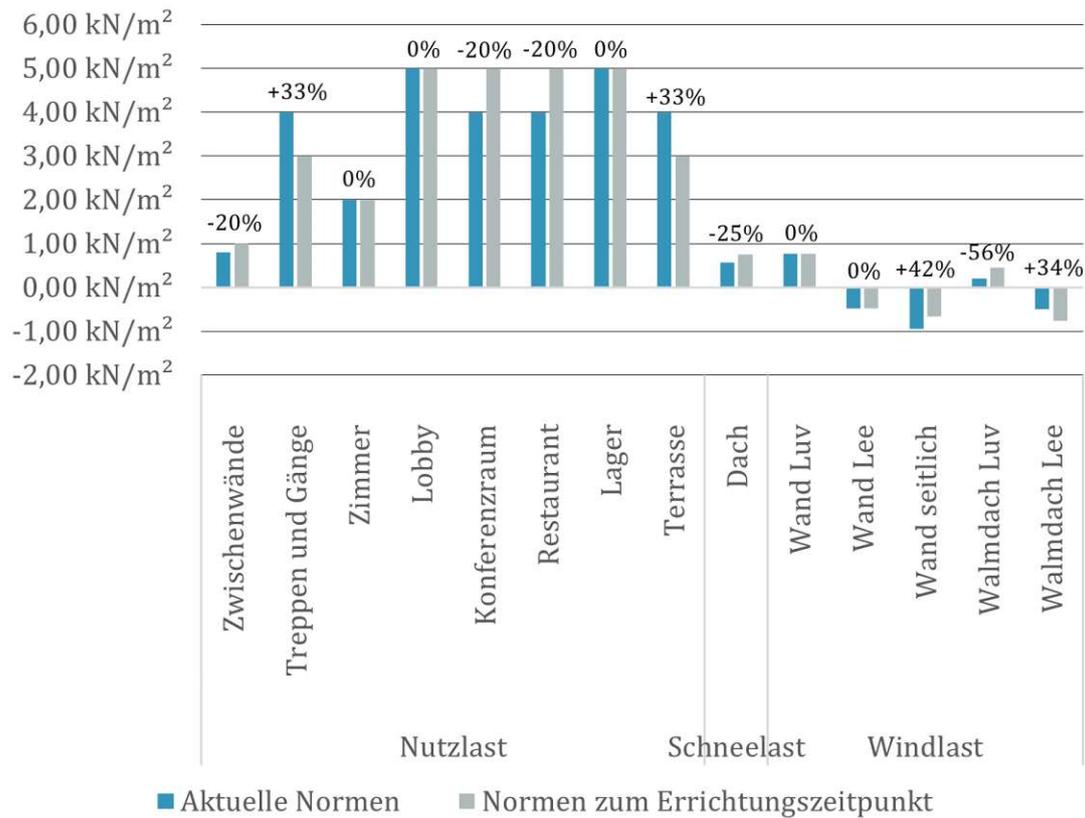


Abb. 3.59: Lastvergleich grafisch

3.4 Modellbildung

Lastfälle:

In der Berechnung wurden zehn Lastfälle berücksichtigt, wobei die Lastfälle eins bis acht für die maximale Auslastung der Decken maßgebend sind.

- LF1. Eigengewicht: Das Eigengewicht der tragenden Bauteile wird vom Berechnungsprogramm berücksichtigt, die Lasten der Aufbauten werden entsprechend der Lastaufstellung siehe Abb. 3.43 bis 3.53 angesetzt.
- LF2. Nutzlast Lagerlast (500 kg/m²)
- LF3. Nutzlast Garage (250 kg/m²)
- LF4. Nutzlast Bestand (siehe Abb. 3.54)
- LF5. Nutzlasterrhöhung 1 (50 kg/m²)
- LF6. Nutzlasterrhöhung 2 (100 kg/m²)
- LF7. Nutzlasterrhöhung 3 (150 kg/m²)
- LF8. Nutzlasterrhöhung 4 (200 kg/m²)

- LF9. Modalanalyse: Die Modalanalyse wurde mit 10 Eigenwerten mit der Lösungsmethode Wurzel des charakteristischen Polynoms durchgeführt. Verwendet wird die Massenmatrix Diagonal mit den translatorischen Freiheitsgraden in die beiden horizontalen Hauptrichtungen, um den Rechenaufwand zu reduzieren und weniger relevante Eigenformen auszuschließen. Die Massen der Bauteile im Kellergeschoss werden auf Grund der starren Lagerung vernachlässigt. Verwendet wurden die Massen aus der Lastkombination seismische Einwirkungen, in der 80 Prozent der Lagerlast, 60 Prozent der Nutzlast der Garage und 30 Prozent der Nutzlast aus Wohnräumen berücksichtigt werden. Die Steifigkeit der schubbeanspruchten Bauteile wurde zusätzlich um 50 Prozent reduziert.
- 10. Antwortspektrumverfahren: Das Antwortspektrumverfahren wurde mit der CQC-Regel und einer Dämpfung von 0.05 für periodische Antworten durchgeführt, es werden 100 Prozent der Massensumme in die Primärriechtung und 30 Prozent der Massensumme in die Sekundärriechtung angesetzt. Die Eigenformen werden aus der Modalanalyse übernommen. Das Antwortspektrum wurde mit folgenden Parametern ermittelt:

$$\text{Baugrundklasse } C \quad (3.48)$$

$$\text{Referenz – Spitzenbodenbeschleunigung } a_{gR} = 0,80m/s^2 \quad (3.49)$$

$$\text{Bedeutungskategorie } II \quad (3.50)$$

$$\text{Bedeutungsbeiwert } \gamma_I = 1,00 \quad (3.51)$$

$$\text{Bemessungsbodenbeschleunigung } a_g = 0,80m/s^2 \quad (3.52)$$

$$\text{Verhaltensbeiwert } q = 1,50 \quad (3.53)$$

$$\text{Grenzwert } \beta = 0,20 \quad (3.54)$$

$$\text{Baugrundfaktor } S = 1,15 \quad (3.55)$$

$$\text{Kontrollperiode } T_B = 0,20s \quad (3.56)$$

$$\text{Kontrollperiode } T_C = 0,60s \quad (3.57)$$

$$\text{Kontrollperiode } T_D = 2,00s \quad (3.58)$$

$$\text{Kontrollperiode } T_{max} = 4,00s \quad (3.59)$$

Lastkombinationen:

Im Folgenden sind die jeweils maßgebenden Kombinationen aus rund 1200 möglichen Lastkombinationen zusammengefasst. Es wurde eine iterative Methode für die nichtlineare Analyse nach Picard mit maximal hundert Iterationen nach der II.-Ordnung mit Gleichgewicht am verformten System und die Plattenbiegetheorie nach Mindlin verwendet.

Grenzzustand der Tragfähigkeit: Die folgenden Lastfälle beschreiben den Zustand ständiger oder vorübergehender Lasten und sind für die Ermittlung der Tragfähigkeit maßgebend.

$$LK1 = 1,35 \cdot LF1 + 1,5 \cdot LF2 + 1,05 \cdot LF3 + 1,50 \cdot LF4 \quad (3.60)$$

$$LK2 = 1,35 \cdot LF1 + 1,5 \cdot LF2 + 1,05 \cdot LF3 + 1,50 \cdot LF5 \quad (3.61)$$

$$LK3 = 1,35 \cdot LF1 + 1,5 \cdot LF2 + 1,05 \cdot LF3 + 1,50 \cdot LF6 \quad (3.62)$$

$$LK4 = 1,35 \cdot LF1 + 1,5 \cdot LF2 + 1,05 \cdot LF3 + 1,50 \cdot LF7 \quad (3.63)$$

$$LK5 = 1,35 \cdot LF1 + 1,5 \cdot LF2 + 1,05 \cdot LF3 + 1,50 \cdot LF8 \quad (3.64)$$

Beispielsweise ist die Lastkombination 1 für die Decke über dem 2. Obergeschoss im Bereich der Zimmer mit bestehender Nutzlast in Zahlenwerte dargestellt. Sie besteht nur aus dem Lastfall 1 Eigengewicht und dem Lastfall 4 Bestandsnutzlast, da dort die Lastfälle 2 (Nutzlast Lager) und 3 (Nutzlast Garage) nicht wirken und die Nutzlasterhöhung noch nicht durchgeführt wurde.

$$LK1 = 1,35 \cdot 0,54 + 1,50 \cdot 0,00 + 1,05 \cdot 0,00 + 1,50 \cdot 2,80 = 4,93 \text{ kN/m}^2 \quad (3.65)$$

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit: Bei der Bemessung des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit treten quasi ständige Lasten auf, zusätzlich wurde für die Ermittlung der Langzeitverformung die Steifigkeit der Deckenplatten auf 22 Prozent reduziert. Dies ermöglicht eine Simulation von gerissenem Beton im Zustand II, welcher eine Verformungszunahme um den Faktor ≈ 4 gegenüber ungerissenem Beton bei Kurzzeitverformung aufweist.

$$LK6 = LF6 + 0,80 \cdot LF2 + 0,60 \cdot LF3 + 0,30 \cdot LF4 \quad (3.66)$$

$$LK7 = LF7 + 0,80 \cdot LF2 + 0,60 \cdot LF3 + 0,30 \cdot LF5 \quad (3.67)$$

$$LK8 = LF8 + 0,80 \cdot LF2 + 0,60 \cdot LF3 + 0,30 \cdot LF6 \quad (3.68)$$

$$LK9 = LF9 + 0,80 \cdot LF2 + 0,60 \cdot LF3 + 0,30 \cdot LF7 \quad (3.69)$$

$$LK10 = LF10 + 0,80 \cdot LF2 + 0,60 \cdot LF3 + 0,30 \cdot LF8 \quad (3.70)$$

Erdbebenbemessung: Bei der Bemessung der Erdbebenbelastung wird die Grundkombination für seismische Einwirkungen verwendet (siehe Formel 3.71), bei der die Eigenlasten zu 100 Prozent und die Nutzlasten, abhängig von Art der Nutzlast, anteilig angesetzt werden. Für ein realitätsnahes Gebäudeverhalten wurde die Steifigkeit der schubbeanspruchten Bauteile auf 50 Prozent reduziert.

$$LK11 = LF1 + 0,80 \cdot LF2 + 0,60 \cdot LF3 + 0,30 \cdot LF4 \quad (3.71)$$

Gelenke:

Um eine realitätsnahe Modellierung zu erhalten wurden sowohl die Deckenelemente, die Wände als auch die Stützen gelenkig beziehungsweise mit einer Drehfeder gelagert. Die Decken weisen eine Drehfeder von 1 kNm/rad*m, die Wände an den horizontalen Bauteilfugen von 10 kNm/rad*m und die Stützen von 50 kNm/rad*m.

Lager:

Das Gebäude wurde vertikal auf der Fundamentplatte mit einer unverschieblichen Bettung in z-Richtung gelagert, diese Bettung weist eine Nichtlinearität auf und wirkt nicht im Fall von negativen Spannungen auf. Die Modellierung entspricht der Bodenreaktion eines seit 30 Jahren vorkonsolidierten Bodens. Die horizontale Lagerung erfolgt über die Wände der drei Kellergeschosse, diese wurden in x- beziehungsweise in y- Richtung unverschieblich, ebenfalls mit einem Ausfall der Bettung bei negativen Spannungen. Diese Modellierung spiegelt die Aktivierung des passiven Erddrucks der Baugruben wider.

Flächen:

Die Flächen wurden als Ebene mit Gelenken modelliert, die Flächendicken und Werkstoffgüten sind in Abb. 3.19 aufgelistet. Sie umfassen die Betongüte B225, B300, B400, B500 und B600. Das Dach wurde als Pfettendachstuhl mit Blechdeckung mit einer Stahlwandkonstruktion im 9. OG ausgeführt, diese wurden als Lastübertragungsfläche modelliert.

Stäbe:

Die Stäbe wurden als Balkenstäbe mit Gelenken modelliert, die Querschnitte und Werkstoffgüten sind in Abb. 3.19 aufgelistet, diese umfassen die Betongüten B400, B500 und B600.

Werkstoffgüten:

Die Werkstoffgüten entsprechen der Norm zum Errichtungszeitpunkt, eine Auflistung der Werkstoffgüten in Kombination mit ihren Festigkeitswerten sind in Abb. 3.19 ersichtlich.

Maße:

Die Maße des Gebäudes und die Spannweiten der Tragkonstruktion sind in den Abb. 3.4 bis 3.18 zu sehen, die übliche Spannweite der Decken beträgt abgesehen von den punktgelagerten Decken 8 m. Die Geschosshöhe im Regelgeschoss beträgt 2,75 m und im Erdgeschoss 2,97 m. Eine Gesamtansicht ist in Abb. 3.60 zu sehen.

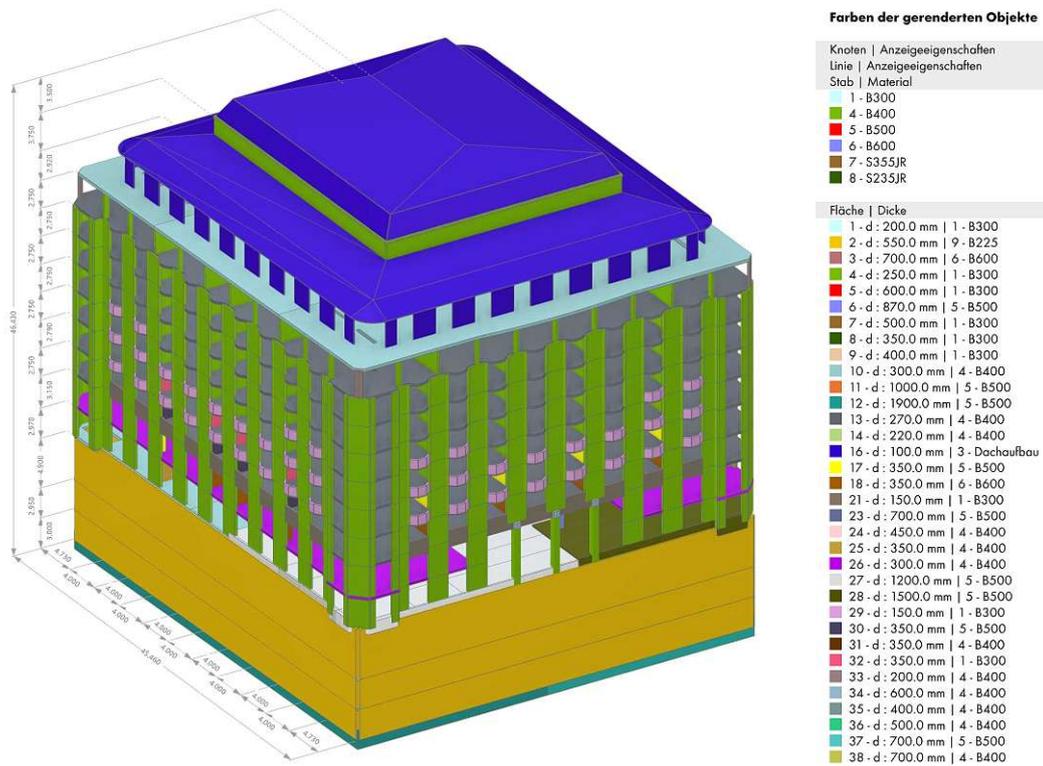


Abb. 3.60: Gesamtansicht

Bewehrung:

Die Bewehrung erfolgt sowohl in Stab- als auch in Mattenstahl in der Stahlgüte Bst 550 mit den Festigkeitswerten entsprechend Abb. 3.19, die Bewehrungsmenge ist in den Abb. 3.24 bis 3.40 ersichtlich.

Modell:

Das Gebäude wurde entsprechend den vorhandenen Unterlagen modelliert, eine grafische Aufbereitung der verwendeten Bauteildicken und -güten sind in den Abb. 3.61 bis 3.76 geschossweise zu sehen. Bauteile gleicher Geometrie und Güte sind farblich und numerisch zusammengefasst und abgebildet.

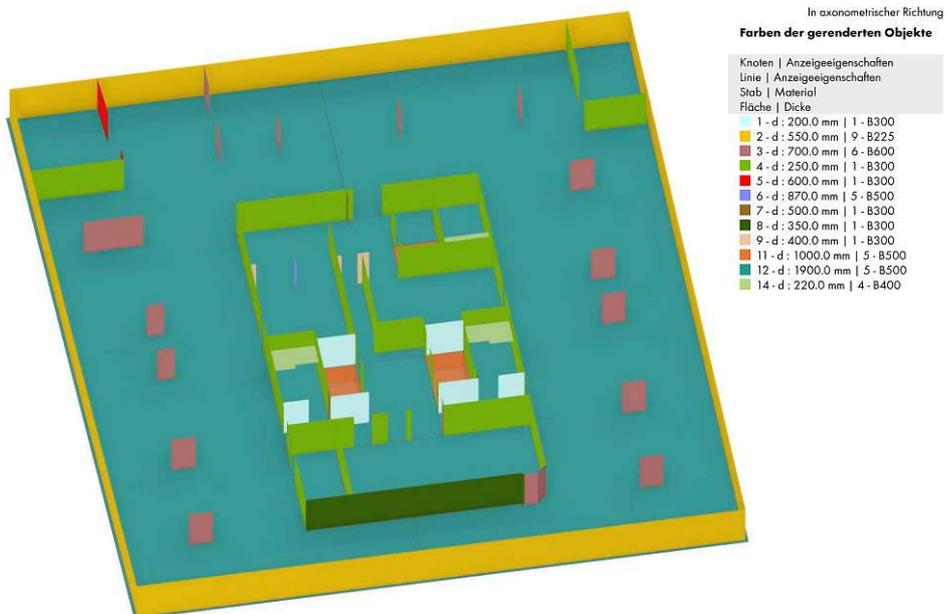


Abb. 3.61: Modell - 3. KG

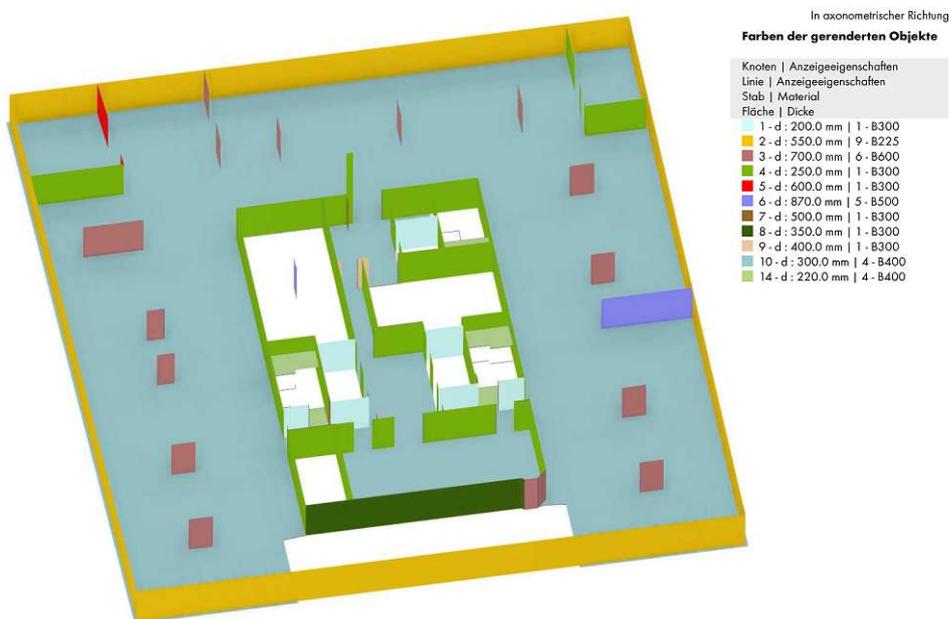


Abb. 3.62: Modell - 2. KG

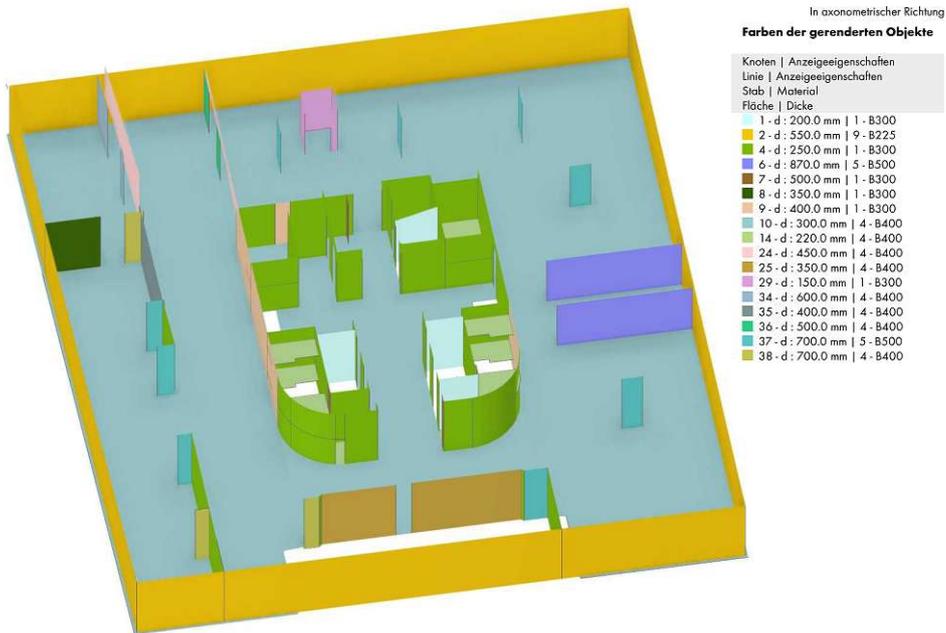


Abb. 3.63: Modell - 1. KG

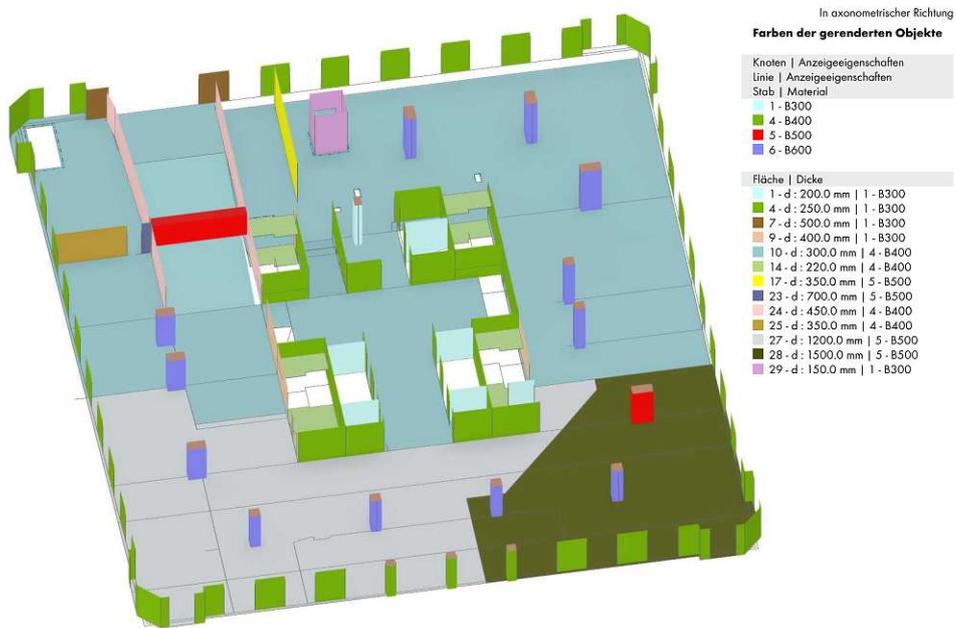


Abb. 3.64: Modell - EG

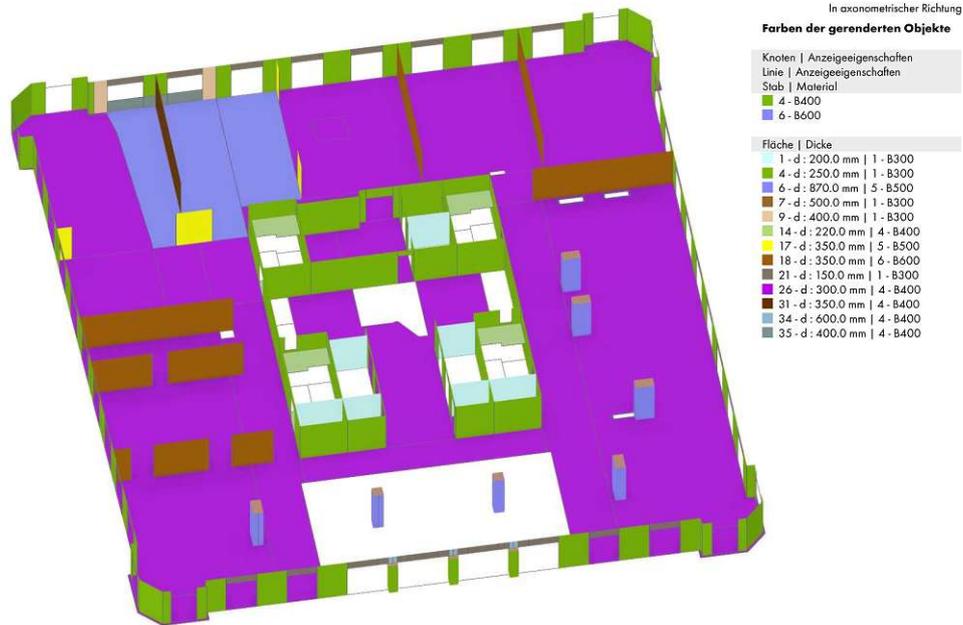


Abb. 3.65: Modell - 1. OG



Abb. 3.66: Modell - 2. OG



Abb. 3.67: Modell - 3. OG



Abb. 3.68: Modell - 4. OG



Abb. 3.69: Modell - 5. OG



Abb. 3.70: Modell - 6. OG



Abb. 3.71: Modell - 7. OG



Abb. 3.72: Modell - 8. OG

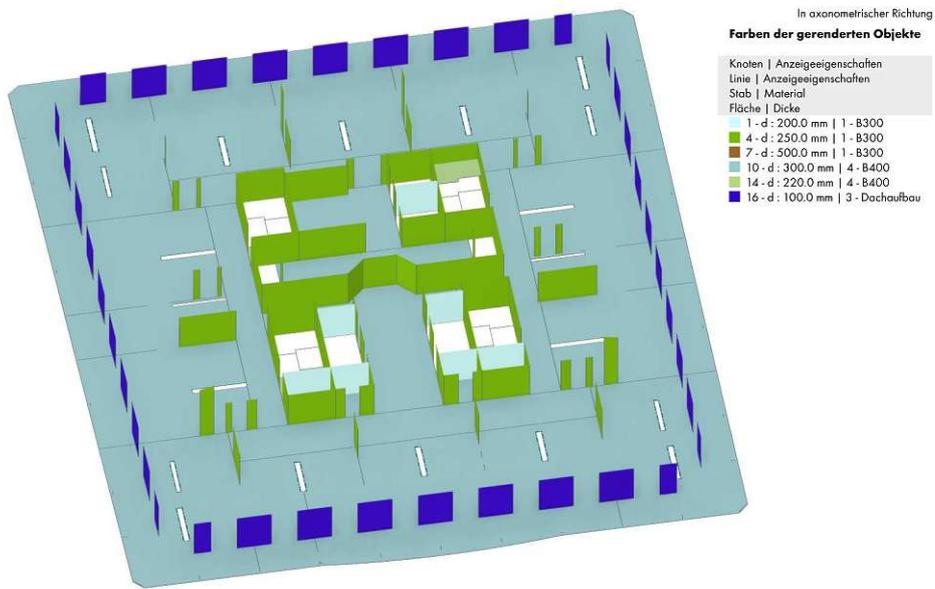


Abb. 3.73: Modell - 9. OG



Abb. 3.74: Modell - 10. OG

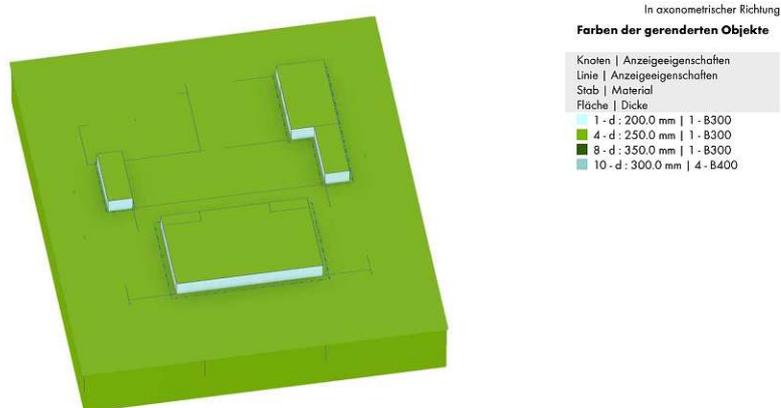


Abb. 3.75: Modell - Decke über 10. OG

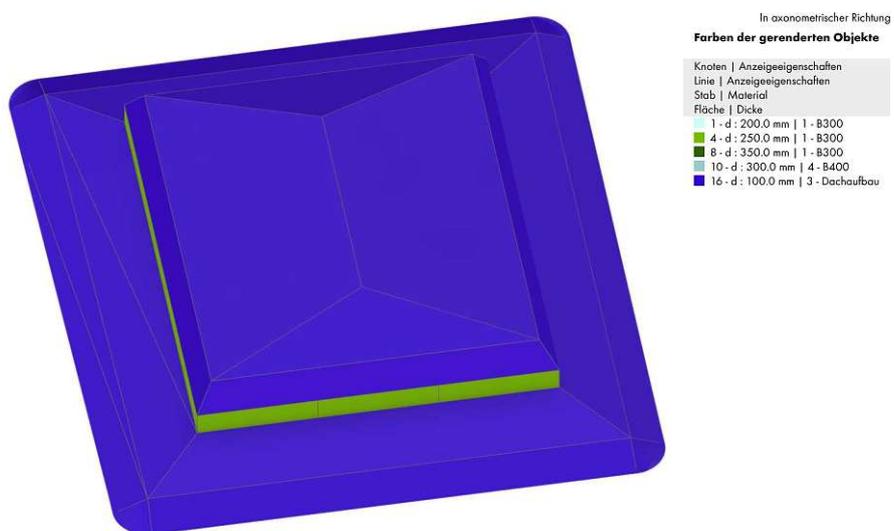


Abb. 3.76: Modell - Dach

3.5 Nutzlasterhöhung:

Die Nutzlast wird in einzelnen Laststufen von jeweils 50 kg/m^2 erhöht, bis die maximale Tragfähigkeit oder die maximale Gebrauchstauglichkeit erreicht ist. Abhängig von den Ergebnissen, können verschiedene Nutzungen oder auch Sanierungsmaßnahmen empfohlen werden. Die Zuordnung der Nutzlasten beziehungsweise deren stufenweise Erhöhung, beispielsweise für die Decke über dem 3. Obergeschoss grafisch in in der Abbildung Abb. 3.77 dargestellt. Die Nutzlast wird, wie zu erkennen ist, in den Räumen mit der bestehenden Nutzlast von $2,80 \text{ kN/m}^2$ erhöht. In öffentlich zugänglichen Bereichen wie Gänge oder Lobby hingegen wird die Nutzlast nicht erhöht, da diese bereits die Anforderungen erfüllen und eine weitere Zunahme der Nutzlast nicht notwendig ist. Dies gilt ebenso für die Konferenzräume im 1. Obergeschoss.

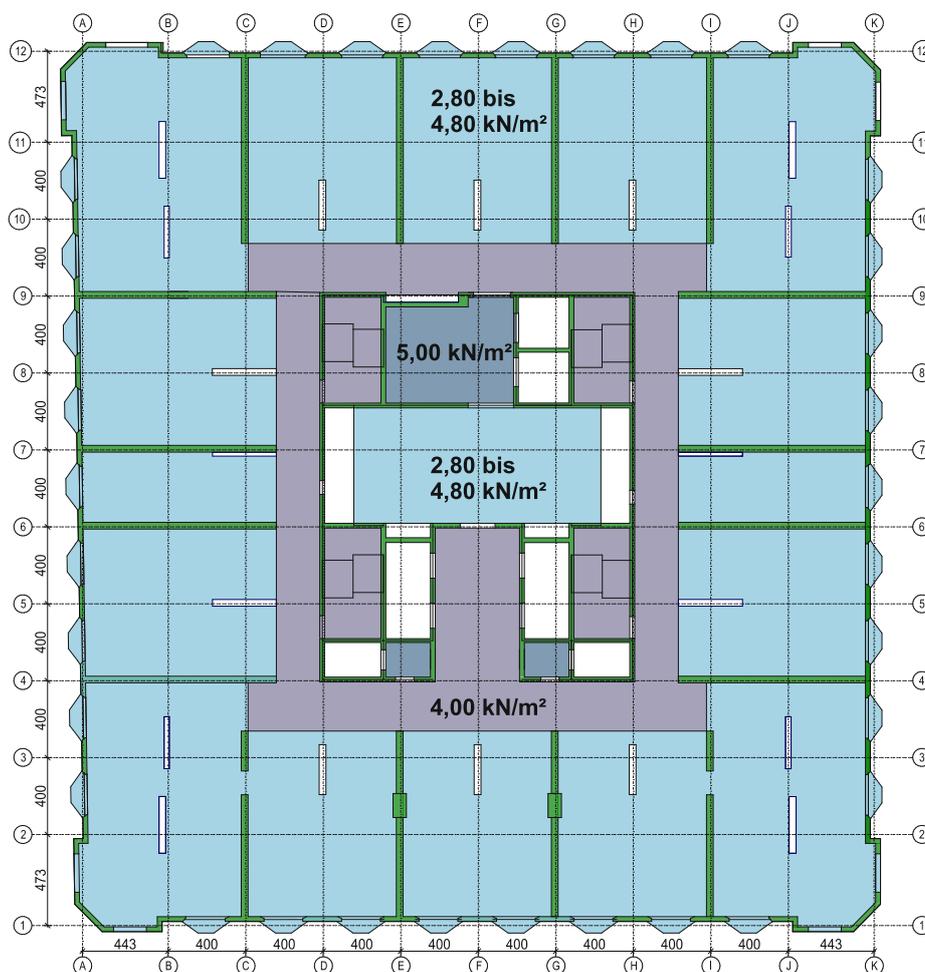


Abb. 3.77: Modell - Nutzlast

Kapitel 4

Berechnung

Im Kapitel Berechnung werden die Bauteile noch ein weiteres Mal kurz beschrieben und auf konstruktive Besonderheiten hingewiesen. Ebenso werden die bestehenden und die maximal auftretenden Auslastungen der Bauteile abhängig von Lage ($-z =$ oben, $+z =$ unten) und Richtung (1 = horizontal, 2 = vertikal) der Bewehrung grafisch dargestellt. Dabei werden die Auslastungen in Prozent den bewehrten Stahlbetonflächen farblich zugeordnet. Die Zuordnung lautet wie folgt: 0 Prozent Auslastung entspricht der Farbe blau, über 100 Prozent Auslastung entspricht der Farbe rot, Zwischenergebnisse sind farblich linear verteilt und die Flächenanteile der jeweiligen Auslastung an der Gesamtfläche sind zusätzlich in Prozent angegeben, um deren Auswirkungen besser abschätzen zu können. Die Auswertung der Bauteile erfolgt im Kapitel 5. Dort werden die Zwischenergebnisse sowohl tabellarisch, als auch mit Diagrammen illustriert und die daraus folgenden zulässigen Nutzungslasten und die daraus ableitbaren Nutzungsmöglichkeiten präsentiert.

4.1 Auslastung der Deckenplatten

4.1.1 Decke über 8. OG:

Die Decke über dem 8. Obergeschoss bildet architektonisch gesehen das letzte Regelgeschoss, da die Außenwand über dem 8. Obergeschoss um etwa 2 m nach innen springt. Dadurch kommt zu einer zusätzlichen Belastung auf die Decke über dem 8. Obergeschoss. Die Außenwand wird zusammen mit dem darauf liegenden Dach als Stahlleichtbau ausgeführt. Die Deckenplatte verhält sich statisch gesehen wie ein Durchlaufauflager, welcher an den Deckenseiten und somit umlaufend gelagert ist. Die Außenwände im 7. Obergeschoss sind jedoch teilweise durch Stützen ersetzt, weshalb in diesen Bereichen der Deckenplatte ein Durchstanznachweis geführt wird. Die grafische Darstellung der Auslastung ist in Abb. 4.1 bis 4.8 zu sehen. Zu sehen sind hohe Auslastungen in der oberen Bewehrung im Stützbereich über den Schottenwänden und in der unteren Bewehrung im Feldbereich. Bei einer Nutzlasterrhöhung wird die maximale Auslastung von 100 Prozent teilweise überschritten, dies betrifft vor allem die Eckbereiche der Deckendurchbrüche in der unteren Bewehrung aufgrund der Spannungskonzentration. Da diese einen Anteil an der Gesamtfläche von maximal 0,09 Prozent aufweisen und es in Realität zu Spannungsumlagerungen kommt, kann diese lokale Überlastung vernachlässigt werden.

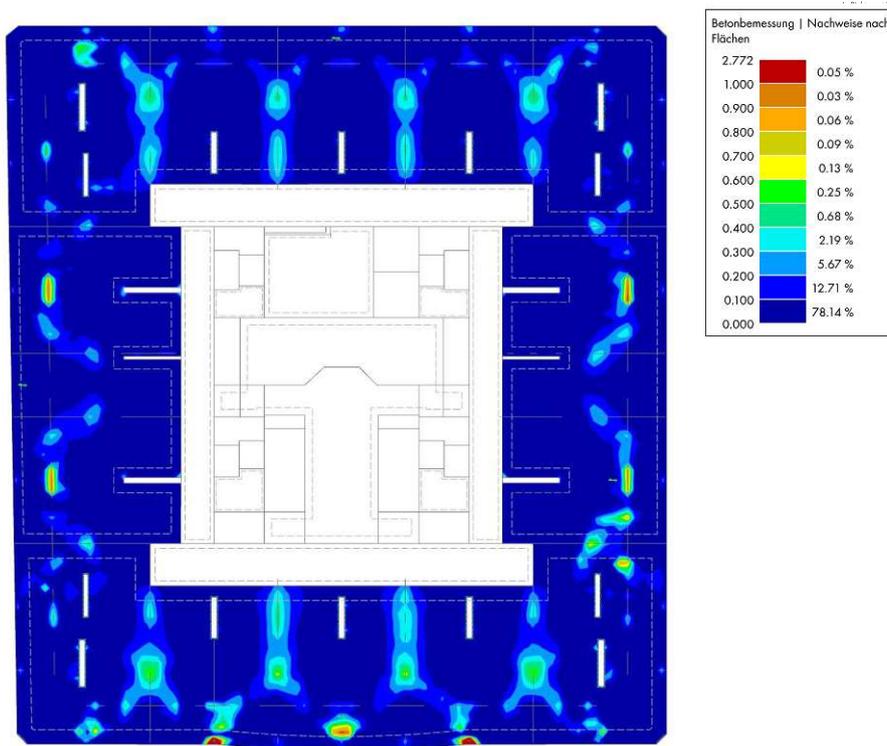


Abb. 4.1: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as1,-z

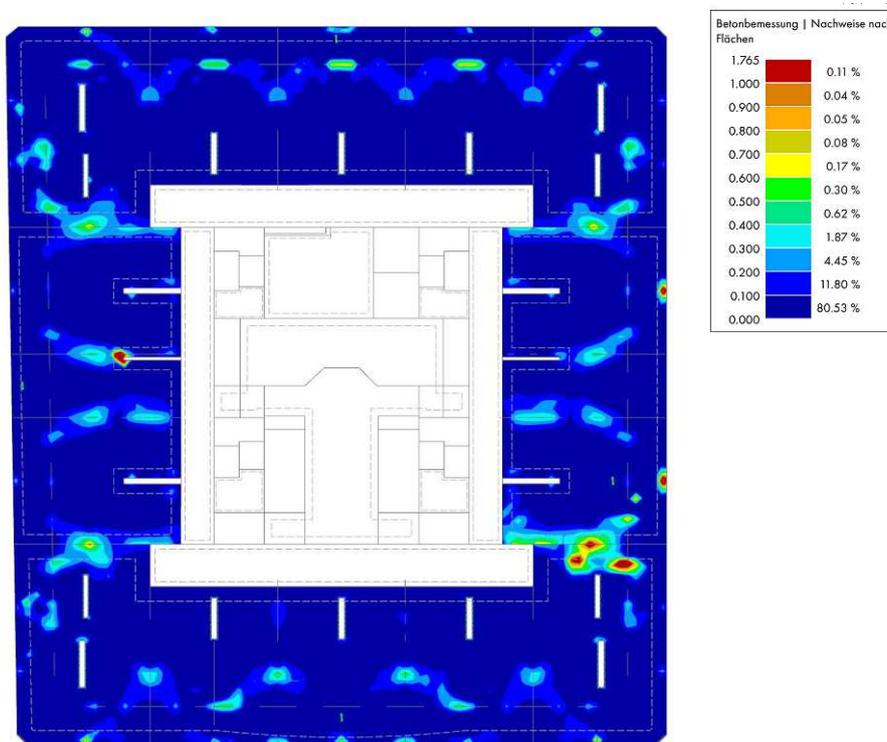


Abb. 4.2: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as2,-z

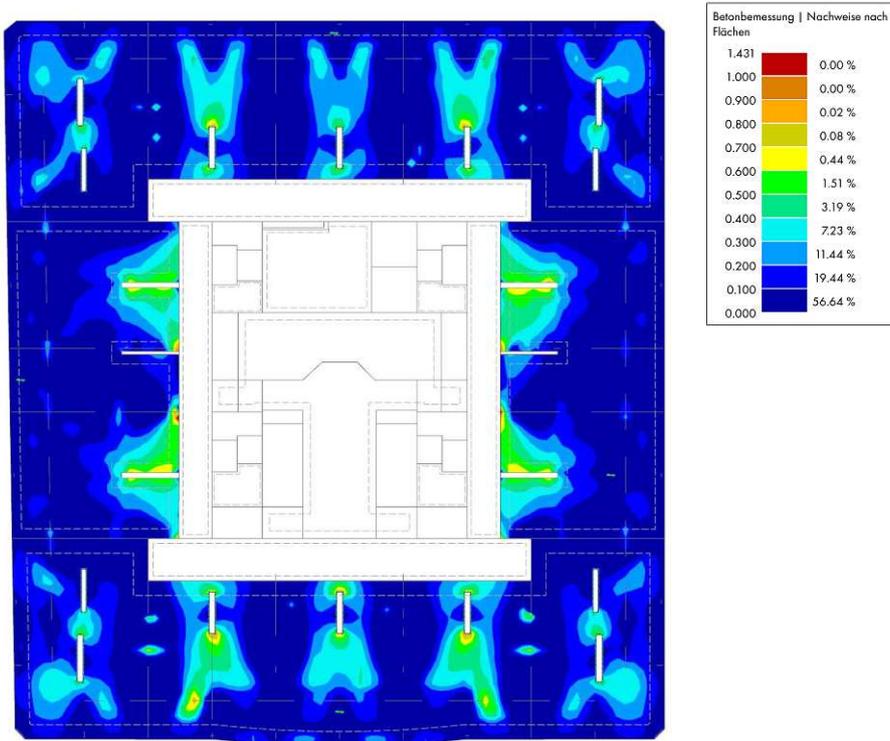


Abb. 4.3: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as1,+z

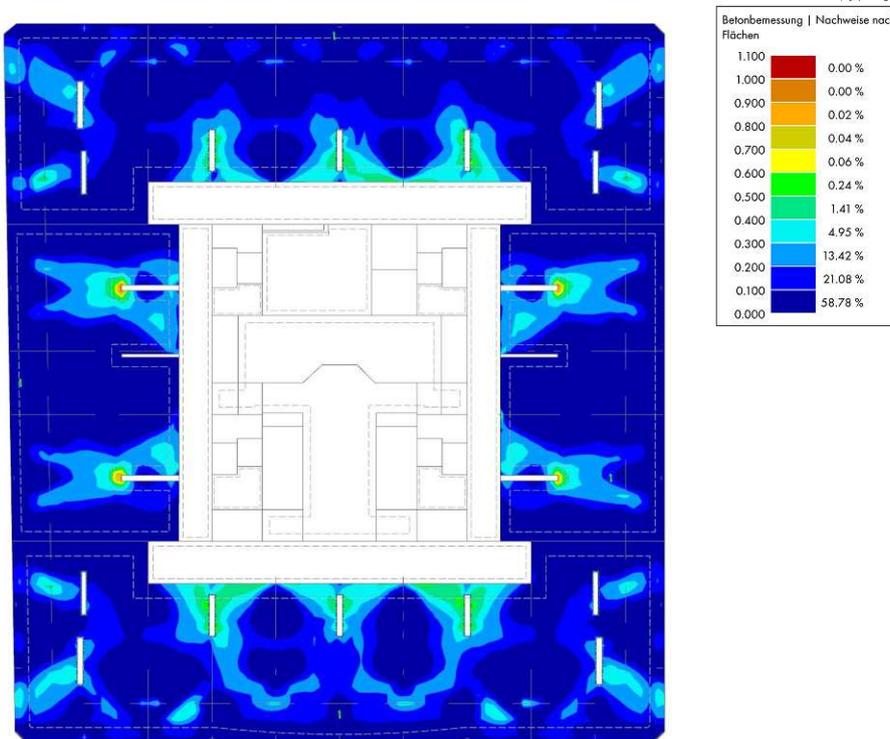


Abb. 4.4: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as2,+z

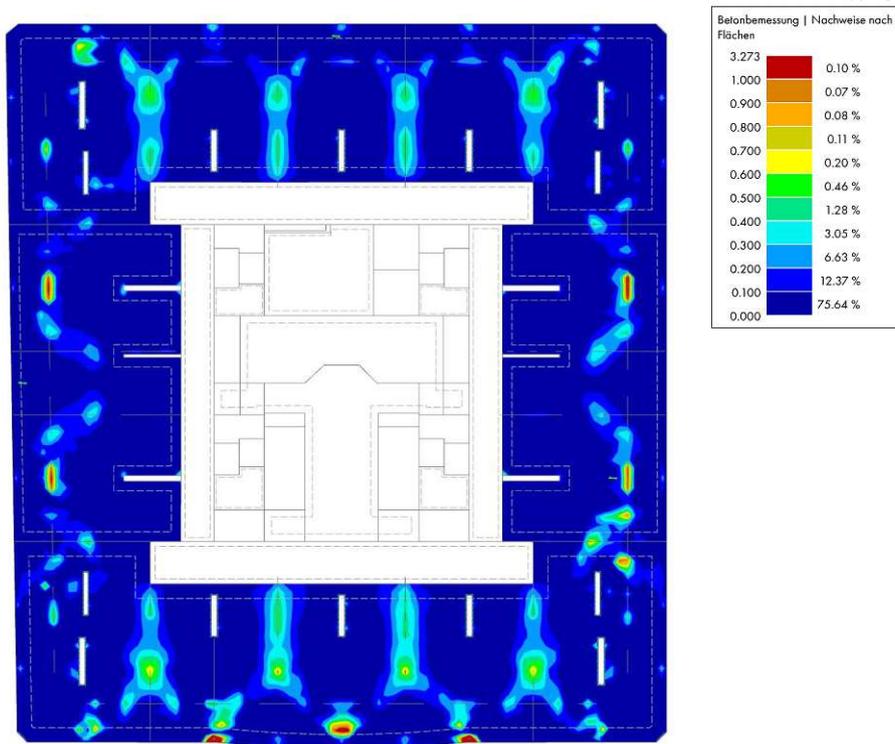


Abb. 4.5: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as1,-z

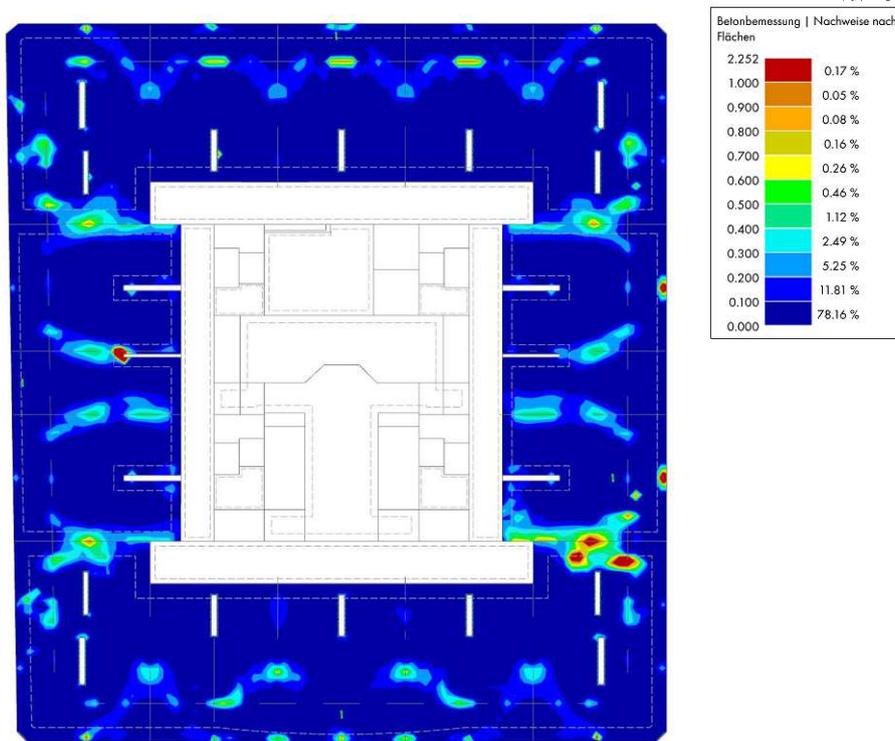


Abb. 4.6: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as2,-z

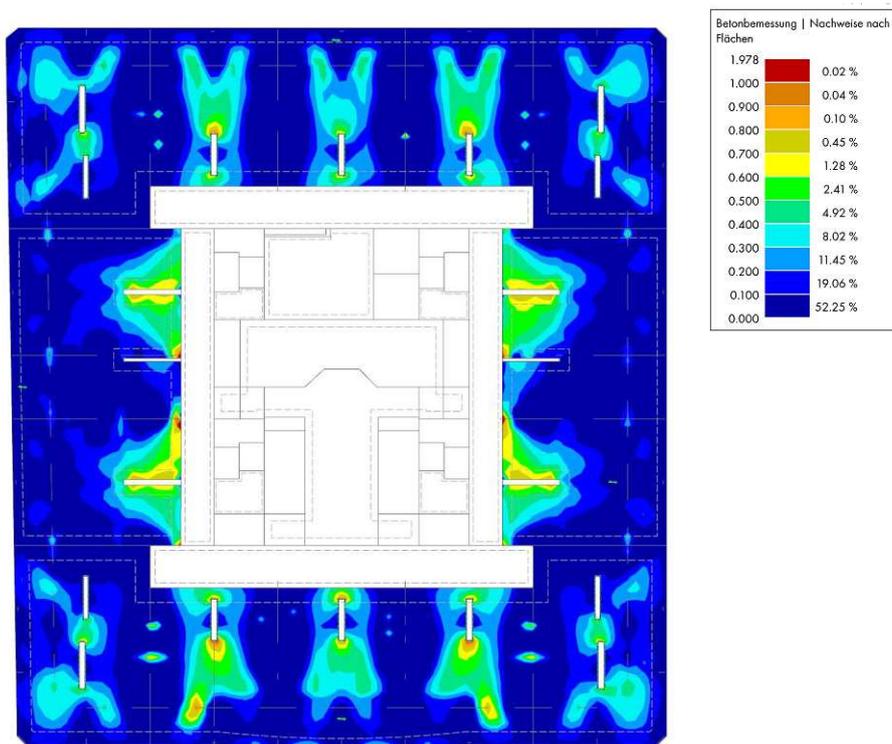


Abb. 4.7: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as1,+z

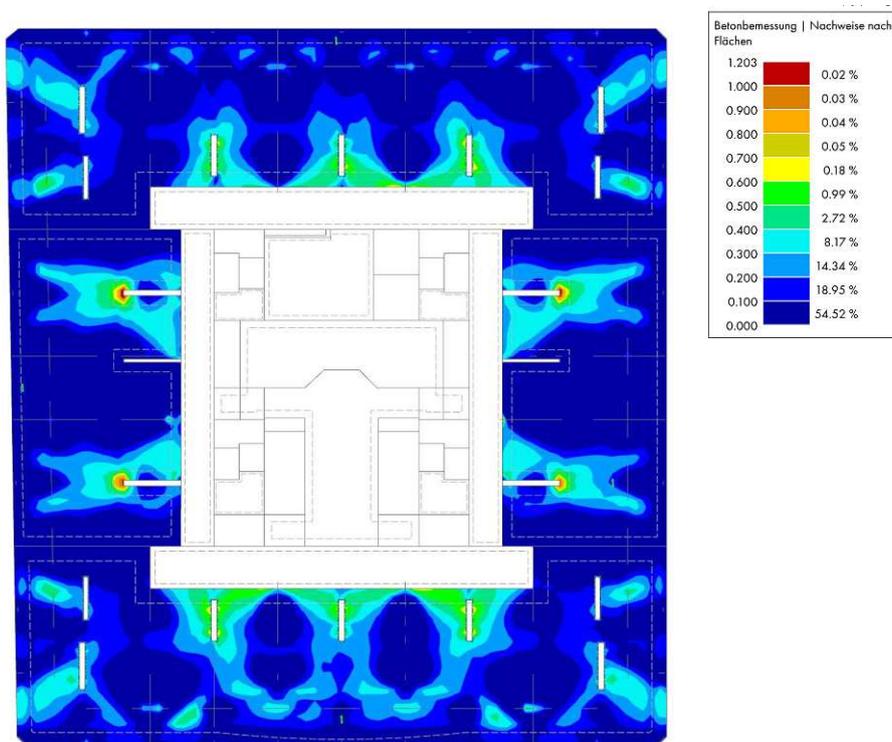


Abb. 4.8: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as2,+z

4.1.2 Decke über 2. OG:

Die Decke über dem 2. Obergeschoss bildet strukturell gesehen das Regelgeschoss, weshalb die Analyse dieses Geschosses den größten Mehrwert darstellt. Die Deckenplatte verhält sich statisch gesehen wie ein Durchlaufaufräger, welcher an den Deckenseiten und somit umlaufend gelagert ist. Die grafische Darstellung der Auslastung ist in Abb. 4.9 bis 4.16 zu sehen. Zu sehen sind, wie auch in der Decke über dem 8. Obergeschoss hohe Auslastungen in der oberen Bewehrung im Stützbereich über den Schottenwänden und in der unteren Bewehrung im Feldbereich. Bei einer Nutzlasterrhöhung wird die maximale Auslastung von 100 Prozent teilweise überschritten, dies betrifft vor allem die Deckenaufleger an der Außenwand, sowohl in der oberen, als auch in der unteren Bewehrung. Ursächlich dafür, ist eine lokale Querkraftkonzentration an den Wandecken. Da diese Überschreitungen einen Anteil an der Gesamtfläche von maximal 0,17 Prozent aufweisen und die dafür verantwortlichen Schubkräfte in Realität auch über die darunter liegenden Fensterstürze und die darüber liegenden Fensterparapete abgetragen werden, kann diese lokale Überlastung vernachlässigt werden.

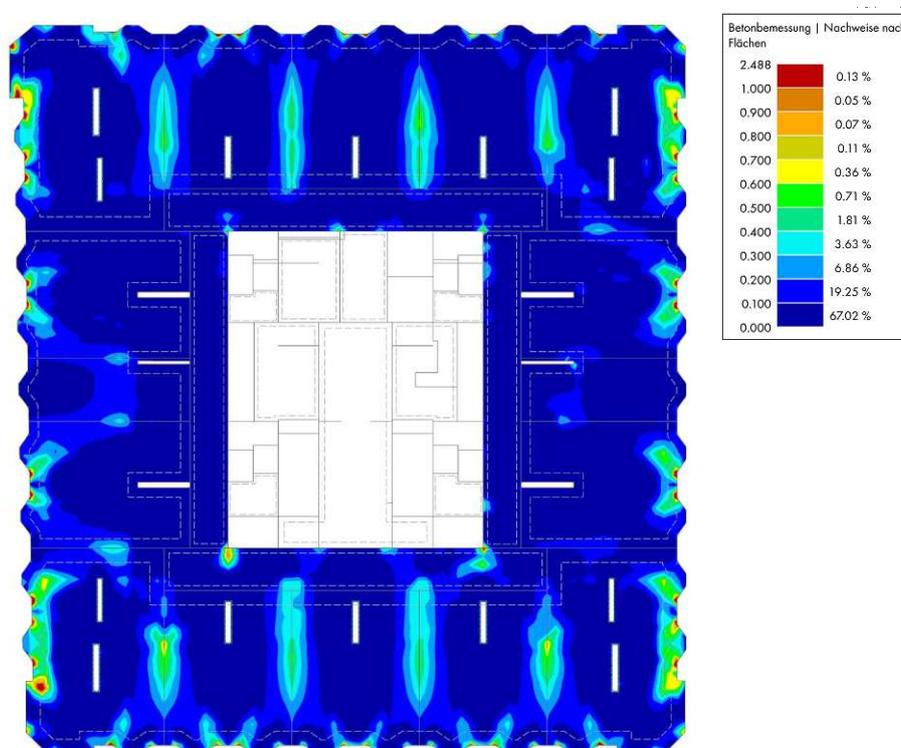


Abb. 4.9: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as1,-z

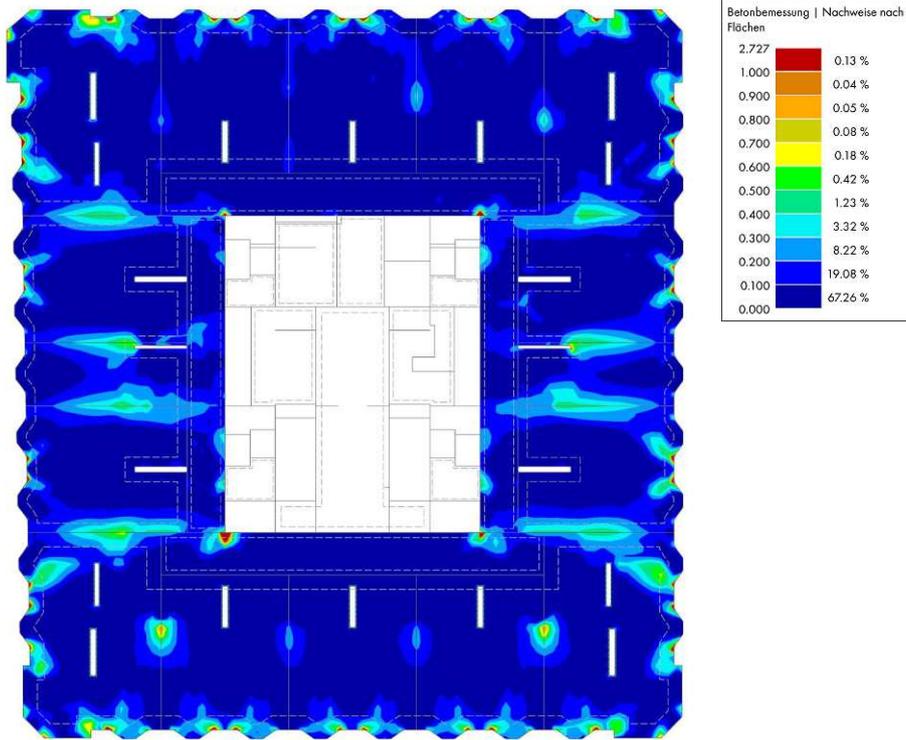


Abb. 4.10: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as_{2,-z}

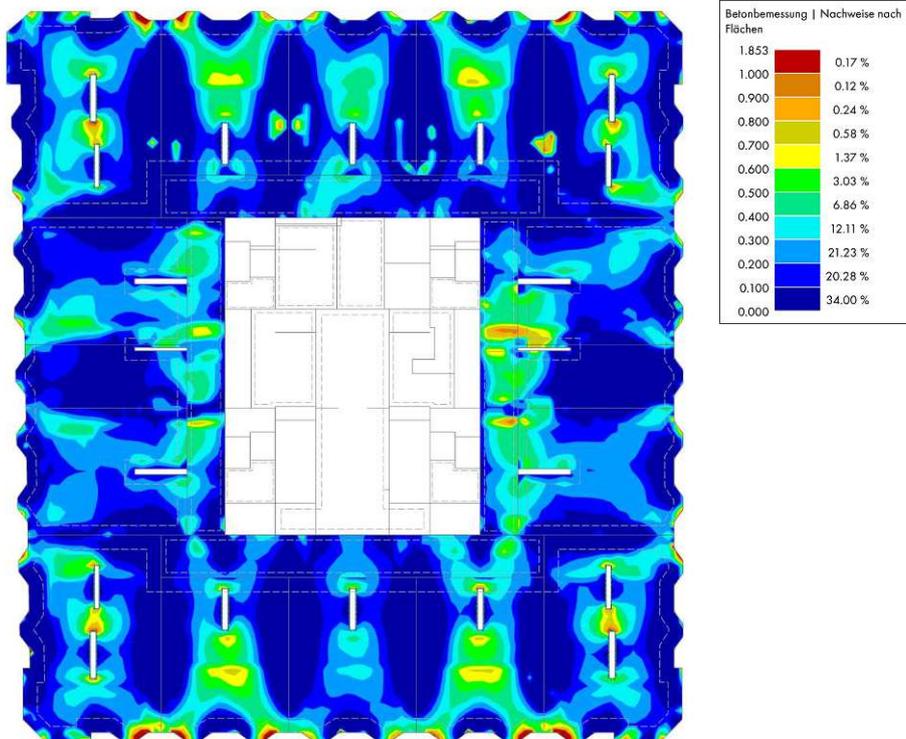


Abb. 4.11: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as_{1,+z}

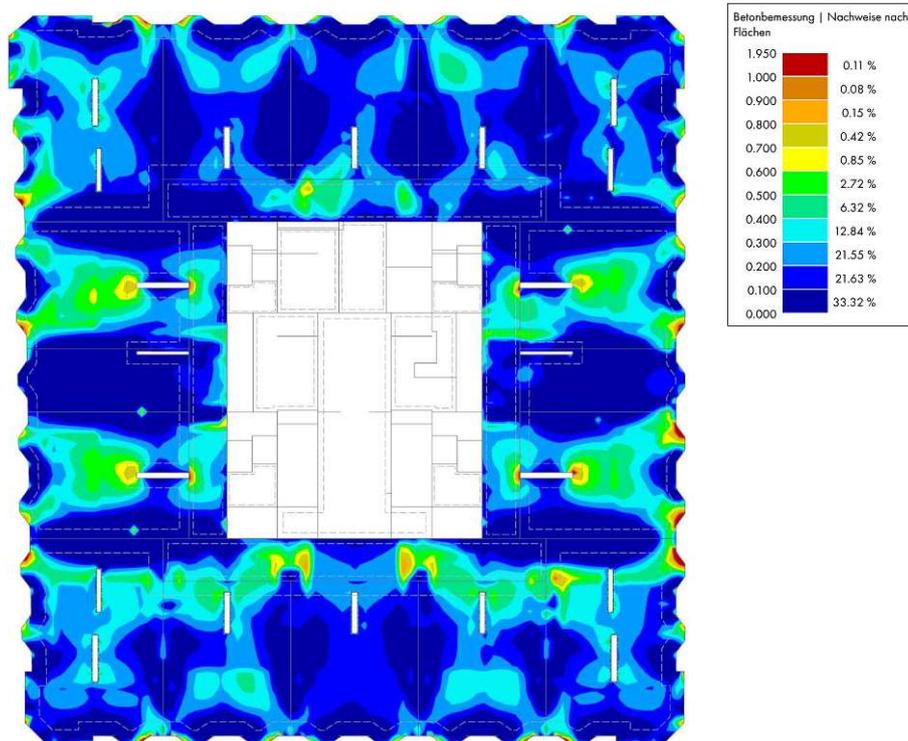


Abb. 4.12: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as₂,+z

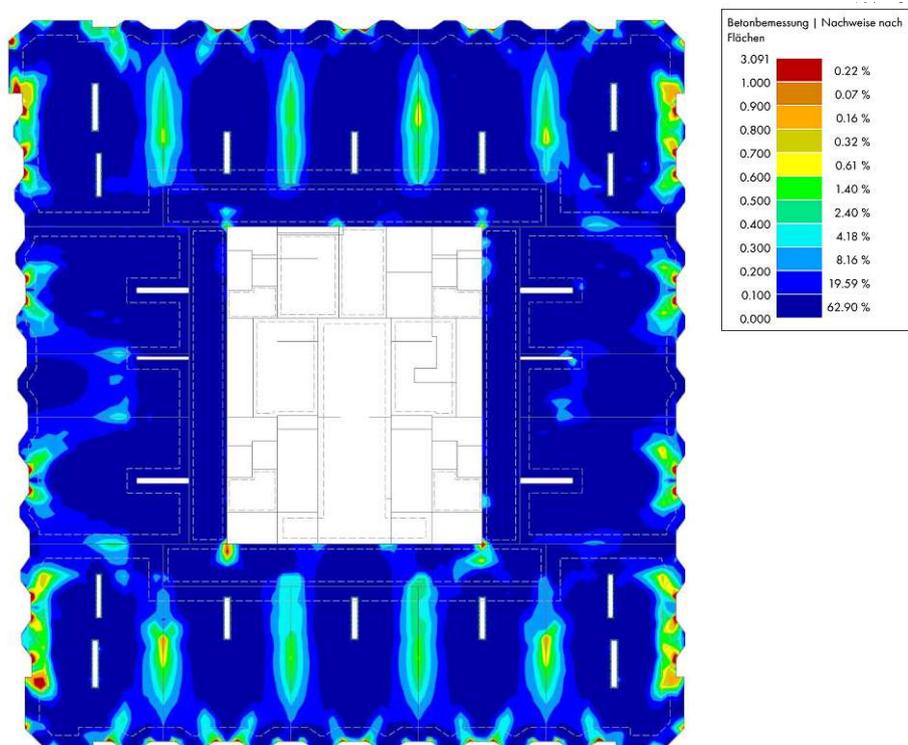


Abb. 4.13: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as₁,-z

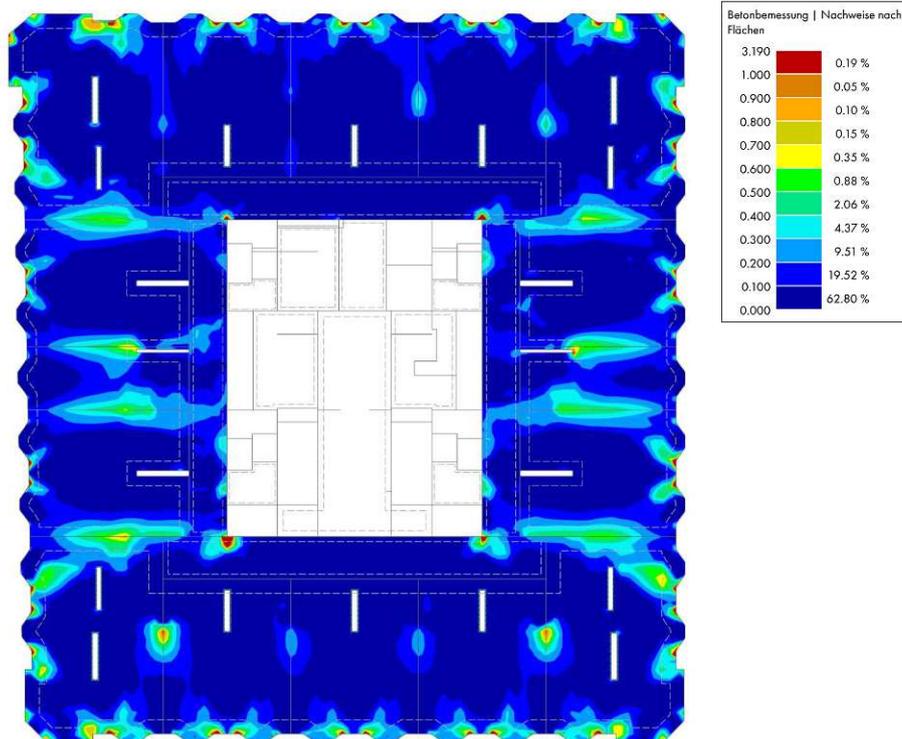


Abb. 4.14: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as2,-z

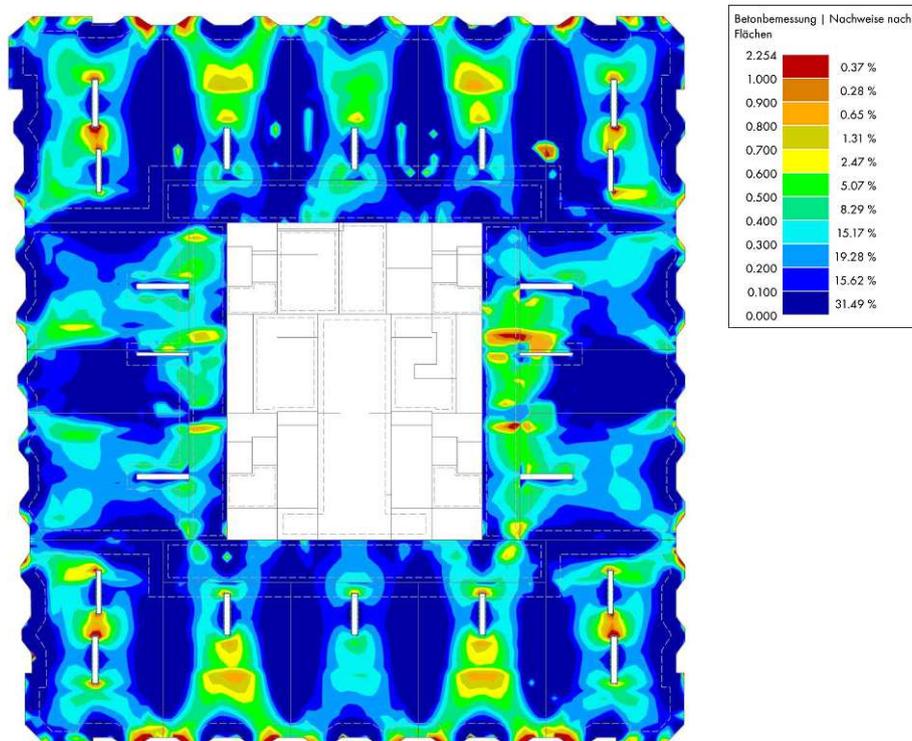


Abb. 4.15: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as1,+z

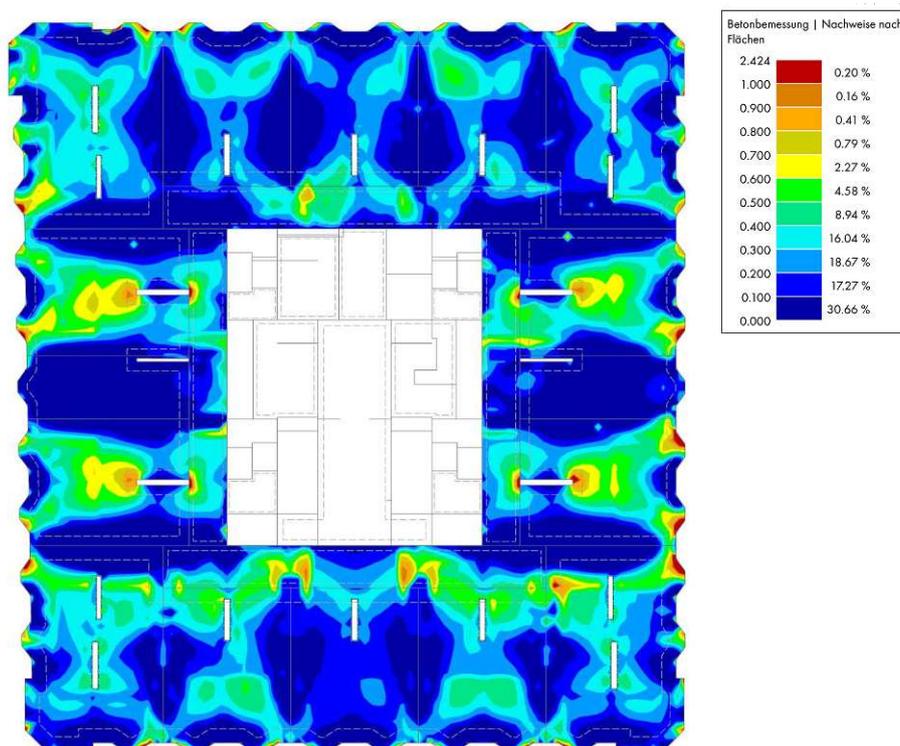
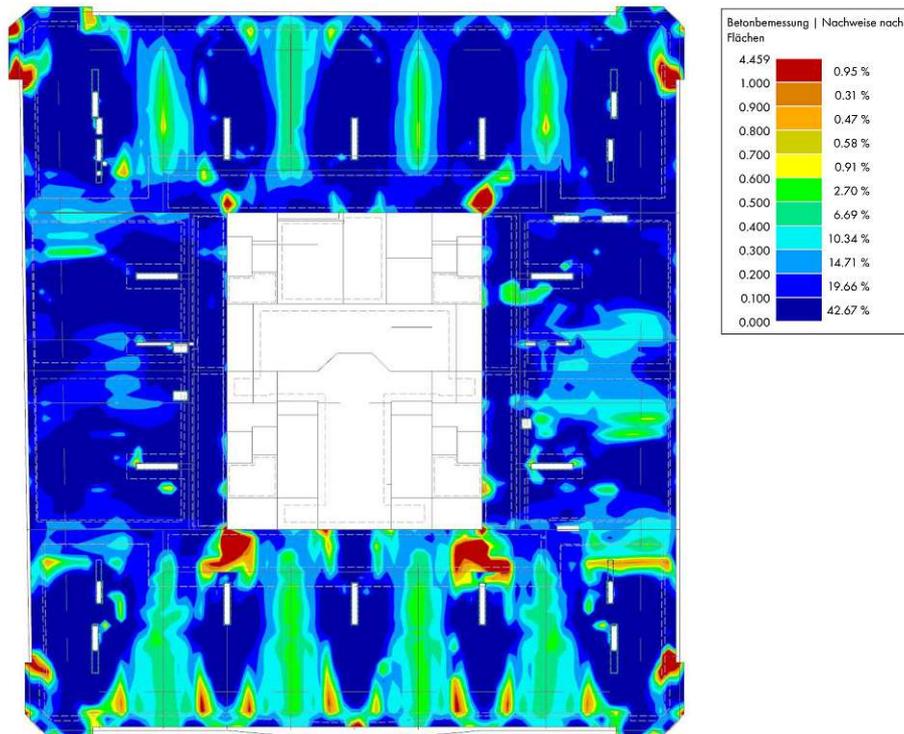
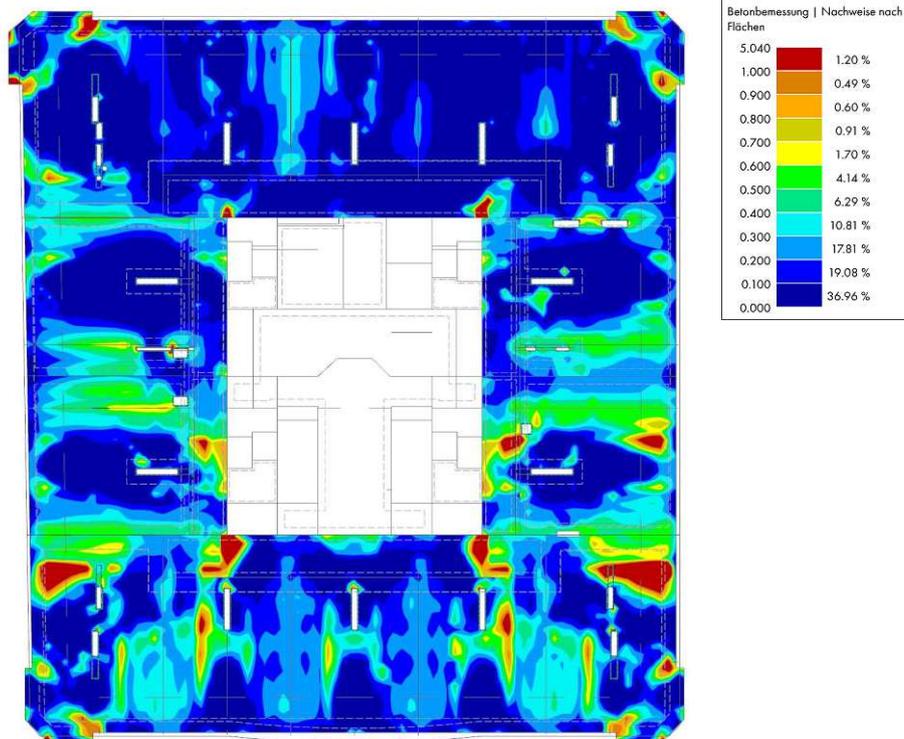


Abb. 4.16: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as2,+z

4.1.3 Decke über 1. OG:

Die Decke über dem 1. Obergeschoss hat oberhalb der Achse 4 eine ähnliche Struktur wie die Decke über dem 2. Obergeschoss. Die Deckenplatte verhält sich in diesem Bereich statisch gesehen ebenfalls wie ein Durchlaufträger, welcher auf den Schottenwänden und an den Deckenseiten umlaufend gelagert ist. Die Decke über dem 1. Obergeschoss hat daher eine ähnlich bis gleiche Tragfähigkeit, wie die Decke über dem 2. Obergeschoss. Unterhalb der Achse 4, im Bereich der Lobby, wird sie jedoch auf Stützen gelagert, wodurch die Tragfähigkeit eingeschränkt wird. Bei einer Nutzlasthöhung treten in den Feldbereichen um die Stützen herum Überschreitungen der zulässigen Auslastung auf, die etwa 3,23 Prozent der Gesamtfläche ausmachen und somit nicht mehr vernachlässigbar sind. Es kommt somit in diesem Bereich zu einer geringeren statischen Reserve der Decke über 1. Obergeschoss im Vergleich zur Decke über dem 2. Obergeschoss, weshalb Ertüchtigungsmaßnahmen notwendig sind, falls die Nutzlast erhöht werden soll. Darüber hinaus sind im 1. Obergeschoss einige Wände mit Stahlträgern ausgewechselt worden. Für die Lastabtragung der Decke ändert sich dadurch allerdings wenig. Lediglich durch die leichte Verformung der Stahlträger wird das Stützmoment über der ehemaligen Schottenwand abgemindert und im Feld erhöht. Die Auswirkung daraus ist aber zu vernachlässigen. Die grafische Aufbereitung ist in Abb. 4.17 bis 4.24 zu sehen.

Abb. 4.17: GZT - Bestand ($2,80\text{kN/m}^2$) as1,-zAbb. 4.18: GZT - Bestand ($2,80\text{kN/m}^2$) as2,-z

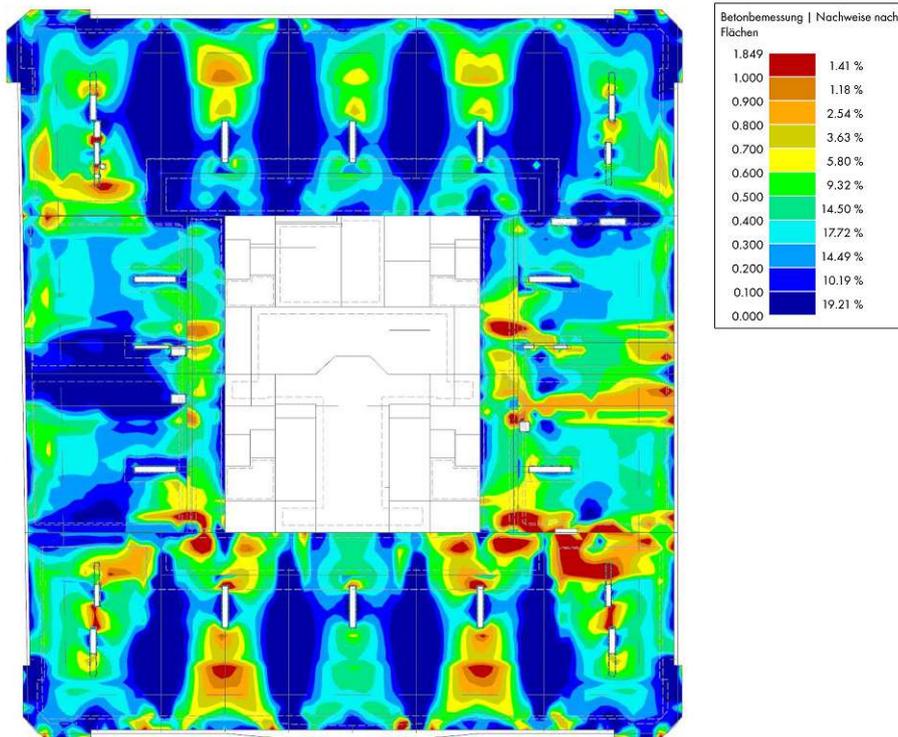


Abb. 4.19: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as1,+z

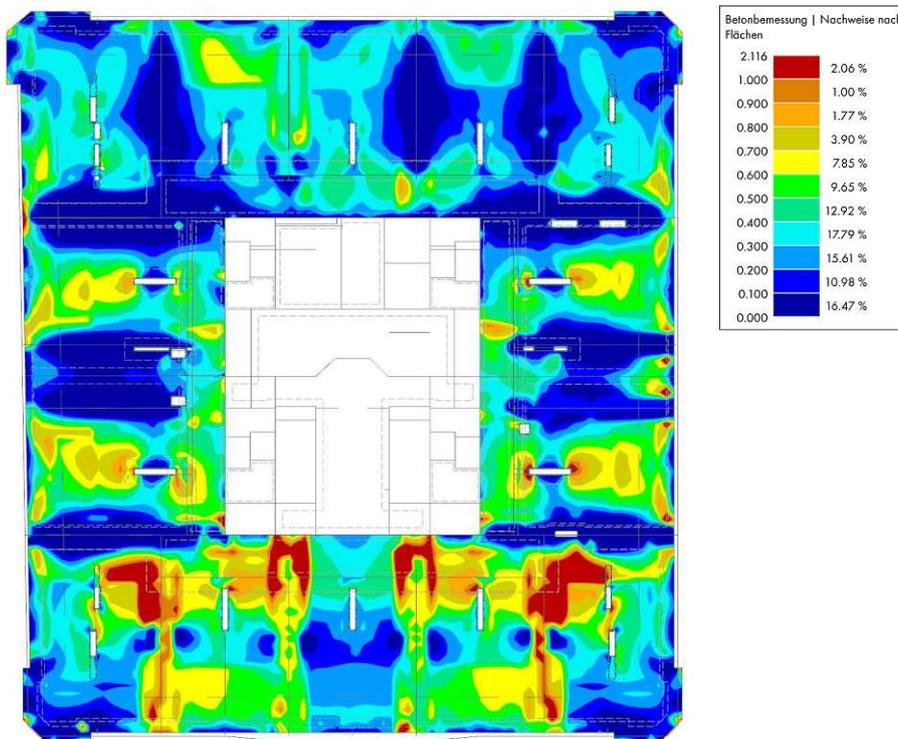
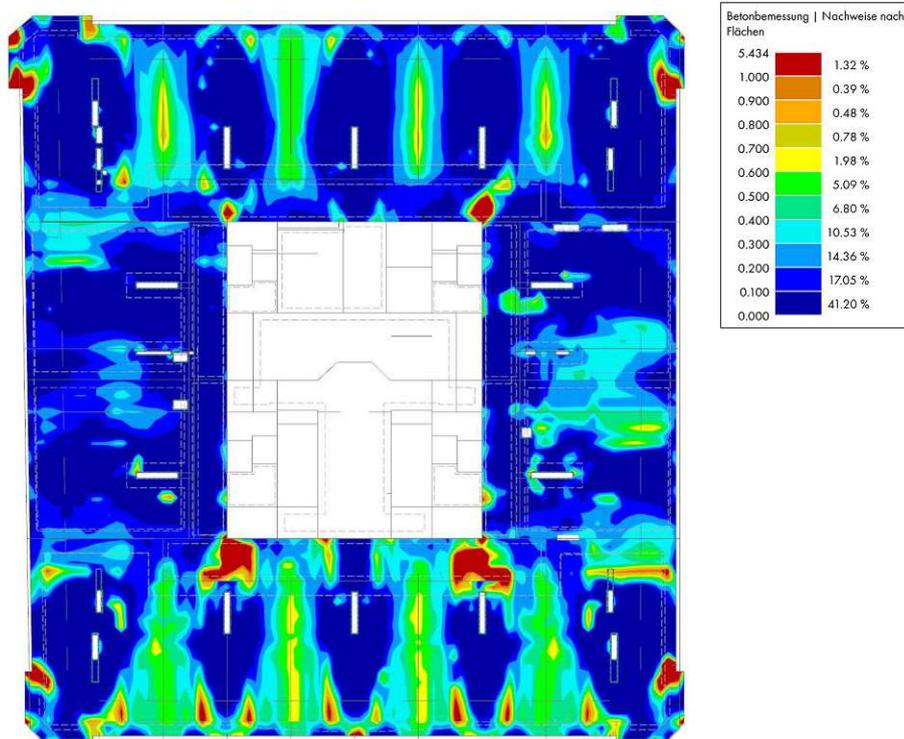
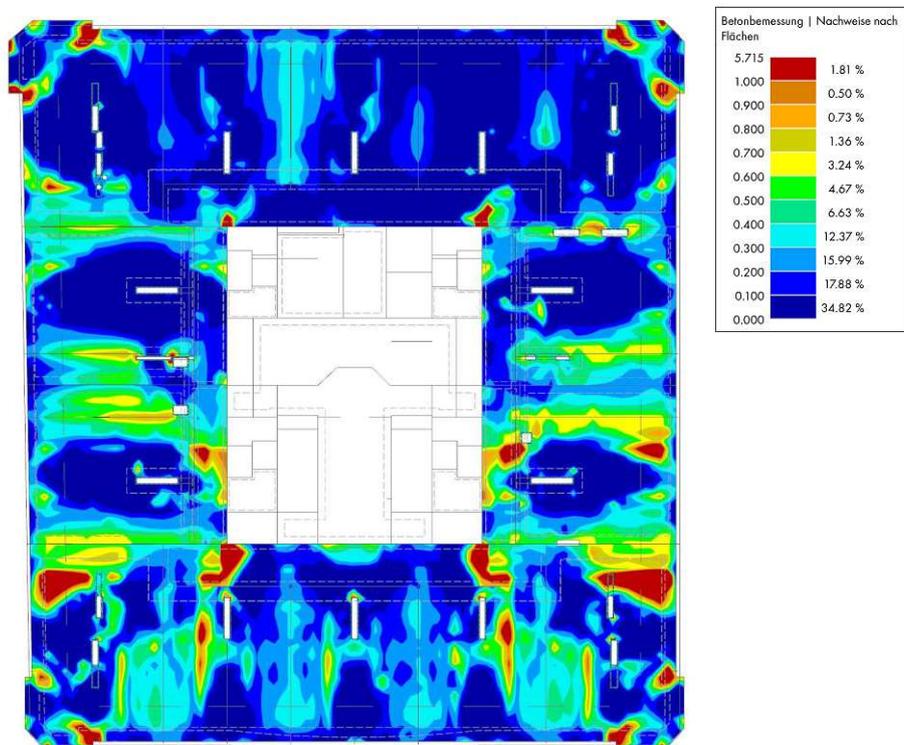


Abb. 4.20: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as2,+z

Abb. 4.21: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as1,-zAbb. 4.22: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as2,-z

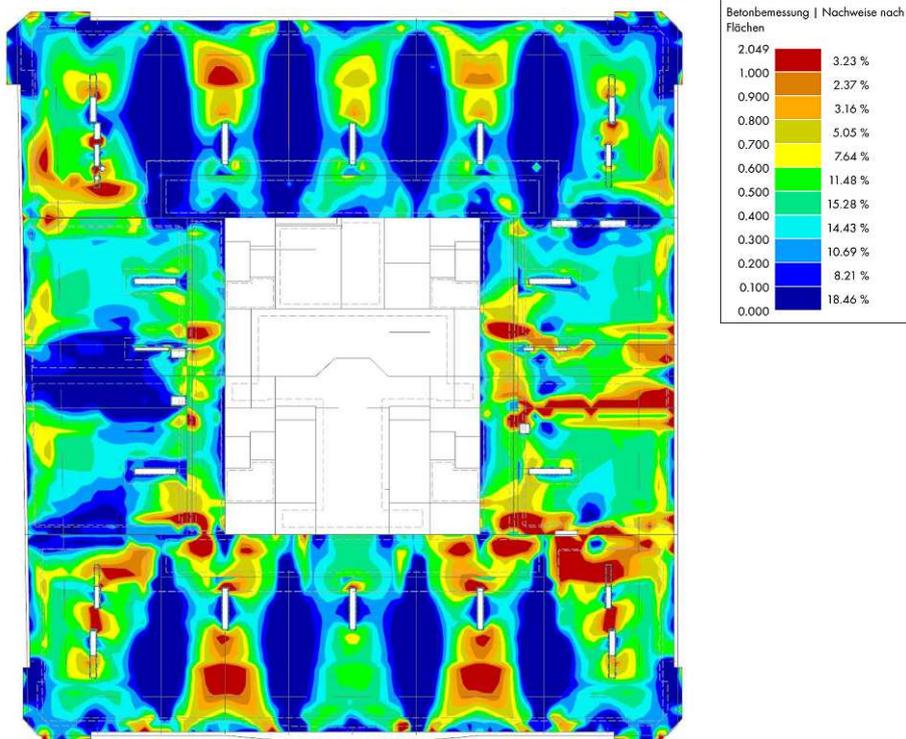


Abb. 4.23: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as1,+z

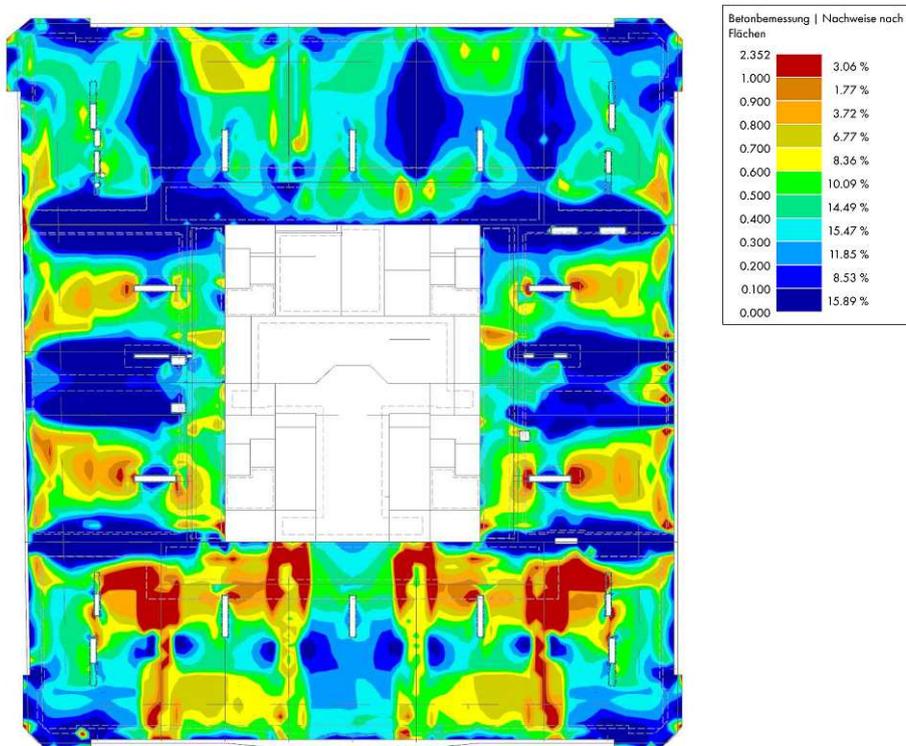


Abb. 4.24: GZT - NL4 (4,80kN/m²) as2,+z

4.1.4 Decke über EG:

Die Decke über dem Erdgeschoss wird derzeit als Veranstaltungsraum genutzt. Die statische Anforderung an Veranstaltungsräume ist mit $4,00 \text{ kN/m}^2$ bereits relativ hoch angesetzt, wodurch die Auslastung der Decke über dem Erdgeschoss ebenfalls sehr hoch ist. Eine neuerliche Erhöhung der Nutzlast ist somit nicht notwendig, da alternative Nutzungen keine höheren Anforderungen stellen. Es wird somit nur der Bestand nachgewiesen. Die Decke über dem Erdgeschoss hat, wie die Decken darüber, eine ähnliche Struktur. Die Decke im Bereich der Lobby, welche im Unterschied zur Decke über 1. Obergeschoss, im Eingangsbereich über einen Luftraum verfügt und sich über die gesamte Südhälfte des Gebäudes erstreckt, wird ebenfalls auf Stützen gelagert. Durch die geringe Bewehrung der Decke kommt es zu Spannungsspitzen sowohl in den unteren als auch in den oberen Bewehrungslagen im Bereich der Stützen entlang der Achse I, diese erweisen sich bei einer näheren Betrachtung beziehungsweise bei einer Netzverfeinerung als relativ klein, womit diese Bereiche ausreichend tragfähig sind. Bei den Stützen B/6 und B/7 ist die zulässige Tragfähigkeit der oberen Bewehrungslage hingegen deutlich überschritten, weshalb es zu einem plastischen Mechanismus kommt der das Feldmoment erhöht. Die Tragfähigkeit ist unter der Voraussetzung des Ausbildens eines plastischen Momentes in diesem Bereich gegeben. Die hohe Auslastung im Bereich C/5 in der unteren horizontalen Bewehrung $a_{s1,+z}$ wird durch den Deckenstreifen entlang der Achse A-C/4 verursacht, dieser dürfte aufgrund seiner hohen Quer- und Längsbewehrung (DM16/20) als wandartiger Träger fungiert haben, wurde aber im Zuge des letzten Umbaus durch einen Türdurchbruch getrennt, weshalb die Decke über EG die Lasten aus der Wand abtragen muss anstatt des Trägers. Da der Türdurchbruch jedenfalls Kompensationsmaßnahmen erfordert, wird im folgenden davon ausgegangen, dass diese auch getroffen wurden, da die Decke ansonsten nicht ausreichend tragfähig wäre. Die Auslastung für diesen Bereich wird daher aufgrund des Bestandes mit 100 Prozent angenommen. Im Übergang der Stahlbetonplatte über der Rampe im Erdgeschoss und der regulären Geschossdecke kommt es vor allem in der oberen Bewehrungslage zu Überschreitungen der zulässigen Auslastung. Da die Tragfähigkeit der Rampendecke in weiterer Folge nachgewiesen wurde und die Erkenntnis gewonnen werden konnte, dass der biegesteife Anschluss der zwei Deckenplatten entlang der Achse E nicht notwendig ist, kann davon ausgegangen werden, dass dort auch keine Biegemomente auftreten werden, die diese hohen Auslastungen verursachen. Um diese Erkenntnis abzubilden, müssten im Modell Gelenke entlang der Deckenkanten modelliert werden. Die Tragfähigkeit ist somit auch für diesen Bereich gegeben. Die grafische Aufbereitung ist in Abb. 4.17 bis 4.24 zu sehen.

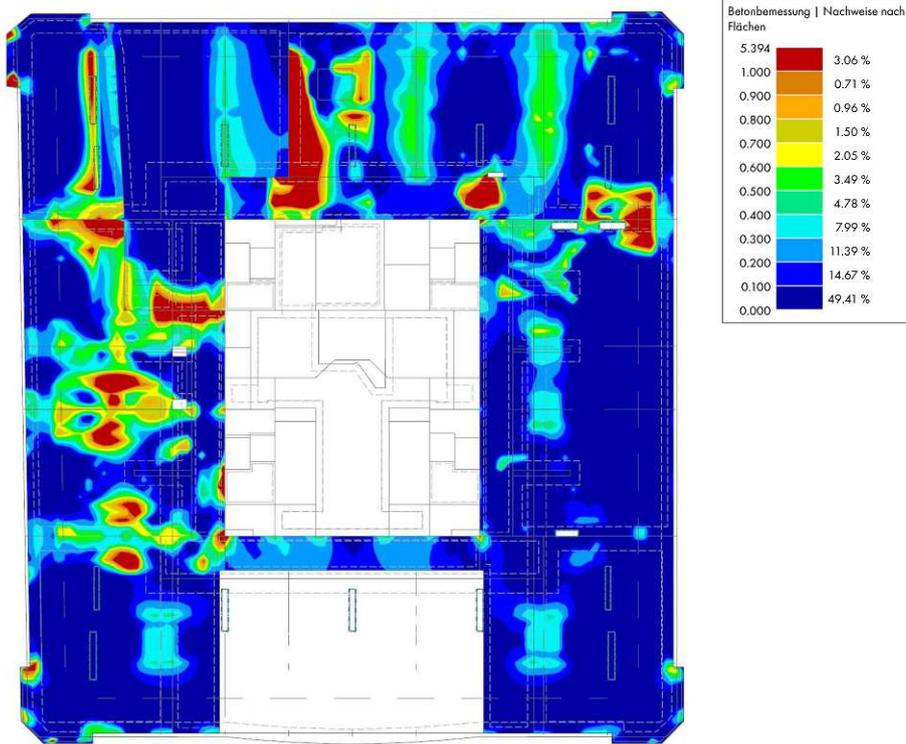


Abb. 4.25: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as1,-z

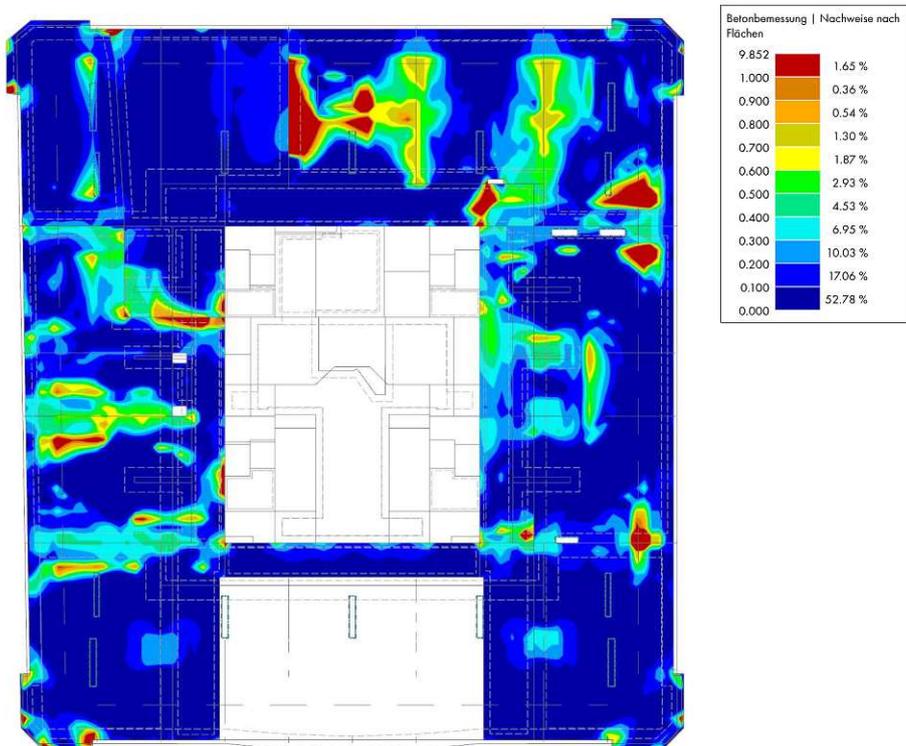


Abb. 4.26: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as2,-z

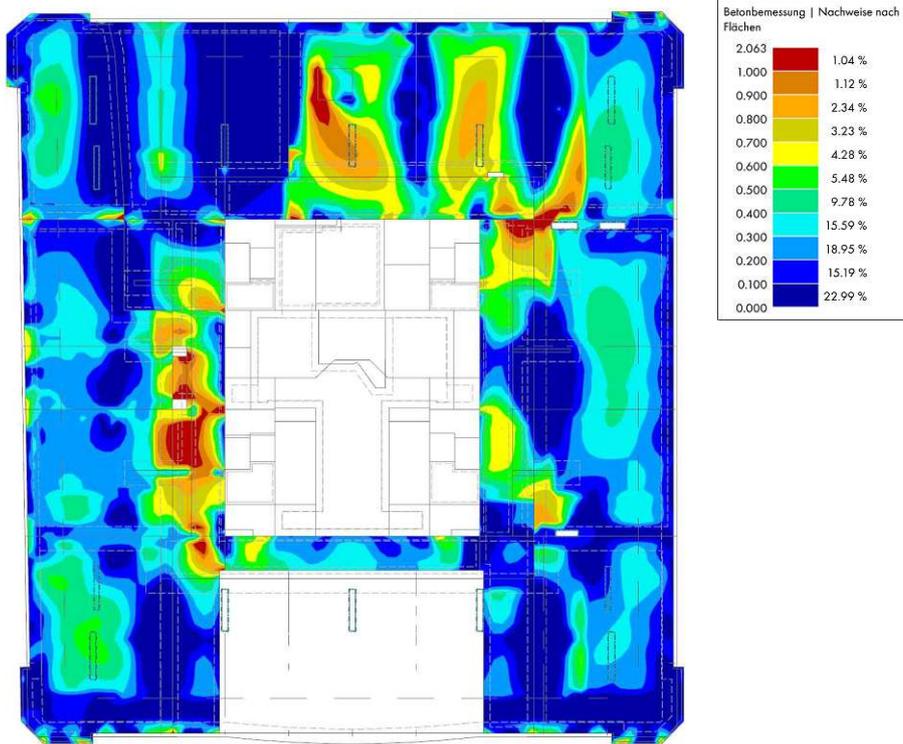


Abb. 4.27: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as1,+z

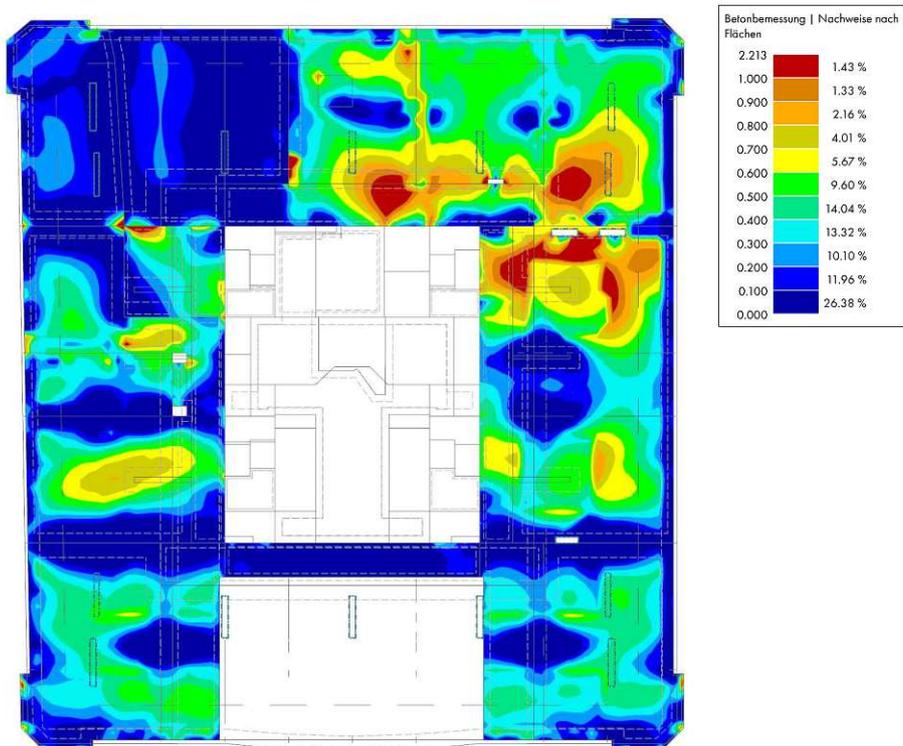


Abb. 4.28: GZT - Bestand (2,80kN/m²) as2,+z

4.1.5 Decke über Rampe im EG:

Die Decke über der Rampe im EG stellt in der Tragwerkssystematik einen Sonderfall dar. Die Decke bildet die Auswechslung einer Wand, welche dem System entsprechend üblicherweise die Lasten aus den oberen Geschossen aufnimmt und ableitet. Die Auswechslung ist notwendig, da im Erdgeschoss anstelle der Wand eine Rampe als Zufahrt zur Garage geplant wurde. In der Berechnung wurde anhand der vorhandenen Bewehrung die maximal zulässige Belastung ermittelt und der vorhandenen Belastung gegenüber gestellt. Zur Berechnung wurde das Programm ABIS - Durchlaufträger verwendet, welche eine analytische, 2-dimensionale Bemessung von Betonbauteilen durchführt. Die zugrunde liegende Geometrie, die Materialgüten und -mengen, führen in der Berechnung zu einer maximal zulässigen vertikalen Belastung in der Wandaufstellfläche von 1298 kN. Die Berechnung und die Annahmen sind in Abb. 4.29 und Abb. 4.30 ersichtlich.

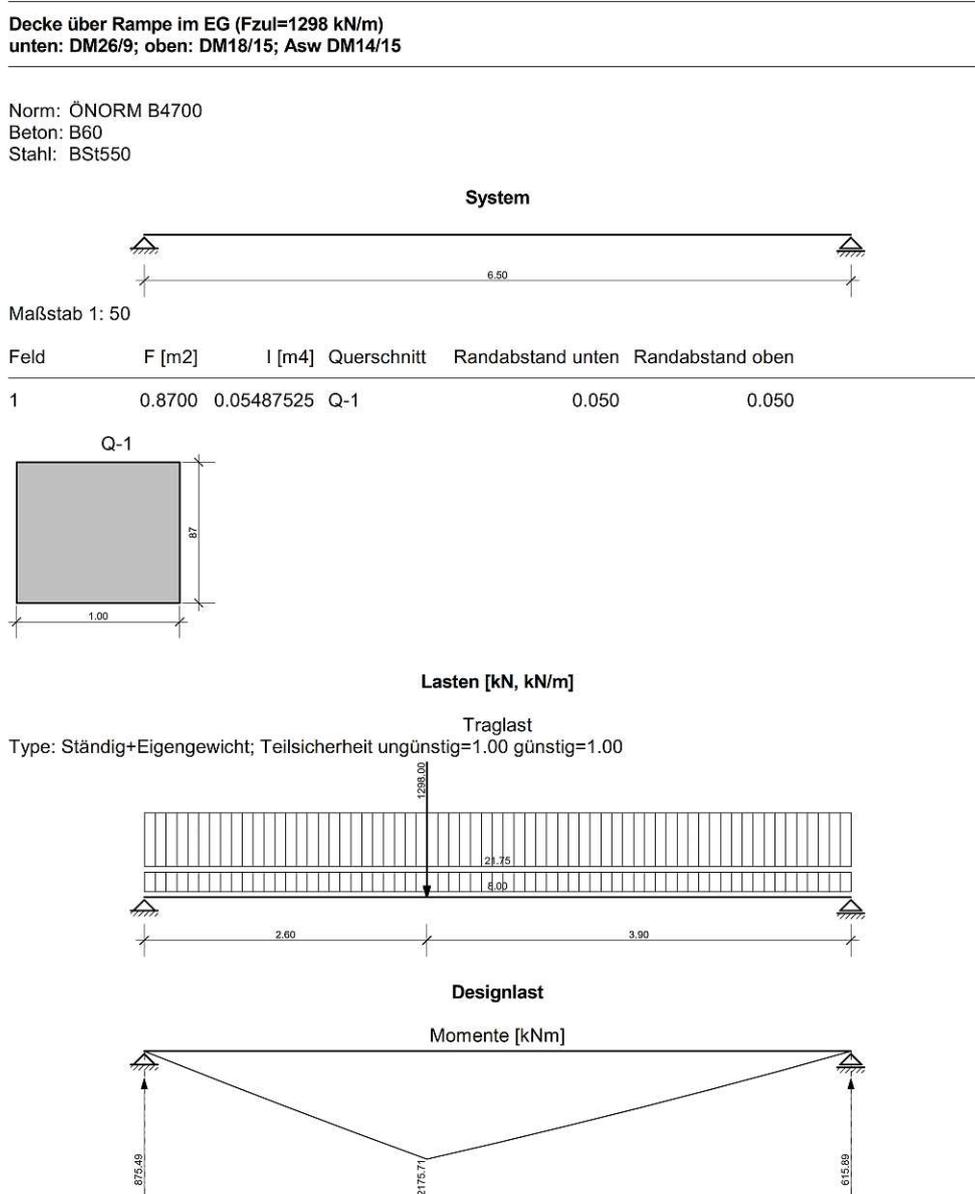


Abb. 4.29: GZT - Rampendecke 1

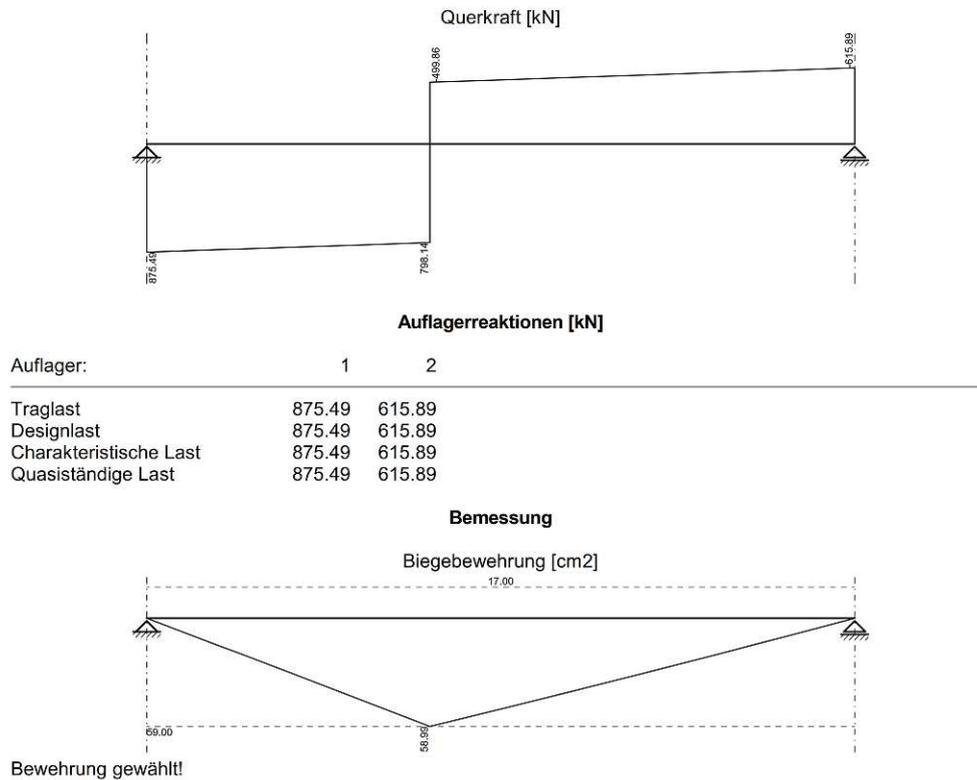


Abb. 4.30: GZT - Rampendecke 2

4.2 Durchstanzen von Säulen in der Decke über EG und über 8.OG

4.2.1 Durchstanzen in der Decke über 8 OG:

Die Decke über dem 8. Obergeschoss verfügt eine Durchstanzbewehrung im Bereich über den Stützen in der Außenwand in Kombination mit einer Rostbewehrung. Die Durchstanzbewehrung umfasst zweischenklige Bügelkörbe mit 19 Bügeln, welche den Durchmesser 8 mm, im Abstand von 10 cm verlegt und eine Schenkellänge von 13 cm haben. Die Längsbewehrung im Bügelkorb besteht aus 4 Stäben mit dem Durchmesser 10 mm und die Rostbewehrung besteht aus 4 Stäben mit dem Durchmesser 16 mm.



Abb. 4.31: GZT - Bestand (2,80kN/m²) asw

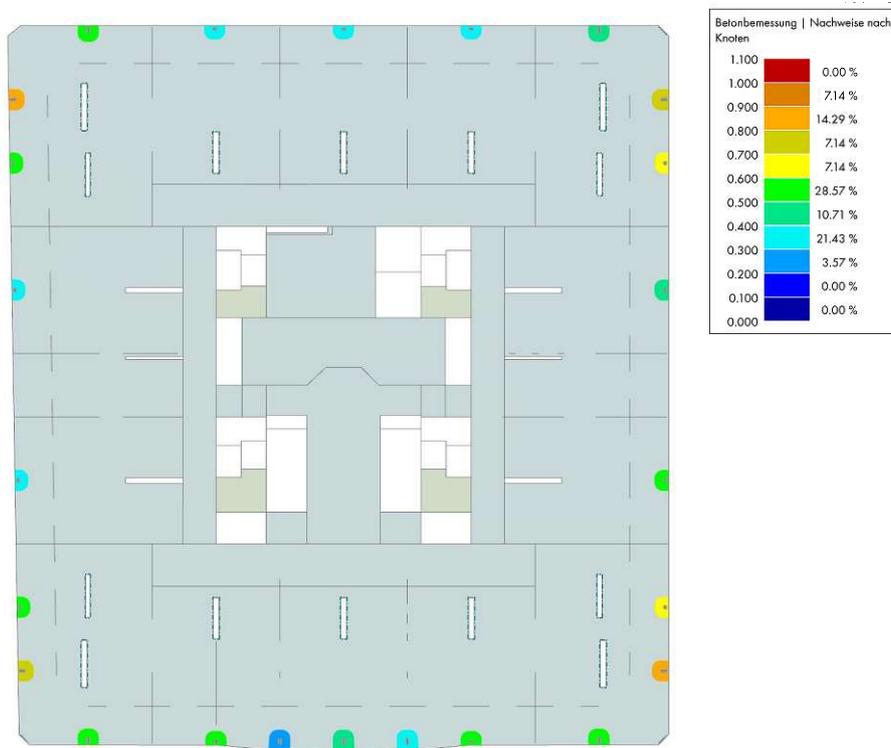


Abb. 4.32: GZT - NL4 (4,80kN/m²) asw

4.2.2 Durchstanzen in der Decke über EG:

Im Gegensatz zur Decke über dem 8. Obergeschoss ist in der Decke über Erdgeschoss im Stützenbereich keine Durchstanzbewehrung vorhanden. Jedoch ist es möglich, dass die Planunterlagen unvollständig sind und in Realität doch eine Durchstanzbewehrung vorhanden ist. Dies würde sich durch eine Bewehrungsart in Form einer Öffnung der Betondeckung und dem Suchen einer Bügelbewehrung ermitteln lassen. Ansonsten ist die Decke bei bestehender Nutzlast nicht ausreichend tragfähig. Die grafische Darstellung der Auslastung ist in Abb. 4.33 bis 4.34 zu sehen.

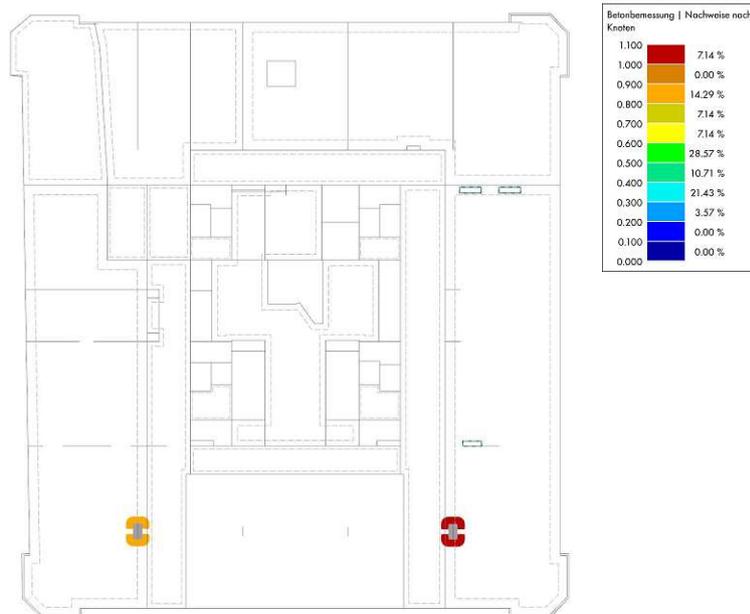


Abb. 4.33: GZT - Bestand (2,80kN/m²) asw

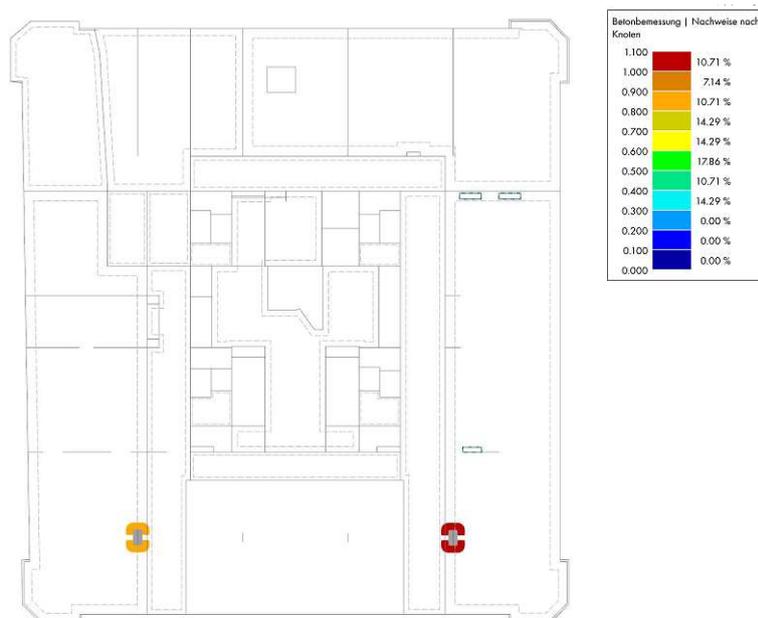


Abb. 4.34: GZT - NL4 (4,80kN/m²) asw

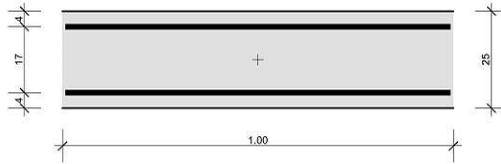
4.3 Tragfähigkeit der Wände im EG:

Die Wände im Erdgeschoss sind primär durch vertikale Lasten aus den Decken und Wänden der oberen Geschosse belastet. Eine Nutzlasthöhung der Decken bedeutet eine höhere Belastung der Wände und somit eine höhere Auslastung. In der Berechnung wurde anhand der vorhandenen Bewehrung die maximal zulässige Belastung ermittelt und der vorhandenen Belastung gegenüber gestellt. Zur Berechnung wurde das Programm ABIS - Bemessung verwendet, welche eine analytische, 2-dimensionale Bemessung von Betonbauteilen durchführt. Da die maßgebenden Bauteile im Kern und in den Außenwänden dieselben geometrischen Dimensionen, Materialgüten und -mengen aufweisen, kann in der Berechnung eine maximal zulässige Belastung auf einen Meterstreifen Wand, gültig für alle tragenden Wände im Erdgeschoss mit einer Mindestdicke von 25 cm ausgewiesen werden. Diese maximal zulässige Belastung entspricht einer zentrischen Druckkraft in Höhe von 3329 kN/m, wobei Exzentrizitäten durch Bauteilverformungen berücksichtigt wurden. Die Berechnung und die zugrunde gelegten Annahmen sind in Abb. 4.35 ersichtlich. Der Vergleich mit den ermittelten Druckkräften in den Wänden siehe Abb. 4.49 bis 4.50 zeigt, dass die Wände ausreichend tragfähig sind.

Wände im Erdgeschoss (Nzul=3329kN)
längs: DM12/20 (5,65cm²/m) quer: DM8/20 (2,51cm²/m)

Norm: ÖNORM B4700

Beton: B30	Teilsicherheit	gamma_c =	1.50
	E-Modul	E_c =	30500 MN/m ²
	Druckfestigkeit	f_cd =	15.0 MN/m ²
Stahl: BSt550	Teilsicherheit	gamma_s =	1.15
	E-Modul	E_s =	200000 MN/m ²
	Streckgrenze	f_yd =	478.0 MN/m ²



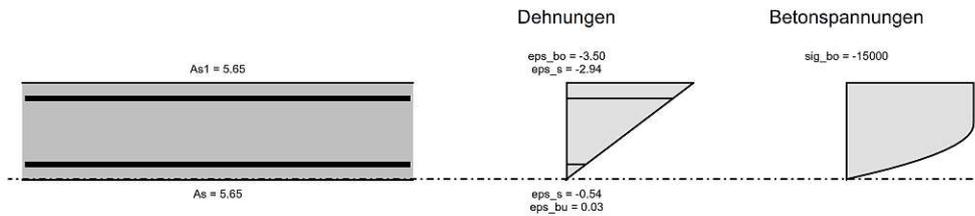
Plattenquerschnitt

Fläche Betonquerschnitt	A_c =	0.2500 m ²
Trägheitsmoment Betonquerschnitt	I_c =	0.001302 m ⁴
Schwerpunktsabstand unten	ys =	0.1250 m
Gewicht je Laufmeter	g =	6.2500 kN/m

Teilsicherheit Lasten:	1.000	
Ersatzstablänge:	3.000 m	Lamda: 41.569

Lastfall 1:

N = -3329.00 kN	N_Sd = -3329.00 kN
M = 0.00 kNm	M_Sd = 0.00 kNm
V = 0.00 kN	V_Sd = 0.00 kN



Bemessung für Biegung und Längskraft

Ausmitteln	e_0:	0.000	e_a:	0.007
	e_2:	0.008	e_tot:	0.025
Bewehrung	As:	5.65 cm ² /m	As1:	5.65 cm ² /m
Mindestbewehrung	As [D]:	5.22 cm ² /m	As1 [D]:	5.22 cm ² /m
Bewehrungsgrad		0.23 %		0.23 %

Gesamt	erforderlich	Gewählt	Vorhanden
As	5.65 cm ² /m		
As1	5.65 cm ² /m		

Abb. 4.35: Zulässige Druckkraft Wände im EG

4.4 Auslastung der Stützen im EG:

Die Stützen im Erdgeschoss erfahren ebenso wie die Wände im Erdgeschoss überwiegend eine vertikale Belastung durch die Wände und Decken in den darüber liegenden Geschossen. Durch eine Erhöhung der Nutzlast wird die Belastung der Stützen im Erdgeschoss ebenfalls erhöht, wodurch die Auslastung der Stützen erhöht wird. Die grafische Darstellung der Auslastung ist in Abb. 4.36 bis 4.37 zu sehen. Die maximale auftretende Auslastung beträgt bei einer Nutzlastserhöhung 63 Prozent und ist somit weit von der maximal zulässigen Belastung entfernt.

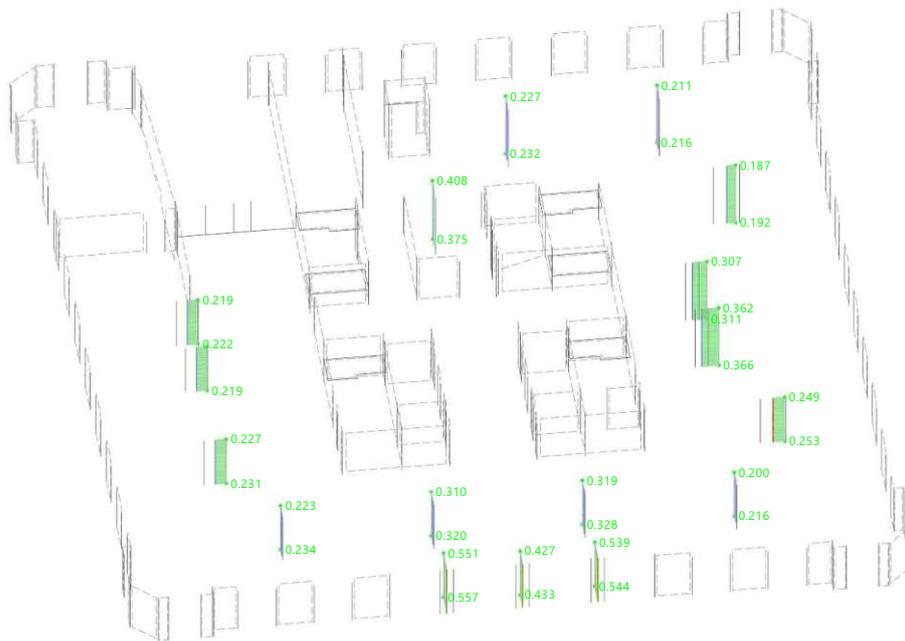


Abb. 4.36: GZT - Bestand (2,80kN/m²)

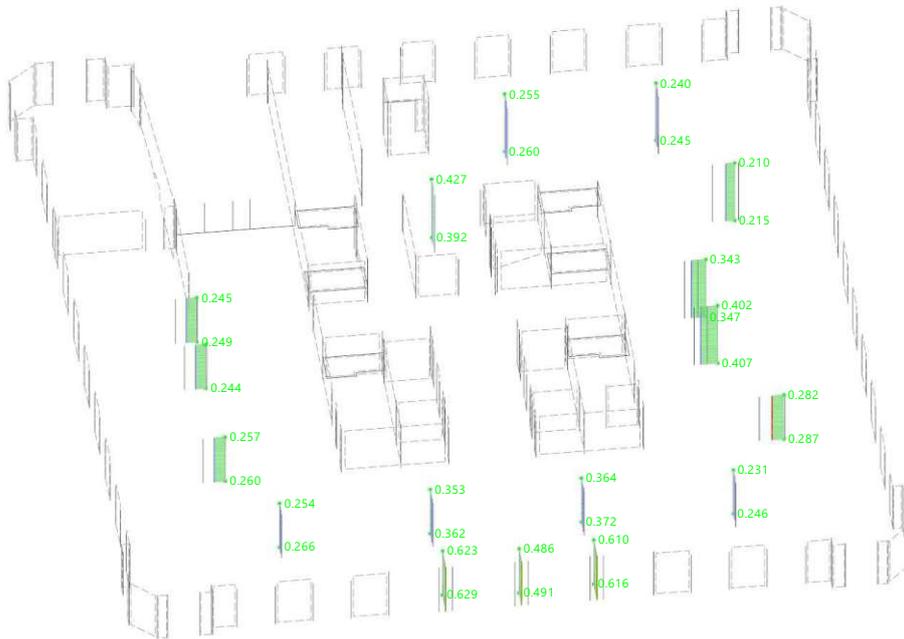


Abb. 4.37: GZT - NL4 (4,80kN/m²)

4.5 Langzeitverformung der Deckenplatten

Die zulässige Verformung der Deckenplatte beträgt im quasi-ständigen Lastfall $L/250$, dies entspricht bei einer maximalen Spannweite von 8,00 m einer maximal zulässigen Durchbiegung von 32 mm. Da alle Geschosse eine annähernd gleiche Struktur haben, gilt diese maximale Durchbiegung für die überwiegende Anzahl der Feldbereiche. Wie auch bei der Darstellung der Bewehrungsauslastung, wird die auftretende Verformung der Deckenplatte grafisch dargestellt, wobei große Verformungen rot und kleine Verformungen blau dargestellt sind. Ebenso wird der prozentuelle Anteil gleicher Deckenverformungen gemessen an der gesamten Deckenfläche angegeben. Die grafische Darstellung der Verformung ist in Abb. 4.38 bis 4.44 zu sehen. Alle Geschosse weisen eine deutlich geringere Durchbiegung auf, weshalb es keine Einschränkungen beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gibt.

4.5.1 Langzeitverformung Decke über 8. OG:

Die maximal auftretende Durchbiegung in z-Richtung tritt im Feldbereich im Punkt C/8 auf, dieser Effekt wird durch die mittig angeordneten Deckendurchbrüche verstärkt. Diese beträgt bei einer Nutzlasterrhöhung 12,7 mm und ist weit unter dem Grenzwert von 32 mm.

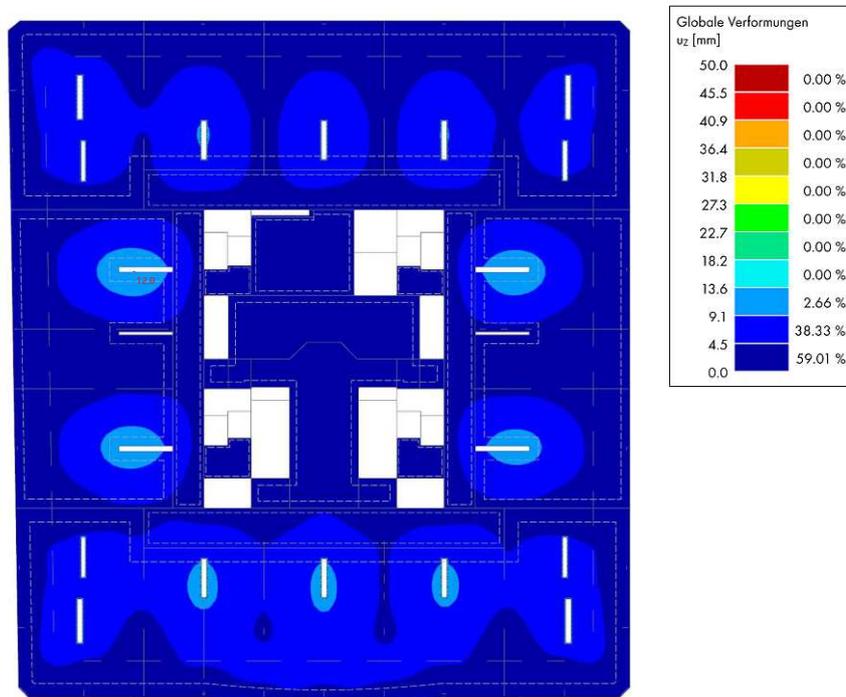


Abb. 4.38: GZG - Bestand (2,80kN/m²) uz

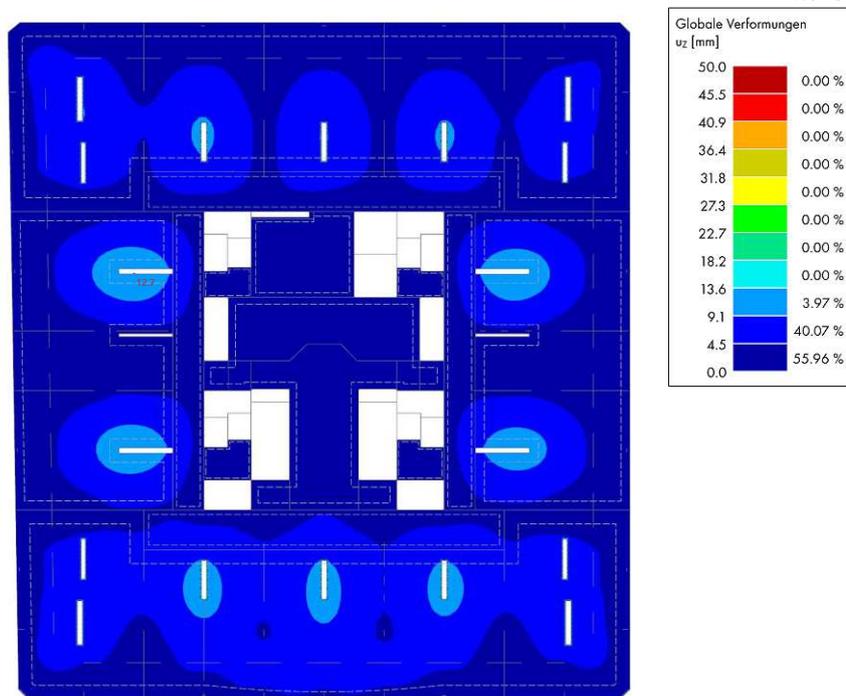


Abb. 4.39: GZG - NL4 (4,80kN/m²) uz

4.5.2 Langzeitverformung Decke über 2. OG:

Die maximal auftretende Durchbiegung in z-Richtung tritt im Feldbereich im Punkt C/8 auf, dieser Effekt wird durch die mittig angeordneten Deckendurchbrüche verstärkt. Diese beträgt bei einer Nutzlasterrhöhung 16,1 mm und ist weit unter dem Grenzwert von 32 mm.

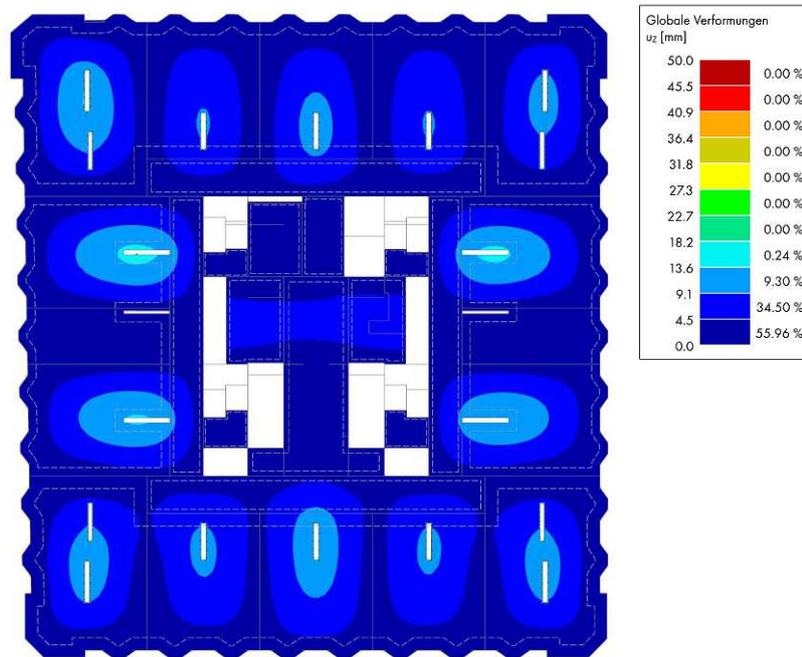


Abb. 4.40: GZG - Bestand (2,80kN/m²) uz

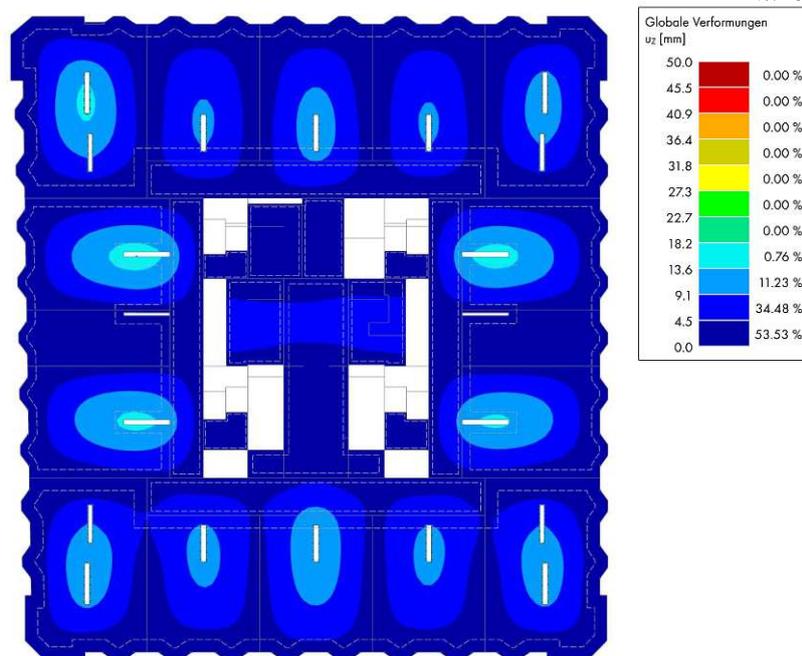


Abb. 4.41: GZG - NL4 (4,80kN/m²) uz

4.5.3 Langzeitverformung Decke über 1. OG:

Die maximal auftretende Durchbiegung in z-Richtung tritt im Feldbereich im Punkt B/11 auf, beträgt bei einer Nutzlasthöhung 18,7 mm und ist weit unter dem Grenzwert von 32 mm.

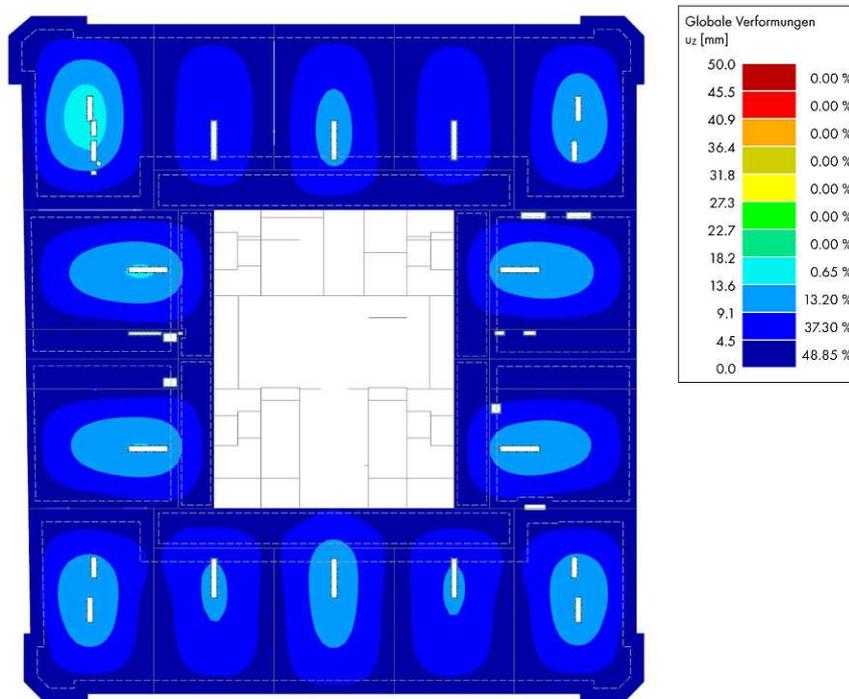


Abb. 4.42: GZG - Bestand ($2,80\text{kN/m}^2$) uz

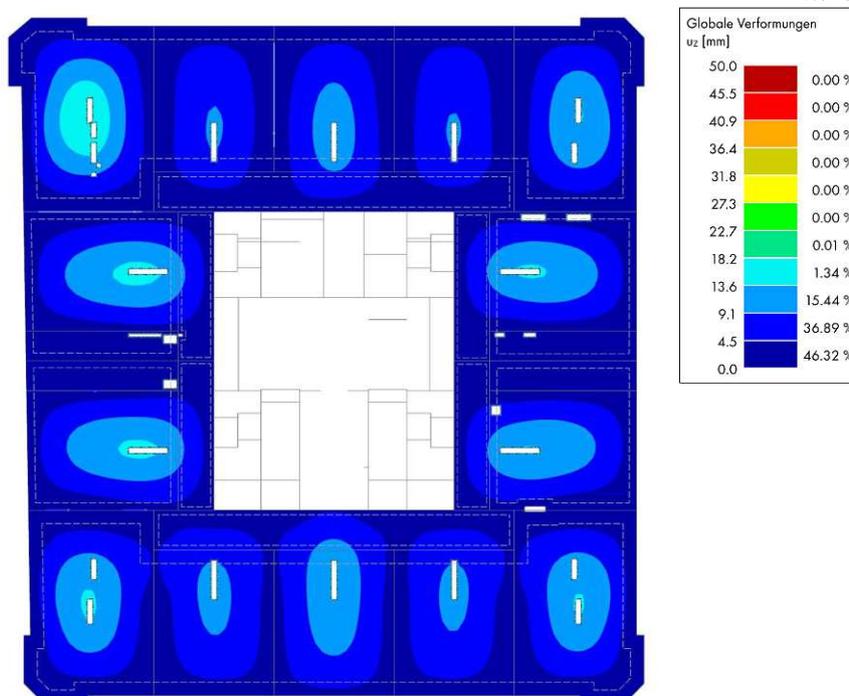


Abb. 4.43: GZG - NL4 ($4,80\text{kN/m}^2$) uz

4.5.4 Langzeitverformung Decke über EG:

Die maximal auftretende Durchbiegung in z-Richtung tritt im Feldbereich im Punkt J/8 auf. Diese, im Vergleich zu den anderen Decken, hohe Durchbiegung wird durch die versetzten Stützen I/6 und I/7, die sich daraus ergebende größere Spannweite verursacht. Dies Durchbiegung beträgt bei einer Nutzlasterrhöhung 20,2 mm und ist ebenfalls weit unter dem Grenzwert von 32 mm.

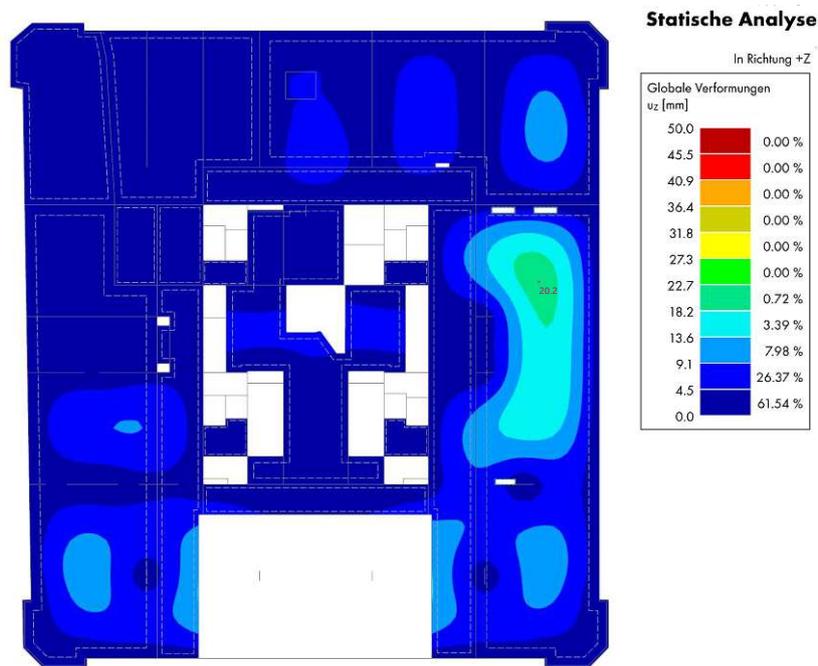


Abb. 4.44: GZG - Bestand ($2,80\text{kN/m}^2$) uz

4.6 Biegemomente m_x und m_y in der Deckenplatte über 2. OG

Zur Veranschaulichung der Auswirkung der Nutzlasterrhöhung wurden die Biegemomente der Decke über 2. Obergeschoss ermittelt, sie dienen der Kontrolle und der Abschätzung, ob Ertüchtigungsmaßnahmen notwendig beziehungsweise möglich sind. Die maximalen Feldmomente treten im Feld an den Ecken der Deckendurchbrüche auf und betragen etwa 70 kNm nach Nutzlasterrhöhung. Die maximalen Stützmomente treten über den Schottenwänden auf und betragen etwa 100 kNm nach Nutzlasterrhöhung. Die grafische Darstellung der Biegemomente ist in Abb. 4.45 bis 4.48 zu sehen.

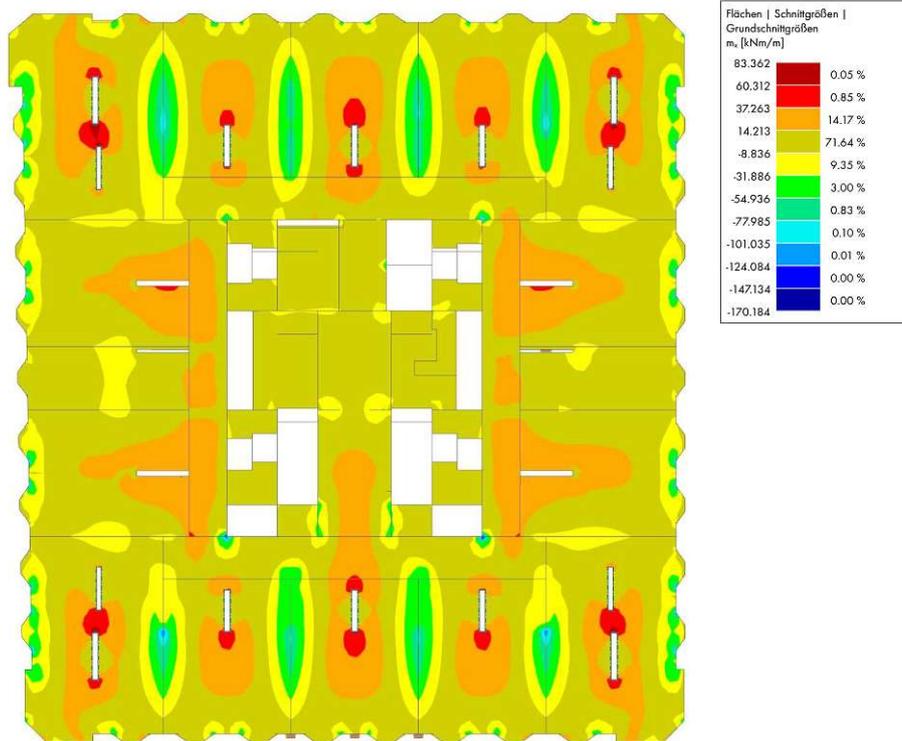


Abb. 4.45: GZT - Bestand (2,80kN/m²) m_x

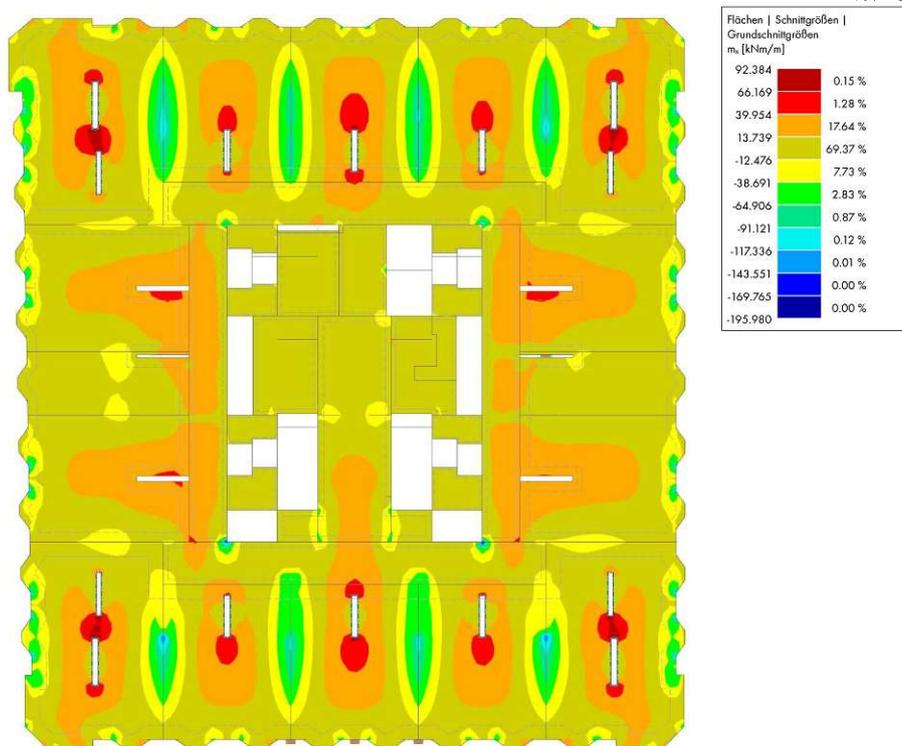


Abb. 4.46: GZT - NL4 (4,80kN/m²) m_x

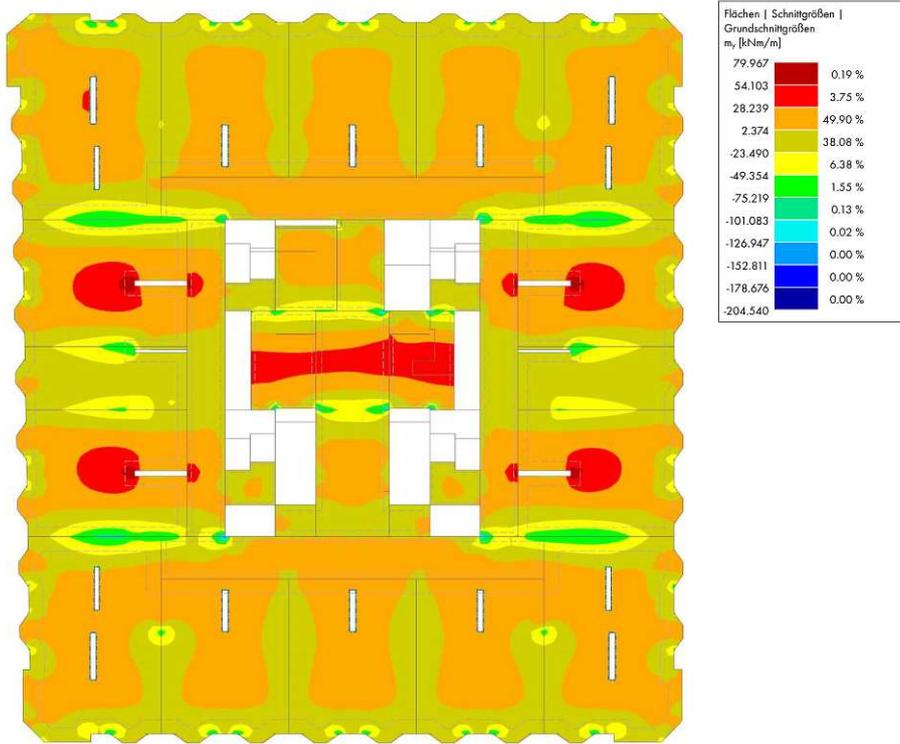


Abb. 4.47: GZT - Bestand (2,80kN/m²) m_y

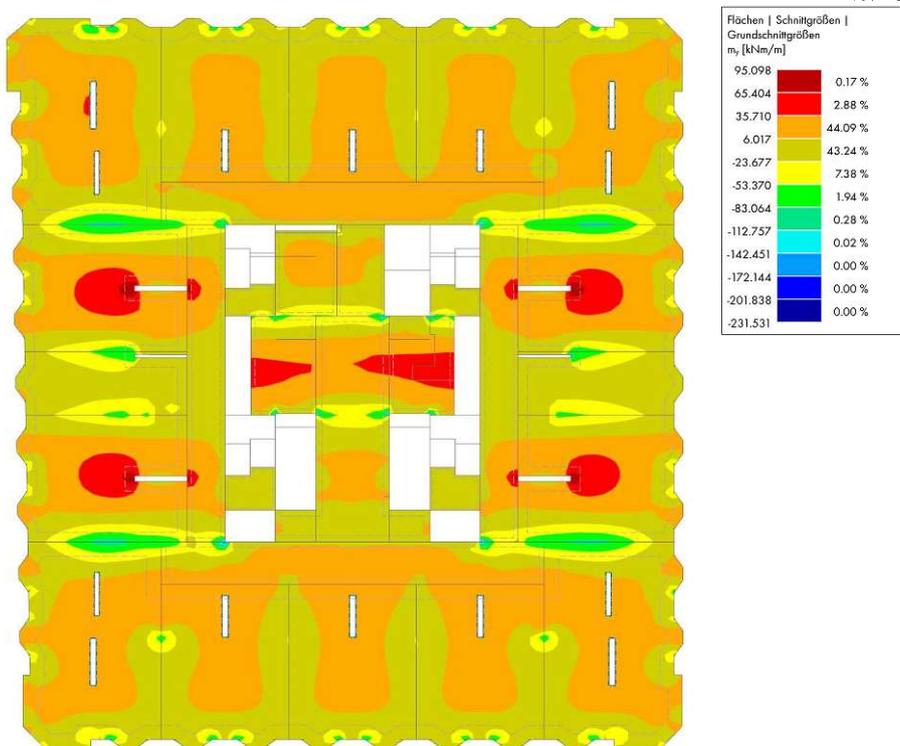


Abb. 4.48: GZT - NL4 (4,80kN/m²) m_y

4.7 Normalkraft n_x der Wände im EG

Die Wände im Erdgeschoss werden überwiegend vertikal durch die Wände und Decken in den darüber liegenden Geschossen belastet. Durch eine Erhöhung der Nutzlast wird die Belastung der Wände im Erdgeschoss erhöht. Die Normalkraft der Außenwände beträgt maximal etwa 2370 kN/m, die Normalkraft der Kernwände ist etwas geringer und beträgt etwa 1700 kN/m. Die grafische Darstellung der Auslastung ist in Abb. 4.49 bis 4.50 zu sehen.

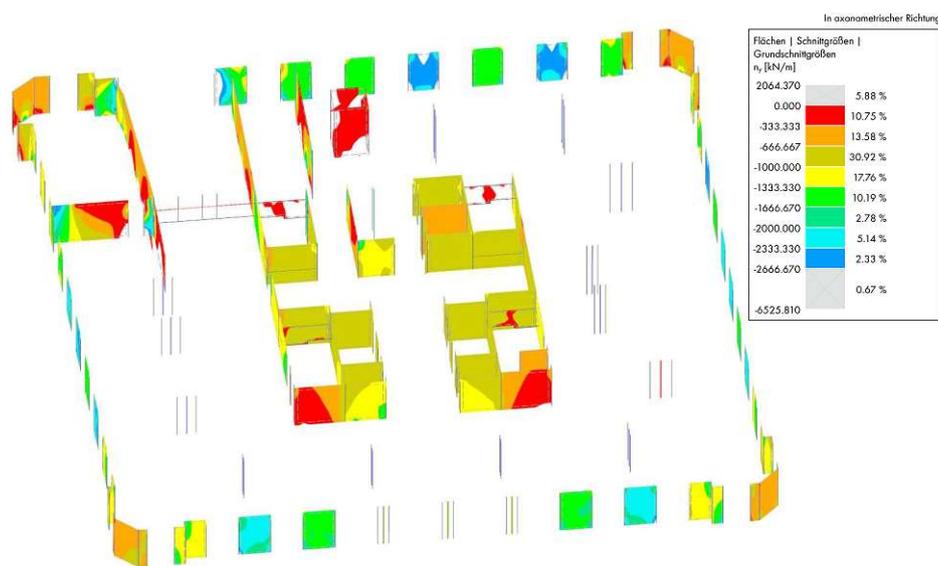


Abb. 4.49: GZT - Bestand ($2,80\text{kN/m}^2$) n_x

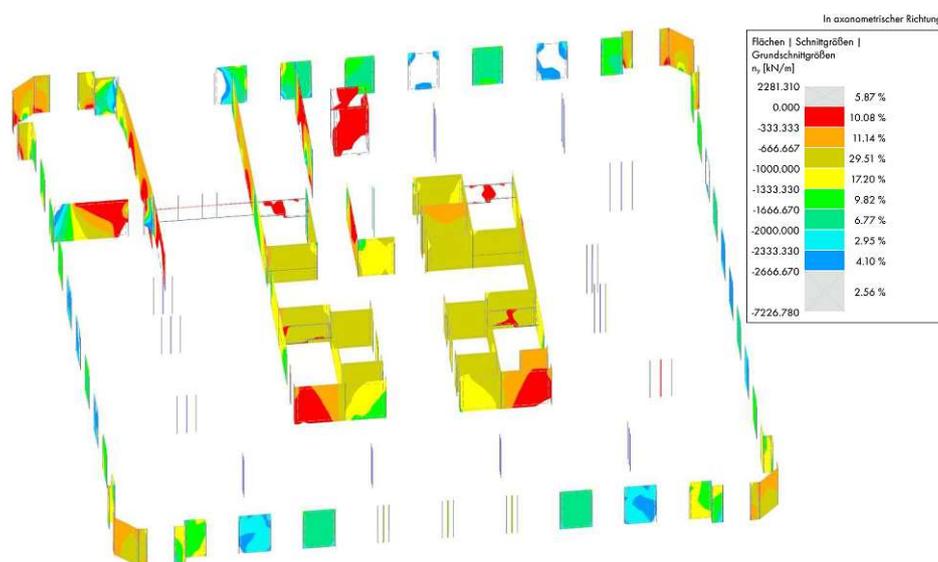


Abb. 4.50: GZT - NL4 ($4,80\text{kN/m}^2$) n_x

4.8 Normalkraft N_x der Stützen im EG

Die Stützen im Erdgeschoss erfahren ebenso wie die Wände im Erdgeschoss überwiegend eine vertikale Belastung durch die Wände und Decken in den darüber liegenden Geschossen. Durch eine Erhöhung der Nutzlast wird die Belastung der Stützen im Erdgeschoss ebenfalls erhöht und die dadurch höheren Normalkräfte im folgenden gezeigt. Das die Stützenquerschnitte und deren Bewehrung variieren, sind zwei Gesamtansichten der Normalkräfte durch die bestehende Belastung und durch die maximal erhöhte Nutzlast der Nutzlaststufe 4 in den Abbildungen Abb. 4.51 bis 4.52 abgebildet.

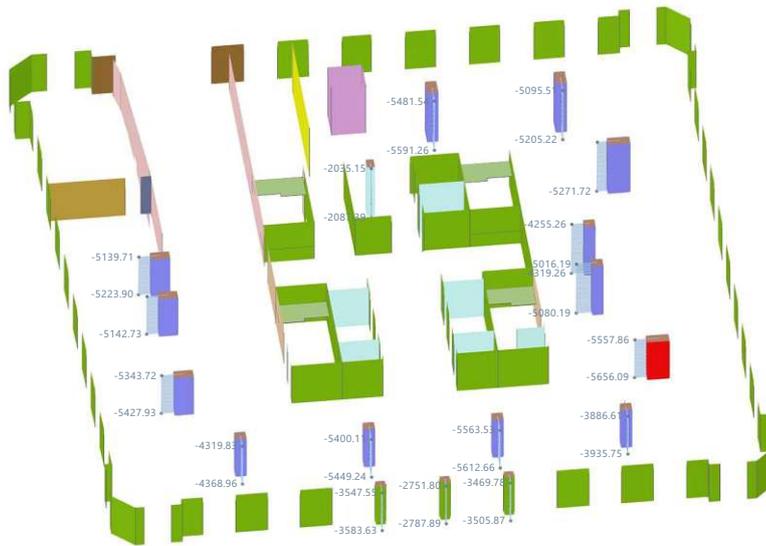


Abb. 4.51: GZT - Bestand (2,80kN/m²) N_x

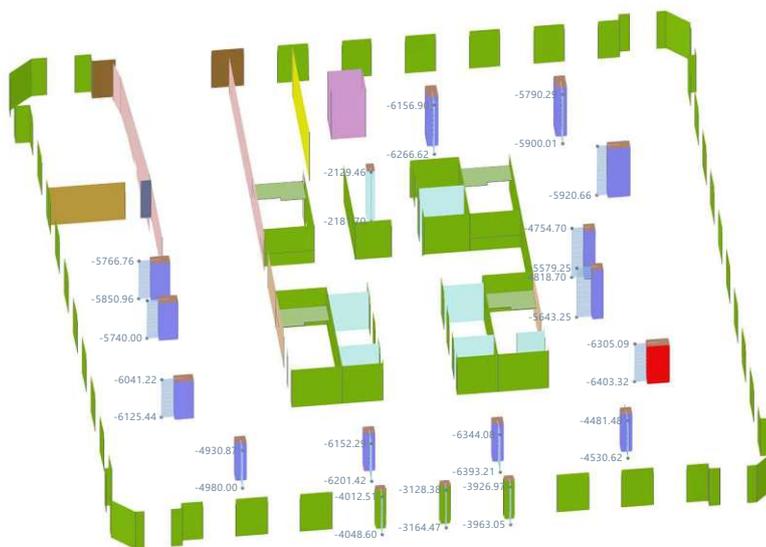


Abb. 4.52: GZT - NL4 (4,80kN/m²) N_x

Kapitel 5

Auswertung & Schlussfolgerung

Im Zuge der Gebäudeanalyse und der anschließenden Nutzlasterhöhung werden die Kapazitätsreserven des Gebäudes ermittelt und potentielle Schwachstellen identifiziert. Zudem wird auf Unsicherheiten sowie Besonderheiten im Bestand und in der Berechnung hingewiesen. Die Detailergebnisse werden im folgenden Kapitel präsentiert und in der Schlussfolgerung zusammengefasst. Anzumerken ist, dass die Auswertung der Ergebnisse an repräsentativen Stellen, wie zum Beispiel in Stütz- und Feldbereichen, erfolgt ist. Ungünstige lokale Umlagerungen und lokale Spannungsspitzen wurden gleichermaßen vernachlässigt.

5.1 Auswertung Decke über 8. Obergeschoss

Struktur:

Die Decke über dem 8. Obergeschoss hat eine Dicke von 30 cm und wurde in der Betongüte B400, sowie der Bewehrungsstahlgüte Bst 550 hergestellt. Die Decke wirkt als Durchlaufträger zwischen den Schottenwänden mit Spannweiten von 4,00 bis 8,00 m und liegt auf den Außenwänden beziehungsweise auf den Außenstützen auf.

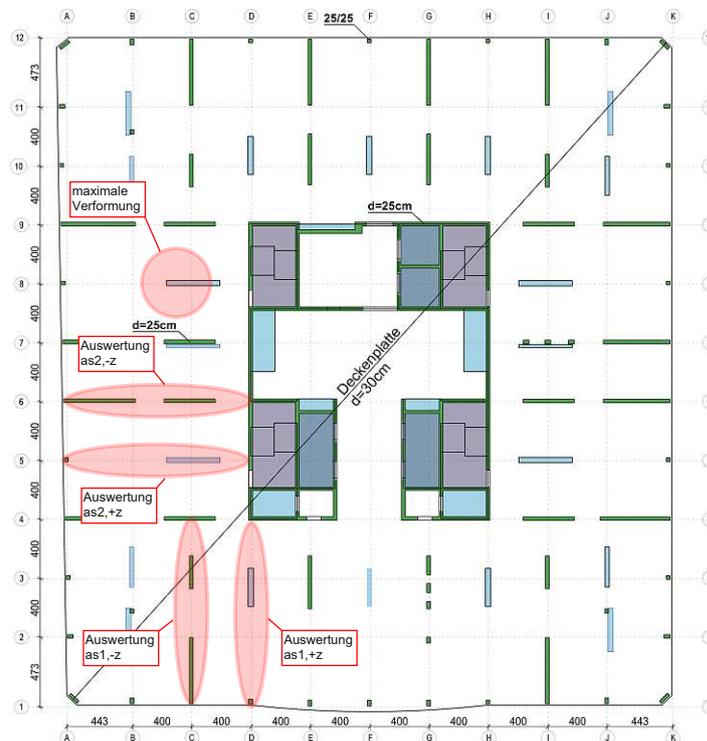


Abb. 5.1: Nachweisstellen Decke über 8. OG

Belastung:

Die Decke wird durch eine Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$, zusätzlich zum Eigengewicht, und den Nutzlasten in den Laststufen je 50 kg/m^2 von 280 bis $4,80 \text{ kN/m}^2$ belastet. Zusätzlich springt die Außenwand im 9. Obergeschoss um etwa 2 m nach innen, weshalb es zu einer zusätzlichen Last durch die Außenwand und dem Dach kommt, welche als Stahlleichtbau ausgeführt wurden.

Auswertung:

Die Auslastung der Decke im Grenzzustand der Tragfähigkeit wurde in den repräsentativen Stütz- und Feldbereichen im Raster C/1-3, A-C/6, A-C/5 und D/1-3 untersucht, diese sind in Abb. 5.1 dargestellt. Die maximale Auslastung beträgt im bestehenden Nutzlastfall mit $2,80 \text{ kN/m}^2$ etwa 70 Prozent, bei einer Erhöhung der Nutzlast um 200 kg/m^2 auf insgesamt $4,80 \text{ kN/m}^2$ wird eine maximale Auslastung von etwa 90 Prozent im Feldbereich erreicht. Die Decke ist somit unter der Beibehaltung der Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$ und der Nutzlast von $4,80 \text{ kN/m}^2$ ausreichend tragfähig. Die grafische Auswertung der Auslastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in Abb.5.3 zu sehen.

Die Auslastung der Decke im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wurde im repräsentativen Feldbereich im Raster C/8 untersucht. Die maximale Langzeitverformung beträgt im bestehenden Nutzlastfall mit $2,80 \text{ kN/m}^2$ etwa $8,9 \text{ mm}$. Bis zu einer Erhöhung von 200 kg/m^2 auf insgesamt $4,80 \text{ kN/m}^2$ wird eine Langzeitverformung von $12,7 \text{ mm}$ erreicht. Die maximal zulässige Langzeitverformung von 32 mm wird somit nicht erreicht und es treten keine übermäßigen Langzeitverformungen auf. Die grafische Auswertung der Langzeitverformung ist in Abb.5.4 zu sehen.

Eine Übersicht der Einzelergebnisse der Bewehrungsstäbe abhängig von Lage, Richtung und Laststufe ist in Abb.5.2 zu sehen.

Anmerkungen:

Da die Decke neben den Schottenwänden auch auf den Außenstützen gelagert ist, wurde ein Durchstanznachweis geführt, dieser ist im Abschnitt 5.7 ersichtlich.

Auslastung und Verformung Decke über 8.OG

Laststufe	$a_{s1,z}$	$a_{s2,z}$	$a_{s1,+z}$	$a_{s2,+z}$	u_z
Bestand (280 kg/m^2)	60%	60%	70%	70%	12,0 mm
+ 50 kg/m^2	65%	65%	75%	75%	12,2 mm
+ 100 kg/m^2	70%	70%	80%	80%	12,4 mm
+ 150 kg/m^2	75%	75%	85%	85%	12,5 mm
+ 200 kg/m^2	80%	80%	90%	90%	12,7 mm

Abb. 5.2: Decke ü. 8. OG Auslastung und Verformung

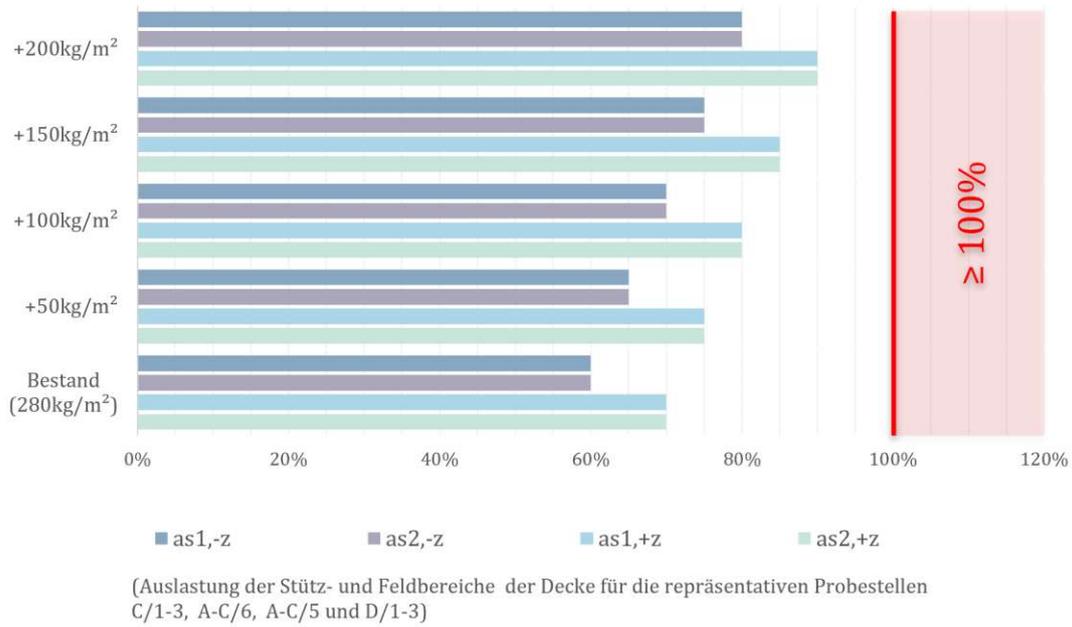


Abb. 5.3: Decke ü. 8. OG Auslastung

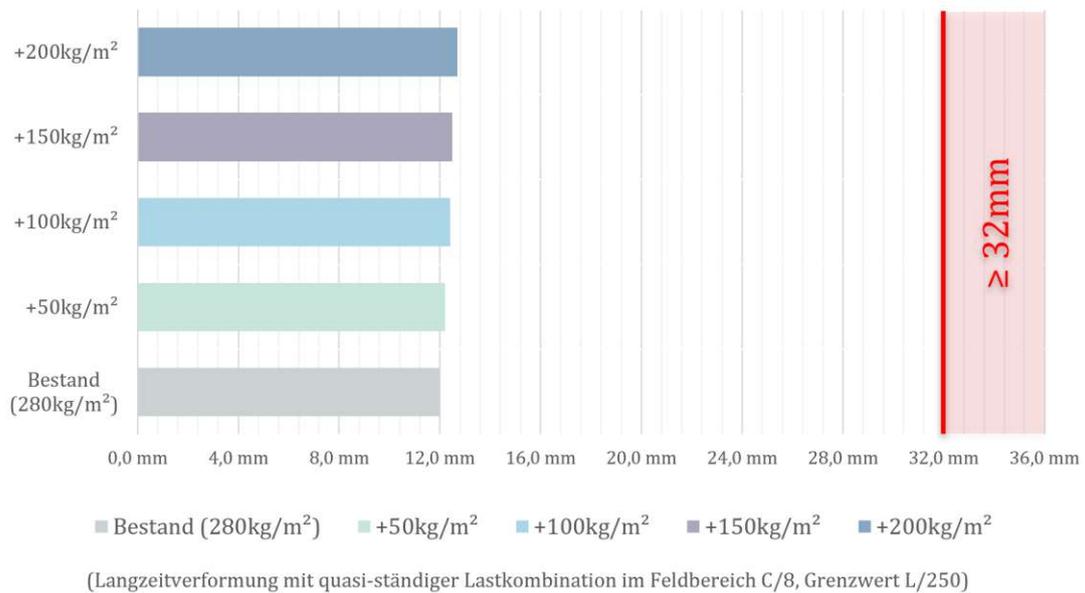


Abb. 5.4: Decke ü. 8. OG Verformung

5.2 Auswertung Decke über 2. Obergeschoss

Struktur:

Die Decke über dem 2. Obergeschoss hat eine Dicke von 27 cm und wurde in der Betongüte B400 sowie der Bewehrungsstahlgüte Bst 550 ausgeführt. Die Decke wirkt als Durchlaufträger zwischen den Schottenwänden mit Spannweiten von 4,00 bis 8,00 m.

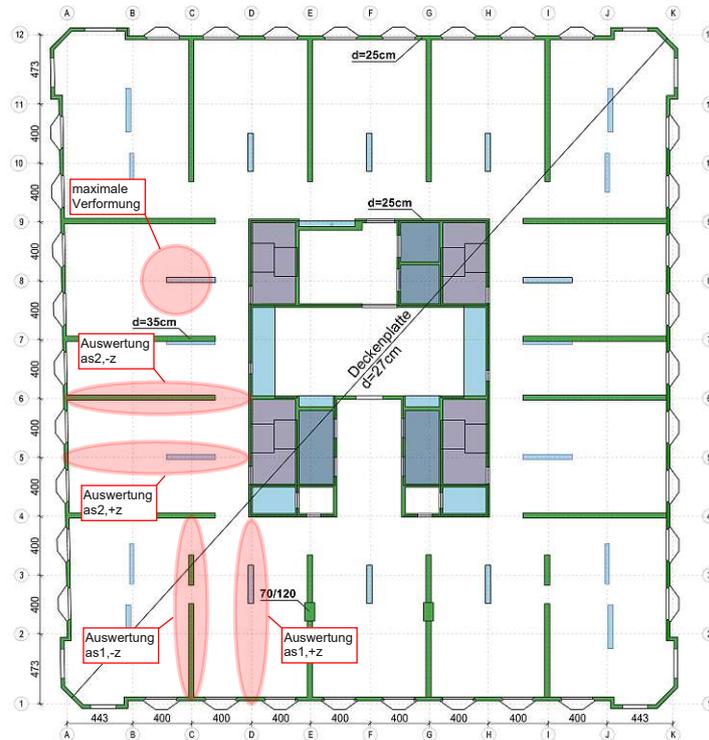


Abb. 5.5: Nachweisstellen Decke über 2. OG

Belastung:

Die Decke wird durch eine Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$, zusätzlich zum Eigengewicht, und den Nutzlasten in den Laststufen je 50 kg/m^2 von 280 bis $4,80 \text{ kN/m}^2$ belastet.

Auswertung:

Die Auslastung der Decke im Grenzzustand der Tragfähigkeit wurde in den repräsentativen Stütz- und Feldbereichen im Raster C/1-3, A-C/6, A-C/5 und D/1-3 untersucht, diese sind in Abb. 5.5 dargestellt. Die maximale Auslastung beträgt im bestehenden Nutzlastfall mit $2,80 \text{ kN/m}^2$ etwa 80 Prozent, eine Auslastung von 100 Prozent wird bei einer Erhöhung von 150 kg/m^2 auf insgesamt $4,30 \text{ kN/m}^2$ erreicht. Die Decke ist somit bis zu einer maximalen Nutzlast von $4,30 \text{ kN/m}^2$ und der Beibehaltung der Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$ ausreichend tragfähig. Die grafische Auswertung der Auslastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in Abb.5.7 zu sehen.

Die Auslastung der Decke im Grenzzustand der Gebrauchtauglichkeit wurde im repräsentativen Feldbereich im Raster C/8 untersucht. Im bestehenden Nutzlastfall mit $2,80 \text{ kN/m}^2$ beträgt die maximale Langzeitverformung etwa $15,2 \text{ mm}$. Bei einer Erhöhung von 200 kg/m^2 auf insgesamt $4,80 \text{ kN/m}^2$ wird eine Langzeitverformung von $16,1 \text{ mm}$ erreicht. Maximal zulässig ist eine Langzeitverformung von 32 mm , somit treten keine übermäßigen Langzeitverformungen auf. Die grafische Auswertung der Langzeitverformung ist in Abb.5.8 zu sehen.

Eine Übersicht der Einzelergebnisse der Bewehrungsstäbe abhängig von Lage, Richtung und Laststufe ist in Abb.5.6 zu sehen. Zu erkennen ist, dass bei der Planung des Gebäudes die

Bewehrung in beiden Spannrichtungen bereits optimal aufeinander abgestimmt wurde und somit die gleiche Auslastung aufweist.

Anmerkungen:

Untersucht wurde die Tragfähigkeit der Decke mit reinem elastizitätstheoretischen Tragwerksverhalten. Zusätzliche Tragfähigkeitsreserven können, falls notwendig, bei einer realitätsnäheren Berechnung mit der Fließgelenktheorie und dem Ausbilden von plastischen Mechanismen erreicht werden. Zusätzliche Dehnungen und Verkrümmungen müssen im Bereich des plastischen Momentes dabei jedoch hingenommen werden. Es kann ebenso zu Rissen und zusätzlichen Durchbiegungen kommen, was im vorliegenden Fall hingenommen werden kann, wobei darauf Bedacht genommen werden muss, dass sich die Decken bei erhöhter Durchbiegung nicht auf den Zwischenwänden auflagern, da es in den Zwischenwänden zu Schubrisen kommen kann.

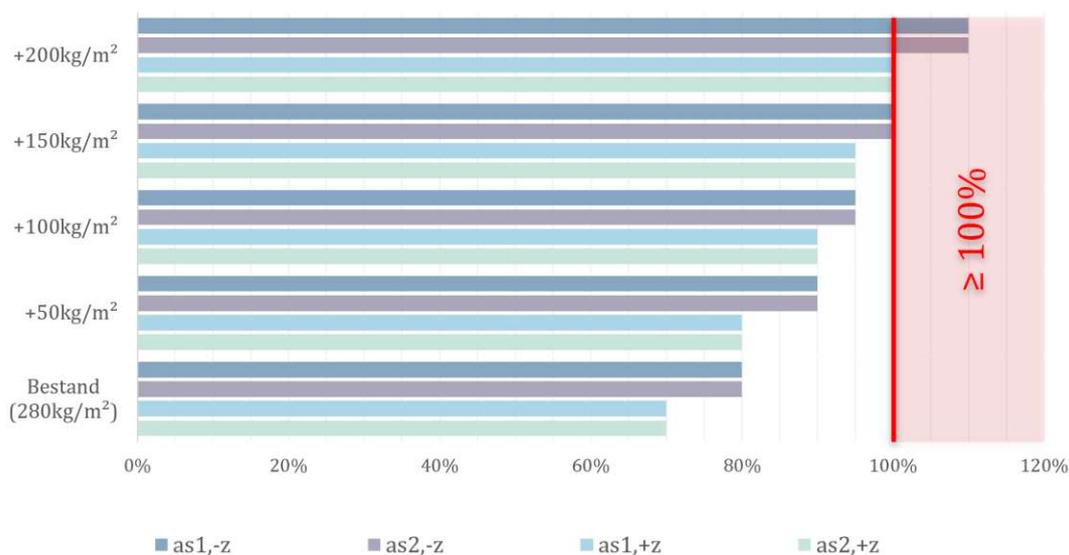
Schnittkräfte:

Zur Kontrolle und zur Abschätzung der Tragfähigkeit, bei etwaigen Umbauten sind die Biegemomente und Querkäfte in den Abb. 5.9 bis 5.11, abhängig von der Laststufe im Grenzzustand der Tragfähigkeit dargestellt. Es wurden die kritischen Punkte an den Wandenden der Schottenwände untersucht, die auftretenden Querkäfte sind in jedem Fall geringer als die zulässige Querkraft von 90 kN/m.

Auslastung und Verformung Decke über 2.OG

Laststufe	$a_{s1,-z}$	$a_{s2,-z}$	$a_{s1,+z}$	$a_{s2,+z}$	u_z
Bestand (280kg/m ²)	80%	80%	70%	70%	15,2 mm
+50kg/m ²	90%	90%	80%	80%	15,4 mm
+100kg/m ²	95%	95%	90%	90%	15,6 mm
+150kg/m ²	100%	100%	95%	95%	15,9 mm
+200kg/m ²	110%	110%	100%	100%	16,1 mm

Abb. 5.6: Decke ü. 2. OG Auslastung und Verformung



(Auslastung der Stütz- und Feldbereiche der Decke für die repräsentativen Probestellen C/1-3, A-C/6, A-C/5 und D/1-3)

Abb. 5.7: Decke ü. 2. OG Auslastung

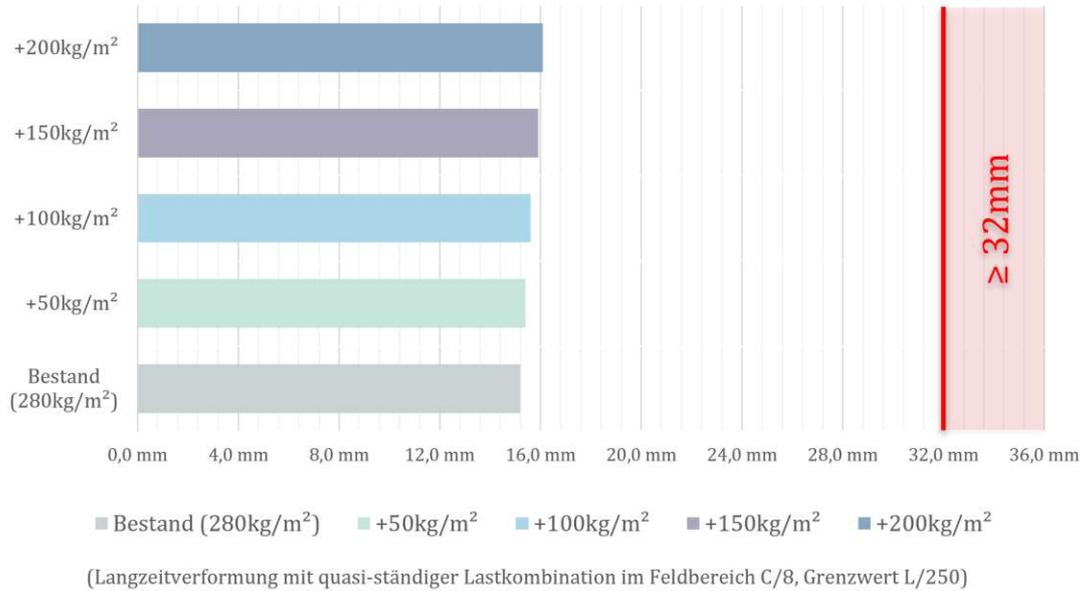


Abb. 5.8: Decke ü. 2. OG Verformung

Biegemomente und Querkraft Decke über 2.OG

Laststufe	$m_{x,\text{Feld}}$	$m_{y,\text{Feld}}$	$m_{x,\text{Stütz}}$	$m_{y,\text{Stütz}}$	v_x	v_y
Bestand (280kg/m ²)	50 kNm/m	50 kNm/m	80 kNm/m	75 kNm/m	35 kN/m	35 kN/m
+50kg/m ²	55 kNm/m	55 kNm/m	85 kNm/m	80 kNm/m	40 kN/m	40 kN/m
+100kg/m ²	60 kNm/m	60 kNm/m	90 kNm/m	85 kNm/m	50 kN/m	50 kN/m
+150kg/m ²	65 kNm/m	65 kNm/m	95 kNm/m	90 kNm/m	60 kN/m	60 kN/m
+200kg/m ²	70 kNm/m	70 kNm/m	100 kNm/m	95 kNm/m	70 kN/m	70 kN/m

Abb. 5.9: Decke ü. 2. OG Biegemomente und Querkräfte

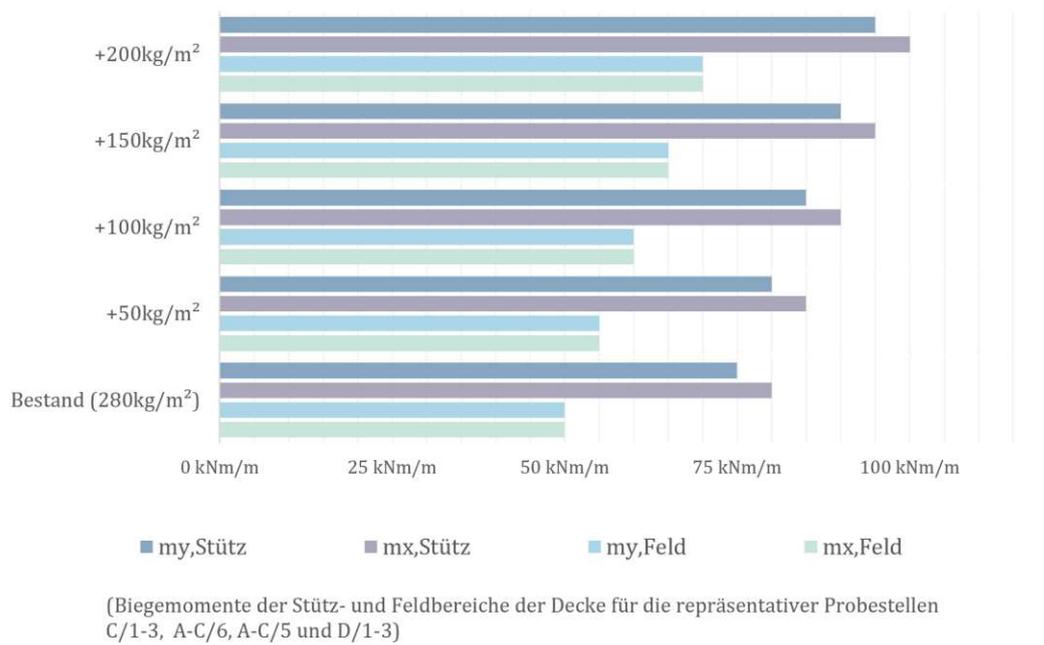


Abb. 5.10: Decke ü. 2. OG Biegemomente

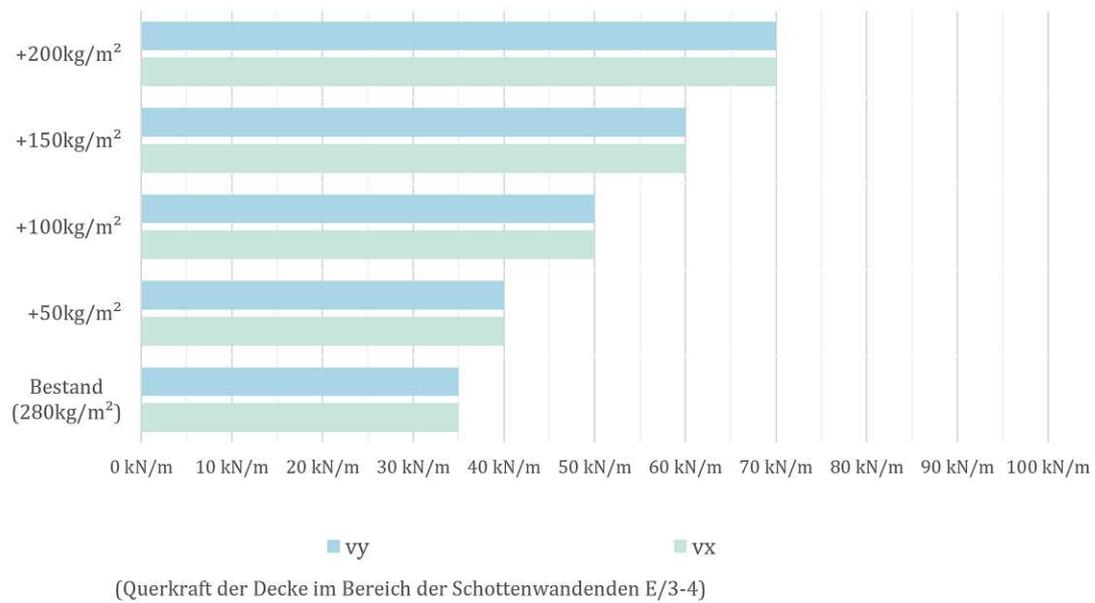


Abb. 5.11: Decke ü. 2. OG Querkräfte

5.3 Auswertung Decke über 1. Obergeschoss

Struktur:

Die Decke über dem 1. Obergeschoss hat eine Dicke von 27 cm und wurde in der Betongüte B400 sowie der Bewehrungsstahlgüte Bst 550 ausgeführt. Die Decke wirkt als Durchlaufträger zwischen den Schottenwänden mit Spannweiten von 4,00 bis 8,00 m. Im Bereich der Lobby wird die Decke ebenso auf Stützen gelagert.

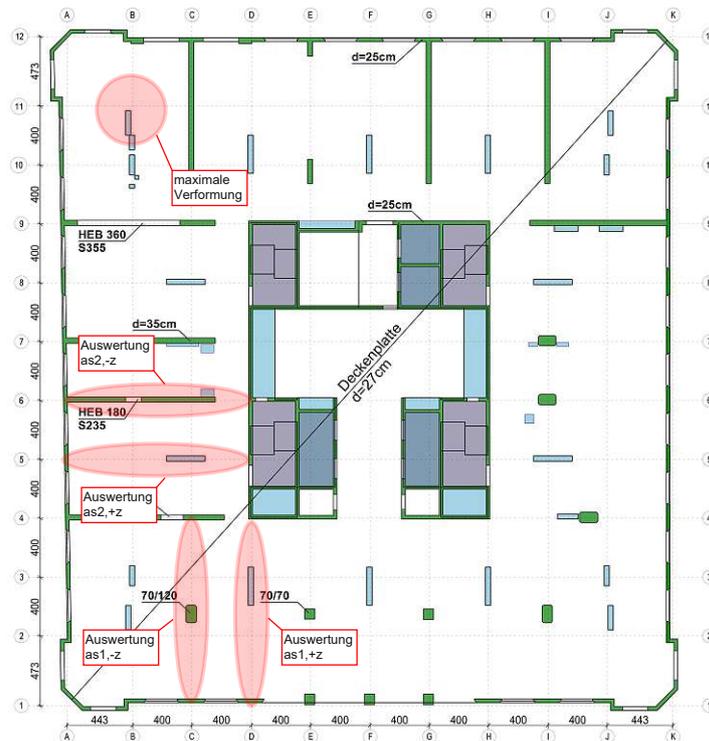


Abb. 5.12: Nachweisstellen Decke über 1. OG

Belastung:

Die Decke wird durch eine Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$, zusätzlich zum Eigengewicht, und den Nutzlasten in den Laststufen je 50 kg/m^2 von 280 bis $4,80 \text{ kN/m}^2$ belastet.

Auswertung:

Die Auslastung der Decke im Grenzzustand der Tragfähigkeit wurde in den repräsentativen Stütz- und Feldbereichen im Raster C/1-3, A-C/6, A-C/5 und D/1-3 untersucht, diese sind in Abb. 5.12 dargestellt. Die maximale auftretende Auslastung beträgt im bestehenden Nutzlastfall mit $2,80 \text{ kN/m}^2$ etwa 100 Prozent, bei einer Erhöhung von 200 kg/m^2 auf insgesamt $4,80 \text{ kN/m}^2$ beträgt die Auslastung etwa 180 Prozent. Die Decke ist somit bei der bestehenden Nutzlast von $2,80 \text{ kN/m}^2$ und der Beibehaltung der Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$ ausreichend tragfähig. Eine weitere Erhöhung der Nutzlast ist ohne Kompensationsmaßnahmen nicht möglich. Die grafische Auswertung der Auslastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in Abb.5.14 zu sehen.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wurde die Auslastung im repräsentativen Feldbereich im Raster B/11 untersucht. Die maximale Langzeitverformung beträgt im bestehenden Nutzlastfall mit $2,80 \text{ kN/m}^2$ etwa $17,5 \text{ mm}$. Bis zu einer Erhöhung von 200 kg/m^2 auf insgesamt $4,80 \text{ kN/m}^2$ wird eine Langzeitverformung von $18,7 \text{ mm}$ erreicht. Die maximal zulässige Langzeitverformung von 32 mm wird somit nicht erreicht und es treten keine übermäßigen

Langzeitverformung auf. Die grafische Auswertung der Langzeitverformung ist in Abb.5.15 zu sehen.

Eine Übersicht der Einzelergebnisse der Bewehrungsstäbe abhängig von Lage, Richtung und Laststufe ist in Abb.5.13 zu sehen.

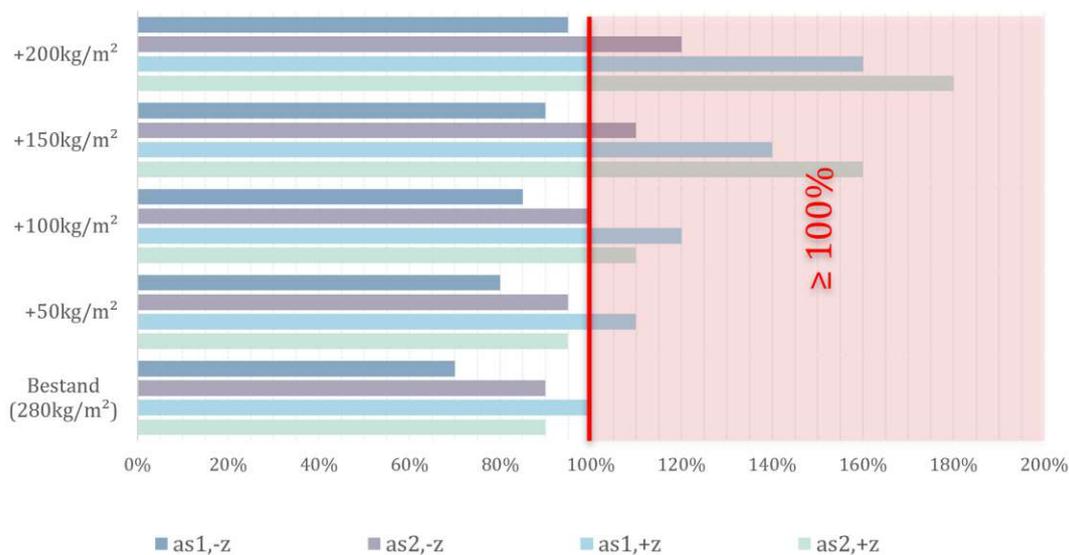
Anmerkungen:

Die maximal zulässige Auslastung wird bereits in der unteren Bewehrung $a_{s1,+z}$ und $a_{s2,+z}$ im Feldbereich um die Stützen herum erreicht. Eine Ertüchtigung des Bereichs kann beispielsweise durch das Aufbringen von zusätzlicher Biegebewehrung in Form von Memory®-steel (2.6.4) erfolgen. Dies würde eine Nutzlasterhöhung im betroffenen Bereich von zusätzlich 50 kg/m² auf insgesamt 3,30 kN/m² ermöglichen. In der nächsten Laststufe wird die zulässige Auslastung in der zweiten unteren Bewehrungslage $a_{s2,+z}$ im Feldbereich um die Stützen herum erreicht. Eine Ertüchtigung würde eine Nutzlasterhöhung im betroffenen Bereich von noch einmal zusätzlich 50 kg/m² auf insgesamt 3,80 kN/m² ermöglichen. Die restlichen Deckenbereiche, welche gleichmäßig auf den Schottenwänden gelagert sind und der Struktur der Decke über 2. Obergeschoss entsprechen, weisen eine ähnliche Tragfähigkeit wie die Decke über 2. Obergeschoss auf. Dies entspricht einer Nutzlast von insgesamt 4,30 kN/m².

Auslastung und Verformung Decke über 1.OG

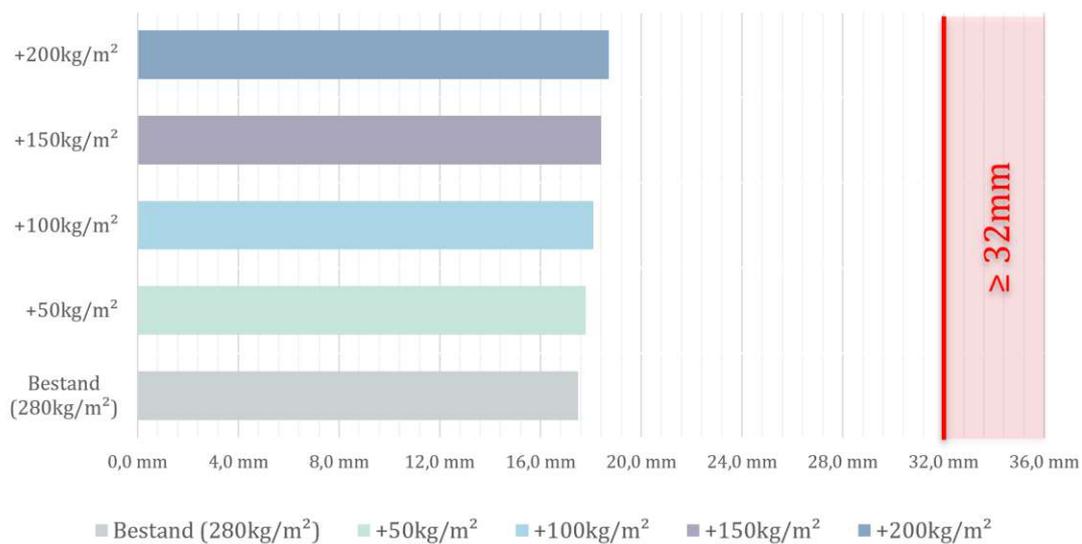
Laststufe	$a_{s1,-z}$	$a_{s2,-z}$	$a_{s1,+z}$	$a_{s2,+z}$	u_z
Bestand (280kg/m ²)	70%	90%	100%	90%	17,5 mm
+50kg/m ²	80%	95%	110%	95%	17,8 mm
+100kg/m ²	85%	100%	120%	110%	18,1 mm
+150kg/m ²	90%	110%	140%	160%	18,4 mm
+200kg/m ²	95%	120%	160%	180%	18,7 mm

Abb. 5.13: Decke ü. 1. OG Auslastung und Verformung



(Auslastung der Stütz- und Feldbereiche der Decke für die repräsentativen Probestellen C/1-3, A-C/6, A-C/5 und D/1-3)

Abb. 5.14: Decke ü. 1. OG Auslastung



(Langzeitverformung mit quasi-ständiger Lastkombination im Feldbereich B/11, Grenzwert L/250)

Abb. 5.15: Decke ü. 1. OG Verformung

5.4 Auswertung Decke über Erdgeschoss

Struktur:

Die Decke über dem Erdgeschoss hat eine Dicke von 30 cm und wurde in der Betongüte B400 sowie der Bewehrungsstahlgüte Bst 550 ausgeführt. Die Decke ist auf den Außenwänden, den Kernwänden und den Innenstützen aufgelagert, die Spannweiten variieren ebenfalls zwischen 4,00 und 8,00 m.

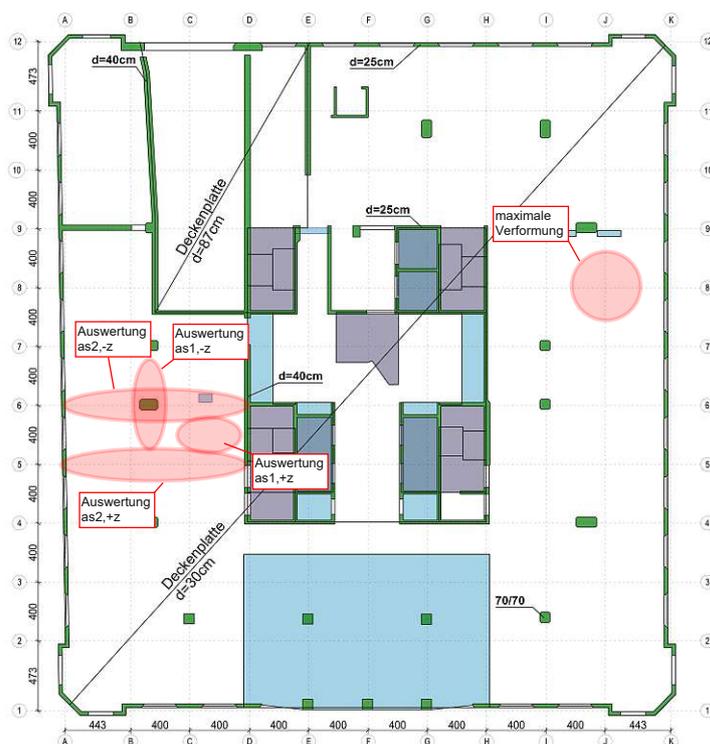


Abb. 5.16: Nachweisstellen Decke über EG

Belastung:

Die Decke wird durch eine Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$, zusätzlich zum Eigengewicht belastet. Die Nutzlast beträgt laut bestehender Nutzung $4,00 \text{ kN/m}^2$, auf Grund der hohen Belastung wird auf eine weitere Laststeigerung verzichtet und es wird nur der Bestand nachgerechnet.

Auswertung:

Die Auslastung der Decke im Grenzzustand der Tragfähigkeit wurde in den repräsentativen Stütz- und Feldbereichen im Raster A-D/6 und A-D/5 untersucht, diese sind in Abb. 5.16 dargestellt. Die maximale Auslastung beträgt im Nutzlastfall mit $4,00 \text{ kN/m}^2$ etwa 140 Prozent in der oberen Bewehrungslage $a_{s1,-z}$ über der Stütze. Die Folge der Überlastung ist das Ausbilden eines plastischen Moments und eine gleichzeitige Aktivierung der anschließenden Feldbewehrung. Da die Feldbewehrung eine Auslastung von 40 Prozent aufweist, sind genügend Tragfähigkeitskapazitäten übrig, um das erhöhte Feldmoment aufzunehmen. Von einer weiteren Nutzlasterrhöhung ist abzusehen. Die Decke ist somit bis zu einer maximalen Nutzlast von $4,00 \text{ kN/m}^2$, unter der Beibehaltung der Aufbaulast von $0,54 \text{ kN/m}^2$ und der Aktivierung plastischer Reserven ausreichend tragfähig. Die grafische Auswertung der Auslastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in Abb.5.18 zu sehen.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wurde die Auslastung im repräsentativen Feldbereich im Raster J/8 untersucht. Die maximale Langzeitverformung beträgt im bestehenden

Nutzlastfall mit $4,80 \text{ kN/m}^2$ etwa $20,2 \text{ mm}$, die maximal zulässige Langzeitverformung von 32 mm wird somit nicht erreicht und es treten keine übermäßigen Langzeitverformungen auf. Die grafische Auswertung der Langzeitverformung ist in Abb.5.19 zu sehen.

Eine Übersicht der Einzelergebnisse der Bewehrungsstäbe abhängig von Lage, Richtung und Laststufe ist in Abb.5.17 zu sehen.

Anmerkungen:

Im Bereich 5-6/C-D kommt es zu einer erhöhten Auslastung des Feldbereichs $a_{s1,+z}$ von etwa 150 Prozent (siehe Abb. 4.26). Grund dafür ist die Wand im 1. Obergeschoss, auf der Achse Achse A-C/4, welche aufgrund seiner hohen Quer- und Längsbewehrung (DM16/20) als wandartiger Träger fungieren dürfte. Die Eigenschaften eines wandartigen Trägers dürften jedoch im Zuge eines Türdurchbruchs mit gleichzeitiger Trennung der Querbewehrung bei einem Umbau verloren gegangen sein. Dadurch liegt das Reststück der Wand nur mehr auf der Decke über EG anstatt auf der Stütze. Aus dieser zusätzlichen Belastung der Decke resultiert die hohe Auslastung in diesem Feldbereich. Da der Türdurchbruch jedenfalls Kompensationsmaßnahmen erfordert, wird im folgenden davon ausgegangen, dass diese auch getroffen wurden, da die Decke ansonsten nicht ausreichend tragfähig wäre. Die Auslastung für diesen Bereich wird daher aufgrund des Bestandes mit 100 Prozent angenommen. Zusätzlich kommt es im Bereich der Stütze I/2 zu einem Durchstanzproblem, welches im Abschnitt 5.7 behandelt wird.

Tragfähigkeit Decke über Rampe:

In der Decke über Erdgeschoss wird der Bereich B-D/9-12 durch eine Auswechslung besonders belastet. Die Wände in der Achse C in den Obergeschossen werden durch eine 87 cm dicke Stahlbetondecke abgefangen, diese wurde mit einem Beton der Güte B600 hergestellt und wirkt als Einfeldträger. Die ermittelte zulässige Belastung in der Achse C beträgt 1298 kN/m , die maximal einwirkende Belastung beträgt etwa 850 kN . Die Wände sind somit im Grenzzustand der Tragfähigkeit ausreichend tragfähig, und eine Erhöhung der Nutzlast ist möglich.

Auslastung und Verformung Decke über EG

Laststufe	$a_{s1,-z}$	$a_{s2,-z}$	$a_{s1,+z}$	$a_{s2,+z}$	u_z
Bestand (400 kg/m^2)	140%	90%	100%	10%	$20,2 \text{ mm}$

Abb. 5.17: Decke ü. EG Auslastung und Verformung

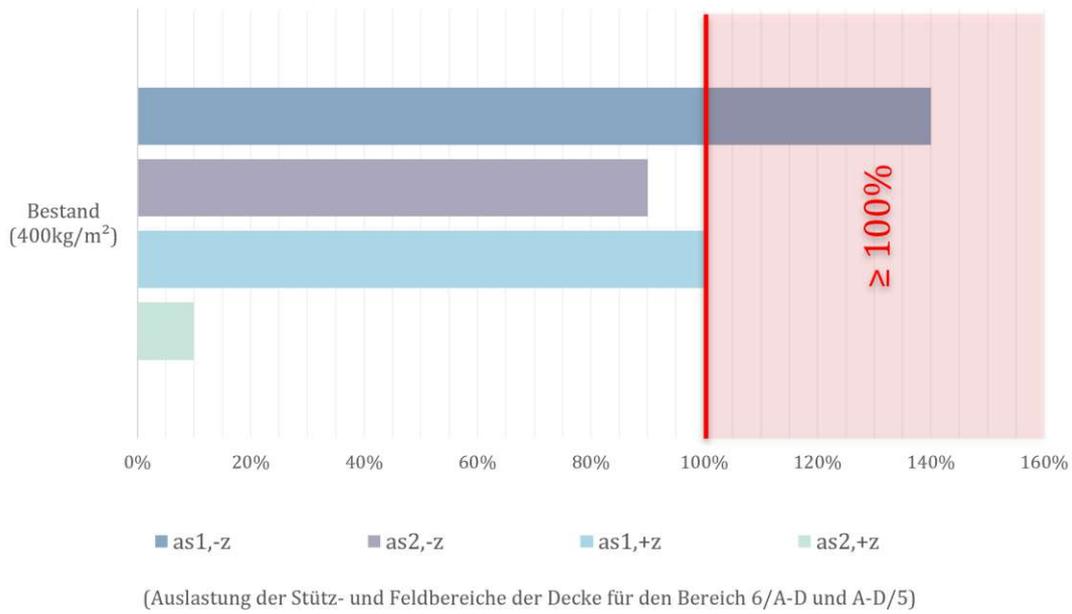


Abb. 5.18: Decke ü. EG Auslastung

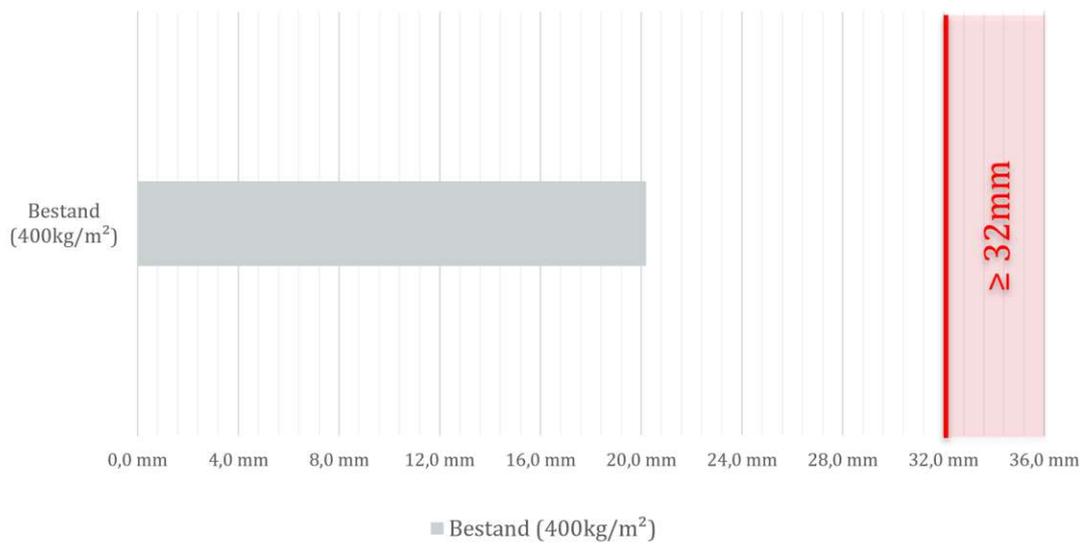


Abb. 5.19: Decke ü. EG Verformung

5.5 Auswertung Wände im Erdgeschoss

Struktur:

Die Wände im Erdgeschoss haben eine Dicke von 25 bis 40 cm, eine Knicklänge von etwa 3,00 m und wurden in der Betongüte B300 sowie der Bewehrungsstahlgüte Bst 550 ausgeführt. Die maßgebenden Bauteile im Bereich der Außenwand und der Kernwände weisen eine Dicke von 25 cm auf, weshalb für diese Bauteile die maximal zulässige Belastung ermittelt und gegenüber gestellt wird.

Belastung:

Die Wände werden durch die darüber liegenden Geschosse belastet, wobei das Eigengewicht der Obergeschosse konstant bleibt und die Nutzlasten der Decken in den Laststufen von je 50 kg/m² von 280 bis 4,80 kN/m² betragen. Die Belastung erfolgt primär durch Druckkräfte in der Bemessungssituation ständig/vorübergehend und durch Schub-, Druck- und Zugkräfte in der seismischen Bemessungssituation.

Auswertung:

Die zulässige, vertikale Druckbelastung der Wände beträgt 3329 kN, die maximal auftretende Belastung beträgt etwa 2370 kN. Die erhöhte Einwirkung durch die Nutzlasterrhöhung kann somit ohne weiteres abgetragen werden.

Anmerkungen:

Im Fall von Umgestaltungsplänen der Fassade ist eine Änderung der Fensterteilung, beziehungsweise Vergrößerung der Fensterflächen nicht möglich. Da die Sturzbewehrung der Fenster nur eine minimale Verankerungslänge hat, welche bei einer Fensterverbreiterung zu sehr reduziert werden würde, die Rostbewehrung der Deckenplatte nicht ausreichend ist und ein Tausch des Sturzes nur sehr schwer möglich wäre, muss die Fensterteilung erhalten bleiben.

Schnittkräfte:

Zur Kontrolle und zur Abschätzung der Tragfähigkeit bei etwaigen Umbauten sind die Normalkräfte in der Abb. 5.20, abhängig von der Laststufe im Grenzzustand der Tragfähigkeit dargestellt. Zur Deckung der vorhandenen Normalkräfte ist lediglich die Mindestbewehrung notwendig.

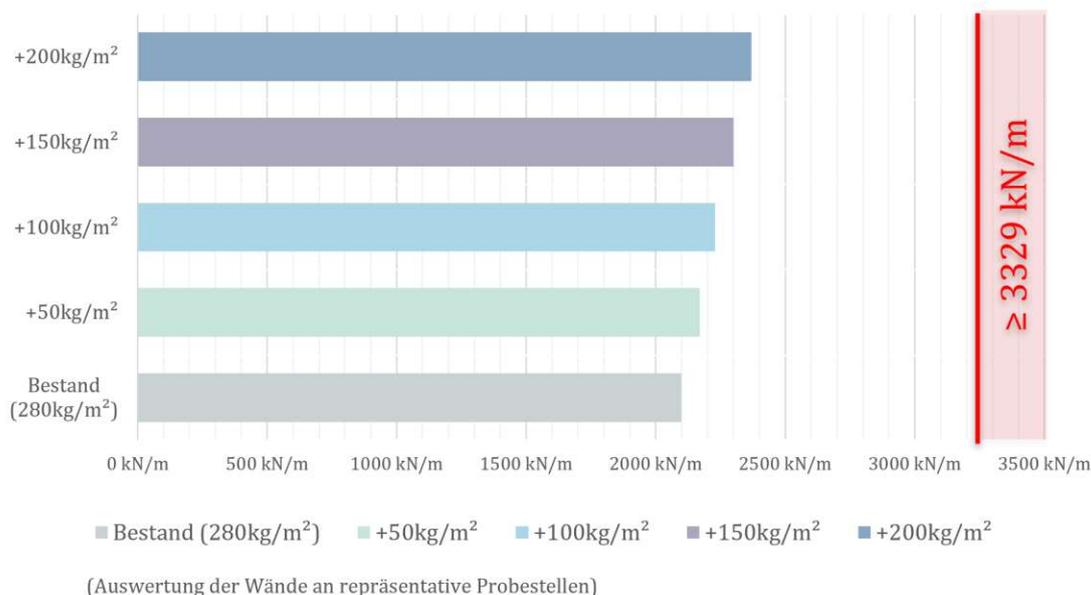


Abb. 5.20: Wände im EG Normalkräfte

5.6 Auswertung Stützen im Erdgeschoss

Struktur:

Die Stützen im Erdgeschoss haben eine Dimension von 70/70 und 70/120 cm, sie haben eine Knicklänge von etwa 3,00 m und wurden in den Betongüten B500 und B600 sowie der Bewehrungsstahlgüte Bst 550 ausgeführt. Die Stützen wurden als Pendelstützen mit Drehgelenken an den Stabenden bemessen, sie dienen daher nicht der Gebäudeaussteifung.

Belastung:

Die Stützen werden durch die darüber liegenden Geschosse belastet, wobei das Eigengewicht der Obergeschosse konstant bleibt und die Nutzlasten der Decken in den Laststufen von je 50 kg/m² von 280 bis 4,80 kN/m² betragen. Die Belastung erfolgt primär durch Druckkräfte in der Bemessungssituation ständig/vorübergehend.

Auswertung:

Die Auslastung der Stützen ist erwartungsgemäß gering, sie beträgt bei der bestehenden Nutzlast von 2,80 kN/m² maximal 55 Prozent und bei einer Nutzlasterhöhung auf 4,80 kN/m² etwa 63 Prozent. Die Stützen sind somit im Grenzzustand der Tragfähigkeit ausreichend tragfähig, und eine Erhöhung der Nutzlast ist möglich. Die grafische Auswertung der Auslastung im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in Abb.5.22 zu sehen.

Eine Übersicht der Einzelergebnisse der Bewehrungsstäbe abhängig von Lage, Richtung und Laststufe ist in Abb.5.21 zu sehen.

Anmerkungen:

Die Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderungen wird nicht erfüllt, daher kann der Nachweis der Dauerhaftigkeit nicht geführt werden. Ebenso werden allgemeine Bewehrungsregeln wie Regeln für Stäbe mit großem Durchmesser nicht eingehalten. Da die betroffenen Bauteile der Expositionsklasse XC1 (trocken oder ständig feucht) entsprechen und es keine Schäden gibt, stellen die nicht erfüllten Anforderungen keine Einschränkung für die Tragfähigkeit dar. Zusätzlich kommt es im Bereich der Stütze I/2 zu einem Durchstanzproblem, welches im Abschnitt 5.7 behandelt wird.

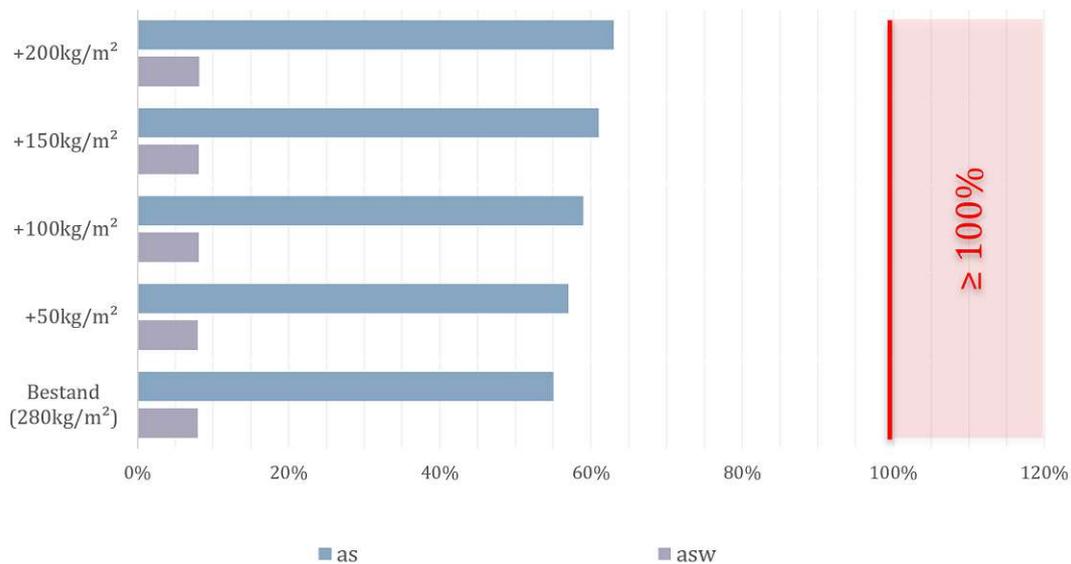
Schnittkräfte:

Zur Kontrolle und zur Abschätzung der Tragfähigkeit bei etwaigen Umbauten, sind die Normalkräfte in der Abb. 5.23, abhängig von der Laststufe im Grenzzustand der Tragfähigkeit dargestellt.

Auslastung und Normalkraft Stützen im EG

Laststufe	a_s	a_{sw}	n_x
Bestand (280kg/m ²)	55%	8,0%	5665 kN
+50kg/m ²	57%	8,0%	5850 kN
+100kg/m ²	59%	8,1%	6040 kN
+150kg/m ²	61%	8,1%	6225 kN
+200kg/m ²	63%	8,2%	6410 kN

Abb. 5.21: Stützen im EG Auslastung und Normalkräfte



(Auslastung der repräsentativen Stütze E/1)

Abb. 5.22: Stützen im EG Auslastung

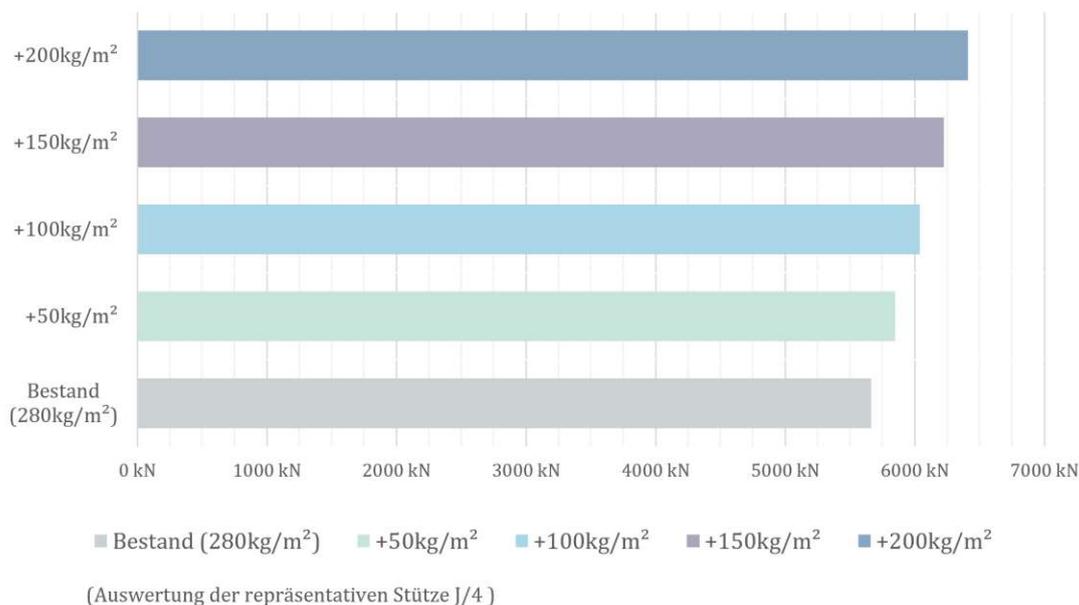


Abb. 5.23: Stützen im EG Normalkräfte

5.7 Auswertung Durchstanzen über EG und über 8. OG

Struktur:

In den Decken über Erdgeschoss und dem 8. Obergeschoss kann es auf Grund der konstruktiven Ausbildung zu einer Durchstanzproblematik kommen. Die Decke über dem Erdgeschoss hat eine Dicke von 30 cm, jedoch keine Durchstanzbewehrung. Die betroffene Stütze hat einen Querschnitt von 70/70 cm. Die Decke über dem 8. Obergeschoss hat ebenfalls eine Dicke von 30 cm, im Unterschied zur Decke über dem Erdgeschoss jedoch eine Durchstanzbewehrung von 19 Bügel mit dem Durchmesser 10 mm bei den Stützen mit dem Querschnitt 25/40 cm und 16 Bügel mit dem Durchmesser 10 mm bei den Stützen mit dem Querschnitt 25/25 cm.

Belastung:

Die für den Durchstanznachweis kritische Querkraft wird durch die Belastung der jeweiligen Decken verursacht. Die Decke über dem Erdgeschoss wird durch das Eigengewicht, die Aufbaulast und einer konstanten Nutzlast von 4,00 kN/m² belastet. Die Decke über dem 8. Obergeschoss wird durch dessen Eigengewicht und der Aufbaulast, sowie der Nutzlasten in den Laststufen von je 50 kg/m² von 280 bis 4,80 kN/m² belastet. Die Belastung erfolgt in der Bemessungssituation ständig/vorübergehend. Die resultierenden Normalkräfte der Stützen sind im Erdgeschoss in Abb. 4.51 bis 4.52 zu sehen.

Auswertung:

Die Auslastung der durchstanzbelasteten Knoten in der Decke über dem Erdgeschoss beträgt im bestehenden Nutzlastfall mit 4,00 kN/m² etwa 110 Prozent. Die Decke ist somit ohne Durchstanzbewehrung oder Kompensationsmaßnahmen im Grenzzustand der Tragfähigkeit nicht ausreichend tragfähig. Eine Übersicht der Einzelergebnisse je Laststufe ist in Abb.5.24 zu sehen.

Anmerkungen:

Die mangelnde Tragfähigkeit der Decke über dem Erdgeschoss gegen Durchstanzen resultiert aus einer fehlenden Durchstanzbewehrung. Es erscheint unlogisch, dass in der Decke über dem 8. Obergeschoss eine Durchstanzbewehrung vorhanden ist und in der Decke über dem Erdgeschoss nicht. Es wird daher vermutet, dass die Plansammlung der Ausführungspläne nicht vollständig ist und der Plan mit der Durchstanzbewehrung in der Decke über dem Erdgeschoss verloren gegangen ist. Dies wird durch das Fehlen der gesamten Bewehrungspläne der Kellergeschosse untermauert. Um einen statischen Nachweis der Tragfähigkeit zu erbringen, ist eine Ortung der Durchstanzbewehrung im Bereich der versagenden Decke erforderlich.

Auslastung Durchstanzen

Laststufe	Decke über EG	Decke über 8. OG
Bestand (400kg/m ²)	110%	-
Bestand (280kg/m ²)	-	90%
+50kg/m ²	-	93%
+100kg/m ²	-	95%
+150kg/m ²	-	98%
+200kg/m ²	-	100%

Abb. 5.24: Auslastung Durchstanzen

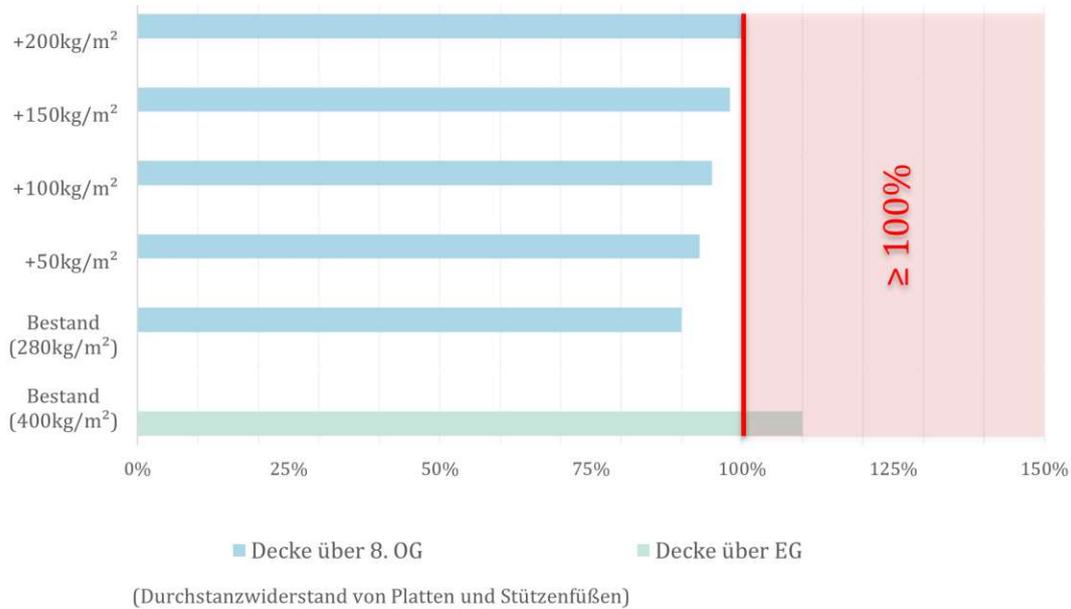


Abb. 5.25: Auslastung Durchstanzen

5.8 Schlussfolgerung

5.8.1 Allgemein

Die Analyse, Modellierung und Berechnung haben ergeben, dass das Gebäude durchaus über hohe Kapazitätsreserven bezüglich der zulässigen Nutzlast verfügt. Die Erhöhung der Nutzlast muss jedoch auf manche Bereiche eingeschränkt, sowie andere Bereiche detaillierter betrachtet werden. Bauteile wie die Deckenplatten der Kellergeschosse wurden einerseits auf Grund fehlender Ausführungspläne, andererseits wegen der unwahrscheinlichen Nutzungsänderung von zum Beispiel Parkgaragen nicht in die Berechnung mit einbezogen. Ebenso wenig wurden Stiegenläufe, Podeste, Rampen oder Dächer untersucht, da dort keine Änderung der Nutzlast erforderlich ist.

5.8.2 Zulässige Nutzlasten

Die Nutzlast kann in den Regelgeschossen betreffend 3. bis 8. Obergeschoss jedenfalls bis zu einer maximalen charakteristischen Nutzlast von $4,80 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden. Dies betrifft ebenso das 9. Obergeschoss. Im 2. Obergeschoss kann die Nutzlast im Bereich der Schottenwände ebenfalls auf $4,80 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden, mit der Ausnahme im Bereich der Stützen, wo lediglich $2,80 \text{ kN/m}^2$ zulässig sind siehe Abb. 5.26. Für eine zusätzliche Erhöhung der Nutzlast muss der Bereich der Decke über dem 1. Obergeschoss, um die Stützen herum, sowohl in oberer als auch unterer Lage ertüchtigt werden. Die Decke über dem Erdgeschoss weist auf Grund seiner Widmung bereits eine Nutzlast von $4,00 \text{ kN/m}^2$ auf, diese Nutzlast kann zwar bei Aktivierung der plastischen Reserven aufgebracht werden, es besteht aber die Gefahr des Bauteilversagens durch Durchstanzen im Bereich der Stützen. Daher sollte durch eine Bewehrungsortung abgeklärt werden, ob im Bereich der Stützen eine Durchstanzbewehrung vorhanden ist, um die Tragfähigkeit der Decke rechnerisch zu bestätigen. Sowohl die Außen- und Innenwände im Erdgeschoss, als auch die Stützen im Erdgeschoss können die zusätzlichen Lasten durch die Nutzlasterhöhung abtragen. Die übersichtliche Darstellung der zulässigen Nutzlasten im jeweiligen Geschoss und welche Maßnahmen zur Erhöhung jener erforderlich wären, ist in Abb. 5.27 ersichtlich.

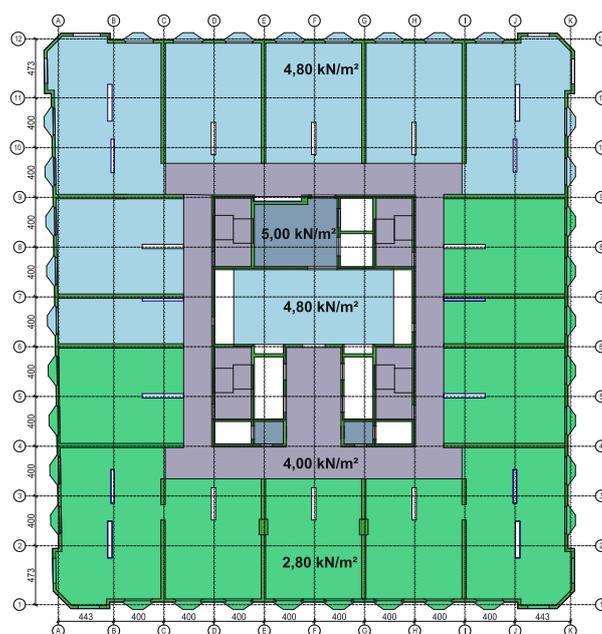


Abb. 5.26: Zulässige Nutzlasten im 2. Obergeschoss

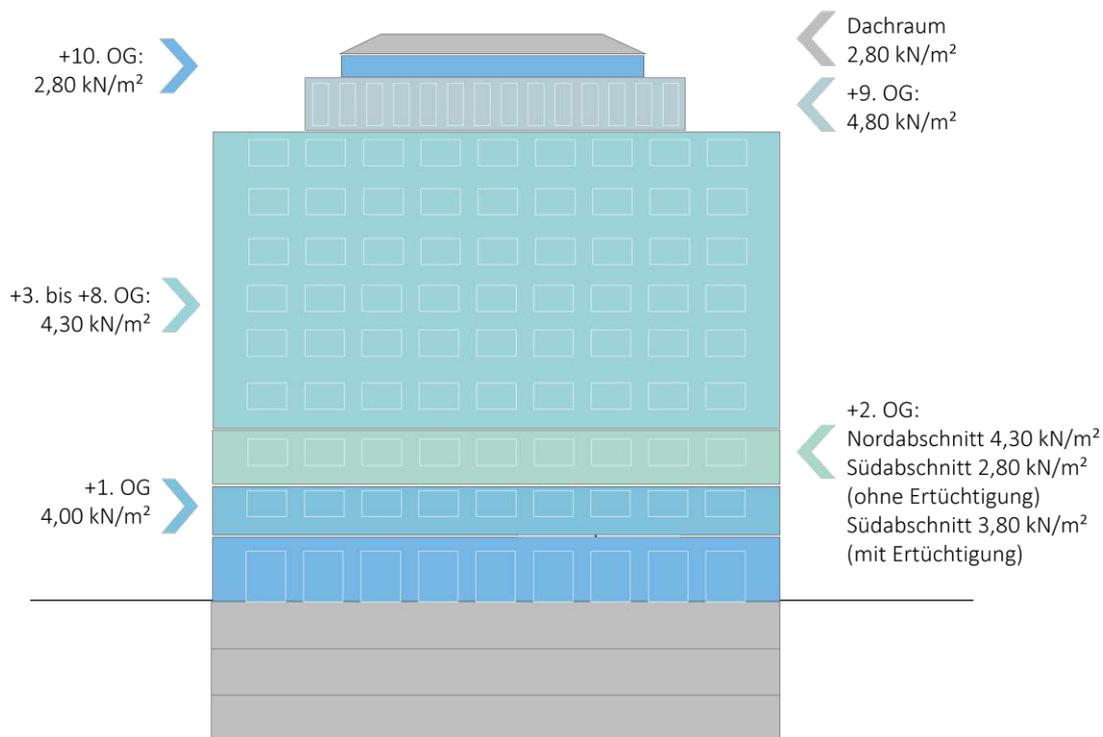


Abb. 5.27: Zulässige Nutzlasten Gebäude

5.8.3 Mögliche Nutzungen

Die Nutzlasten, die gemäß ÖNORM EN 1991-1-1 (Austrian-Standards-f [7]), abhängig von der Nutzungskategorie, vorgeschrieben sind, zeigen im Vergleich mit den zulässigen Nutzlasten, entsprechend der Tragfähigkeitsbewertung, ein breites Spektrum an Nutzungsmöglichkeiten. Für die Obergeschosse 1 und 3 bis 9 bietet sich die Nutzung als Wohnfläche, wie auch Hotel oder Krankenzimmer an. Ebenso möglich ist die Nutzung als Büro, Schule, Restaurant, Speisesaal, Kirche, Theater, Konferenzraum und Ausstellungsraum. Für das Obergeschoss 2 muss die Nutzung auf Wohn-, Hotel-, Büro-, oder Krankenzimmerfläche eingeschränkt werden. Eine weitere Einschränkung für die Nutzung stellen die bauphysikalischen und die baurechtlichen Anforderungen dar, welche gewisse Nutzungen sicherlich ausschließen werden.

5.8.4 Anmerkungen zu Umbauten

Um alternative Nutzungen zu ermöglichen, ist es naheliegend, die Raumgeometrie anpassen zu wollen. Diese Anpassungen sind ebenfalls Einschränkungen unterworfen, die meist konstruktiver Natur sind. Fensteröffnungen können nur mit erheblichem Aufwand vergrößert werden. Dies liegt einerseits daran, dass das Gebäude in einer Schutzzone liegt, die Fassade somit inventarisiert wurde und Änderung nur schwer durchsetzbar sind, als auch die Tatsache, dass die Bewehrung der Fensterstürze eine sehr kurze Verankerungslänge hat, und diese bei einer Fensterverbreiterung ausgetauscht werden müssten. Die Parapete hingegen können entfernt werden, da diese keine statische Relevanz haben, wodurch eine vertikale Fenstervergrößerung ermöglicht wird. Die Herstellung von Türdurchbrüchen ist prinzipiell in jeder Schottenwand möglich, das gänzliche Entfernen von Schottenwänden, wie dies im 1. Obergeschoss durchgeführt wurde, ist ebenfalls machbar. Es müssen jedoch ersatzweise Stahlträger zur Abfangung der Decke eingebaut werden beziehungsweise Stahlrahmen zur Gebäudeaussteifung errichtet werden. Die geänderte Lastablei-

tung und die damit einhergehende Lastkonzentration auf verbleibende Bauteile muss ebenfalls geprüft werden. Vom Entfernen von Wänden im Kern ist abzuraten, lokale Öffnungen sind jedoch weiterhin möglich. Das Öffnen von Decken für Schächte oder sogar zur Herstellung von Lufträumen ist ebenfalls erdenklich, wobei Rücksicht auf die Lage der vorhanden Bewehrung genommen werden muss. Das Entfernen ganzer Deckenfelder scheint aus bewehrungstechnischer Sicht sinnvoll, zu beachten gilt jedoch, dass damit der Durchlaufeffekt der Decken mit ihrer Feld- und Stützbewehrung verloren geht und dies die zulässigen Nutzlasten einschränken kann.

Literatur

- [1] Achatz, Margelik, Romm, Kasper und Jäger. *Kreislaufbauwirtschaft*. 757. Aufl. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021.
- [2] Austrian-Standards-a. *ÖNORM B 1801-1:2022 03 01: Bauprojekt- und Objektmanagement – Teil 1: Obejktterrichtung*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, März 2022.
- [3] Austrian-Standards-b. *ÖNORM A 7010-6:2019 01 01: Objektbewirtschaftung — Datenstrukturen – Teil 6: Anforderung an Daten aus Building Information Modeling (BIM)-Modellen über den Lebenszyklus*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Jan. 2019.
- [4] Austrian-Standards-c. *ÖNORM B 4008-1:2018: Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Tragwerke Teil 1: Hochbau*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Okt. 2018.
- [5] Austrian-Standards-d. *ÖNORM EN 1990:2013: Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, März 2013.
- [6] Austrian-Standards-e. *Eine stille Revolution im Bauwesen Eurocodes*. 2024. URL: <https://www.austrian-standards.at/de/standardisierung/standards-verstehen/eurocodes> (Zugriff am 15.10.2024).
- [7] Austrian-Standards-f. *ÖNORM EN 1991-1-1:2011: Eurocode — Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Sep. 2011.
- [8] Austrian-Standards-g. *ÖNORM EN 1991-1-3:2016: Eurocode — Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Jan. 2016.
- [9] Austrian-Standards-h. *ÖNORM EN 1991-1-4:2011: Eurocode — Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Mai 2011.
- [10] Austrian-Standards-i. *ÖNORM EN 1992-1-1:2015: Eurocode — Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Mai 2015.
- [11] Austrian-Standards-j. *ÖNORM EN 1996-1-1:2016: Eurocode — Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Juli 2016.
- [12] Austrian-Standards-k. *ÖNORM EN 1997-1-1:2021: Eurocode — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Juni 2021.
- [13] Austrian-Standards-l. *ÖNORM EN 1998-1:2013: Eurocode — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Juni 2013.
- [14] Austrian-Standards-m. *ÖNORM B 4013:19830: Berechnung und Ausführung der Tragwerke; allgemeine Grundlagen; Schnee- und Eislasten*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1983.

- [15] Austrian-Standards-n. *ÖNORM B 4010:1982: Berechnung und Ausführung der Tragwerke; allgemeine Grundlagen; Eigengewicht von Bauteilen*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1982.
- [16] Austrian-Standards-o. *ÖNORM B 4012:1981: Ständige Lasten und Nutzlasten im Hochbau*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1981.
- [17] Austrian-Standards-p. *ÖNORM B 4014-3:1980: Berechnung und Ausführung der Tragwerke; allgemeine Grundlagen; Windlasten*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1980.
- [18] Austrian-Standards-q. *ÖNORM B 4015-1:1979: Belastungsannahmen im Bauwesen; Erdbebenkräfte an nicht schwingungsanfälligen Bauwerken*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1979.
- [19] Austrian-Standards-r. *ÖNORM B 4200-4:1984: Stahlbetontragwerke; Grundlagen der Berechnung und Ausführung*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1984.
- [20] Austrian-Standards-s. *ÖNORM B 4200-8:1979 Stahlbetontragwerke; Berechnung und Ausführung I*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1984.
- [21] Austrian-Standards-t. *ÖNORM B 4200-9:1970: Stahlbetontragwerke; Berechnung und Ausführung II*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, 1970.
- [22] Austrian-Standards-u. *ÖNORM EN 1998-3:2018: Eurocode — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung*. Deutsch. Wien: Austrian Standards, Okt. 2018.
- [23] Baseler-Ausschuss-für-Bankenaufsicht. *Basel III: Ein globaler Regulierungsrahmen für widerstandsfähigere Banken und Bankensysteme*. 2. Aufl. Basel: Bank für Internationalen Zahlungsausgleich, 2011.
- [24] baubook. *Kennwerte*. 2020. URL: <https://www.baubook.at/m/PHP/Info.php?SI=2142715709&SW=5&win=y> (Zugriff am 30.04.2025).
- [25] Bauer, Fendt und Trautinger. *Wien in Zahlen 2024*. 2024. Aufl. Wien: Stadt Wien, 2024.
- [26] Bergmeister, Fingerloos, Wörner, Ahrens, Becker, Bödefeld, Dunkelberg, Eichler, Fleischer, Freudenstein, Gehlen, Geisler, Gieler-Breßmer, Haveresch, Heek, Hegger, Kolodziejzky, Krawtuschk, Kunz, Lippert, Maisner, Marx, Marzahn, Mayer, Mißler, Mölter, Müller, Neugebauer, Nordhues, Novak, Österreicher, P. andRahimi, Reschke, Sanio, Schnell, Sodeikat, Spörel, Stolz, Strauss, Teworte, Vill, Vogel, Westendarp, Westerkamp-Freitag, Zilch und Zwicky. *Beton Kalender 2015*. 104. Jahrgang. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2015.
- [27] Bergmeister, Fingerloos, Wörner, Ahrens, Dunkelberg, Finckh, Gehlen, von Greve-Dierfeld, Kolodziejzky, Küchler, Mark, Marzahn, Maurer, Niedermeier, Stangenberg, Strauss und Zilch. *Beton Kalender 2013*. 102. Jahrgang. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2013.
- [28] Bergmeister, Fingerloos, Wörner, Bachmann, Bauermeister, Furche, Grünberg, hahn, Hossler, Müller, Reinhardt, Richter, Steinle und Vogt. *Beton Kalender 2009*. 98. Jahrgang. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2009.

- [29] Bergmeister, Fingerloos, Wörner, Bastert, Bechman, Blandini, Bolle, Brunetti, Curbach, Dauberschmidt, Dehn, Drass, Eßer, Forman, Gaganelis, Gerlach, Hack, Haist, Hoffmann, Hörsch, Jackmuth, Kaufmann, Kloft, König, Kraus, Kühne, List, Lowke, Mark, Marx, Marzahn, May, Mechtcherine, Mertzsch, Moffatt, Morgenstern, Mühlan, Müller, Müller, Müller, Nerella, Pamminer, Pampanin, Pinnel, Potucek, Pürgstaller, Raupach, Reiners, Schachinger, Schacht, Schiegg, Schneider, Schumann, Schütze, Schwammborn, Scope, Spyridis, Strauss, Tietze, Vasilic, Vestner, Vill, Voit, Wagner, Wangler, Wiens und Wolff. *Beton Kalender 2022*. 111. Jahrgang. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2022.
- [30] Bundeskanzleramt. *Allgemeines zu den Förderungsaktionen*. 2024. URL: https://www.oesterreich.gv.at/themen/umwelt_und_klima/energie_und_ressourcen_sparen/1/sanierungs-offensive.html (Zugriff am 10. 10. 2024).
- [31] Bundesministerium-für-Klimaschutz-a. *Bundes-Abfallwirtschaftsplan*. 1. Aufl. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023.
- [32] Bundesministerium-für-Klimaschutz-b. *Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich*. 1. Aufl. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, 2024.
- [33] Bundesministerium-für-Klimaschutz-c. *Die österreichische Wärmestrategie*. 1. Aufl. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2019.
- [34] Bundesministerium-für-Klimaschutz-d. *Das Übereinkommen von Paris*. 2024. URL: https://www.oesterreich.gv.at/themen/umwelt_und_klima/klima_und_umweltschutz/1/Seite.1000325.html (Zugriff am 22. 11. 2024).
- [35] Bundesministerium-für-Klimaschutz-e. *Monitoringbericht zu den CO-Emissionen neu zugelassener Pkw in Österreich im Jahr 2022*. 1. Aufl. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023.
- [36] Deutsches-Institut-für-Normung-a. *ISO 14044 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*. Deutsch. switzerland, Sep. 2020.
- [37] DIN-Normenausschuss. *DIN-EN-12504-2:2021 Prüfung von Beton in Bauwerken - Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung – Bestimmung der Rückprallzahl*. Deutsch. Berlin, Dez. 2021.
- [38] Eichinger. *Beurteilung der Zuverlässigkeit bestehender Massivbrücken mit Hilfe probabilistischer Methoden*. Dissertation. Technische Universität Wien, 2003. 155 S.
- [39] Eisenmenger und Plank. *Ressourcennutzung in Österreich 2020*. 3. Aufl. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2020.
- [40] Europäische-Gemeinschaft. *Einheitliche europäische Akte*. Deutsch. Straßburg, Juni 1987.
- [41] Europäische-Kommission-a. *Delegierte Verordnung (EU) 2021/2178 der Kommission vom 6. Juli 2021 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates durch Festlegung des Inhalts und der Darstellung der Informationen, die von Unternehmen, die unter Artikel 19a oder Artikel 29a der Richtlinie 2013/34/EU fallen, in Bezug auf ökologisch nachhaltige Wirtschaftstätigkeiten offenzulegen sind, und durch Festlegung der Methode, anhand deren die Einhaltung dieser Offenlegungspflicht zu gewährleisten ist*. Deutsch. Straßburg, Dez. 2021.

- [42] Europäische-Kommission-b. „The EU Taxonomy, a classification system, is an important market transparency tool that helps direct investments to activities most needed for the transition to net zero and environmental sustainability.“ In: *Waste MagazinThe EU Taxonomy's uptake on the ground* - (2023), S. 3. DOI: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities/eu-taxonomys-uptake-ground_en.
- [43] Europäische-Kommission-c. *Folgen des Klimawandels*. 2024. URL: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_de (Zugriff am 26.11.2024).
- [44] Europäisches-Parlament-a. *EU-Abfallrichtlinie*. Straßburg, 2008.
- [45] Europäisches-Parlament-b. *VERORDNUNG (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“)*. Deutsch. Straßburg, Juni 2021.
- [46] Europäisches-Parlament-c. *Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates*. Deutsch. Straßburg, Okt. 2003.
- [47] Europäisches-Parlament-d. *VERORDNUNG (EU) 2018/842 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030 als Beitrag zu Klimaschutzmaßnahmen zwecks Erfüllung der Verpflichtungen aus dem Übereinkommen von Paris sowie zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013*. Deutsch. Straßburg, Mai 2018.
- [48] Europäisches-Parlament-e. *VERORDNUNG (EU) 2018/841 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die Einbeziehung der Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft in den Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 und des Beschlusses Nr. 529/2013/EU*. Deutsch. Straßburg, Mai 2018.
- [49] Europäisches-Parlament-f. *Entschließung des Europäischen Parlaments zu der Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über politische Konzepte und Maßnahmen der EU zur Verringerung der Treibhausgasemissionen: zu einem Europäischen Programm zur Klimaänderung (ECCP) (KOM(2000) 88 - C5-0192/2000 - 2000/2103(COS))*. Deutsch. Straßburg, Okt. 2000.
- [50] Europäisches-Parlament-g. *Eine Energiepolitik für Europa*. Deutsch. Brüssel, Jan. 2007.
- [51] Europäisches-Parlament-h. *Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG*. Deutsch. Straßburg, Juni 2009.
- [52] Europäisches-Parlament-i. *Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050*. Deutsch. Brüssel, März 2011.
- [53] Europäisches-Parlament-j. *A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030*. Englisch. Brüssel, Jan. 2014.
- [54] Europäisches-Parlament-k. *Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft*. Deutsch. Brüssel, Dez. 2015.

- [55] Europäisches-Parlament-l. *Der europäische Grüne Deal*. Deutsch. Brüssel, Dez. 2019.
- [56] Europäisches-Parlament-m. *Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen*. Deutsch. Brüssel, Dez. 2022.
- [57] Europäisches-Parlament-n. *Aktionsplan: Finanzierung nachhaltigen Wachstums*. Deutsch. Brüssel, März 2018.
- [58] Europäisches-Parlament-o. *VERORDNUNG (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088*. Deutsch. Straßburg, Juni 2020.
- [59] Europäisches-Parlament-p. *Richtlinie (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*. Deutsch. Brüssel, Mai 2024.
- [60] Europäisches-Parlament-q. *Richtlinie (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden*. Deutsch. Wien, Feb. 2024.
- [61] re-fer-AG. *Produktedatenblatt re-plate 120/1.5*. 05.2024. CH-6423 Seewen: re-fer AG, 2024.
- [62] Figl. *Ökobilanzregeln - Kriterien für die Aufnahme von produktspezifischen Ökobilanzdaten („EPD-Daten“) in die Datenbank www.baubook.at*. 25.01.2023. Wien: baubook GmbH, 2023.
- [63] Gebetsroither, Honic, Kovacic, Löffler, Marx, Pamminger, Robbi, Sustr, Schützenhofer und Weber. *Paradigmenwechsel in Bau- und Immobilienwirtschaft*. 08/2019. Heidelberg: Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 2024.
- [64] Geotest. *Zerstörungsfreie Prüfungen*. 2024. URL: <https://www.geotest.ch/de/kompetenzen/zerstoerungsfreie-pruefungen> (Zugriff am 25. 11. 2024).
- [65] Guillot. „Kreislaufwirtschaft: Definition und Vorteile“. In: *Klima und Umwelt* (2023), S. 4. DOI: 20151201ST005603.
- [66] Hamilton, Kennard, Rapf, Kockat, Zuhaib, Abergel, Oppermann, Otto, Loran, Fagotto, Steuerer und Nass. *2020 Global status report for Buildings and construction*. 2020. Aufl. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2020.
- [67] Hellerforth. *Handbuch Facility Management für Immobilienunternehmer*. 2006. Aufl. Heidelberg: Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [68] Hellmich, Höller, kalliauer, Lahayne, Pichler, Pircher, Plachy und Kumbolder. *Skriptum zur Vorlesung mit Übung aus Ingenieurmechanik Teil A - Vorlesungsteil*. 1. Aufl. Wien: Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen der Technischen Universität Wien, 2022.
- [69] Hummel und Jobst. „An Overview of Corporate Sustainability Reporting Legislation in the European Union“. In: *Waste Magazin* - (2024), S. 36. DOI: <https://doi.org/10.1080/17449480.2024.2312145>.
- [70] Kavermann. *Datengrundlage für die ökologische Bewertung eines Bauwerks*. 2024. URL: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe--teile/oekobilanz-725527> (Zugriff am 20. 09. 2024).

- [71] Klein. *Aktuelle Version OECD Ausführliche Definition im Online-Lexikon*. 2018. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/oecd-43005/version-266342> (Zugriff am 27.09.2024).
- [72] Kolbitsch. *Formale Grundlagen des konstruktive Ingenieurbaus*. 1. Aufl. Wien: TU-MV Media Verlag GmbH, 2020.
- [73] Kovacic, Honic, Rechberger, Oberwinter, Lengauer, Hagenauer, Glöggler und Meier. *Prozess-Design für den „Building Information Modeling“ (BIM) basierten, materiellen Gebäudepass*. 08/2019. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2019.
- [74] Lehner und Hofstadler. *LM.VM. Leistungsmodelle + Vergütungsmodelle 2023 / Objektplanung Architektur*. 2. Auflage. Graz: Verlag der Technischen Universität Graz, 2023.
- [75] MA18-Stadtentwicklung-und-Stadtplanung. *Schutzzonen Wien*. 2024. URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/grundlagen/schutzzonen/> (Zugriff am 19.12.2024).
- [76] Magistratsabteilung-20-Energieplanung-der-Stadt-Wien. *Wiener Klimafahrplan*. 1. Aufl. Wien: Magistratsabteilung 20 – Energieplanung der Stadt Wien, 2022.
- [77] Mahler, Idler, Nusser und Gantner. *Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus*. 27.02.2019. Stuttgart: Steinbeis-Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik und Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, 2019.
- [78] Martens und Obenland. *Die Agenda 2030 Globale Zukunftsziele für nachhaltige Entwicklung*. 1. Aufl. Bonn: Global Policy Forum, 2023.
- [79] Micelli. *Inhalt der OECD-Leitsätze für multinationale Unternehmen zu verantwortungsvollem unternehmerischem Handeln*. 2024. URL: <https://www.bmaw.gv.at/Themen/International/OECD-Leitsaetze-multinationale-Unternehmen-OeNKP/Inhalt-der-OECD-Leitsaetze.html> (Zugriff am 27.09.2024).
- [80] Müllauer. *Mechanismen des Sulfatangriffs auf Beton – Phasenneubildungen und Expansionsdrücke in Mörtlen unter Na₂SO₄ Belastung*. 15.10.2013. München: Technischen Universität München, 2013.
- [81] OECD. *OECD-Handbuch für umweltbezogene Sorgfaltspflichten in mineralischen Rohstofflieferketten*. 1. Aufl. Paris: OECD Publishing, 2024.
- [82] Österreichischer-Baustoff-Recycling-Verband. *Baurestmassen Verwertung*. 2024. URL: <https://brv.at/> (Zugriff am 26.09.2024).
- [83] Österreichischer-Nationalrat-a. *Recycling-Baustoffverordnung – RBV*. Deutsch. Wien, 2015.
- [84] Österreichischer-Nationalrat-b. *Deponieverordnung*. Deutsch. Wien, 2008.
- [85] Österreichisches-Institut-für-Baubiologie-und-ökologie-a. *Leitfaden zur Berechnung des Oekoindex OI3 für Bauteile und Gebäude*. Forschungsber. IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, 2018. 26 S.
- [86] Österreichisches-Institut-für-Baubiologie-und-ökologie-b. *Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators EI Kon von Bauteilen und des Entsorgungsindikators EI10 auf Gebäudeebene*. Forschungsber. IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, 2020. 16 S.

- [87] Österreichisches-Institut-für-Baubiologie-und-ökologie-c. *LEITFADEN ZUR BERECHNUNG des Oekoindex OI3 und des Globalen Erwärmungspotenzials für Bauteile und Gebäude*. Forschungsber. IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, 2023. 49 S.
- [88] Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-a. *OIB-Grundlagendokument zur Ausarbeitung einer OIB-Richtlinie 7 Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen*. Deutsch. Wien, Mai 2003.
- [89] Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-b. *Brandschutz*. Deutsch. Wien, Mai 2023.
- [90] Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-c. *Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz*. Deutsch. Wien, Mai 2023.
- [91] Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-d. *Schallschutz*. Deutsch. Wien, Mai 2023.
- [92] Österreichisches-Institut-für-Bautechnik-e. *Energieeinsparung und Wärmeschutz*. Deutsch. Wien, Mai 2023.
- [93] Pech, Gangoly, Holzer, Maydl, Zach, Ecklmayr, Kubista, Prommer, Jäger und Stimmeder. *Ziegel im Hochbau - Theorie und Praxis*. 2. Aufl. Basel: Birkhäuser Verlag GmbH, 2015.
- [94] Pfabigan. *Zur Dauerhaftigkeit unbehandelter Hölzer in der Außenanwendung*. 2006. URL: <https://www.proholz.at/zuschnitt/23/es-kommt-drauf-an> (Zugriff am 26.09.2024).
- [95] Pladerer und Ganglberger. „Vermeidung von Baustellenabfällen in Wien“. In: *Waste Magazin* (2004).
- [96] Plank, Eisenmenger und Schaffartzik. *Do material efficiency improvements backfire? Insights from an index decomposition analysis about the link between CO2 emissions and material use for Austria*. New Haven: Wiley Periodicals LLC, 2021.
- [97] Scheibengraf und Reisinger. *ABFALLVERMEIDUNG UND VERWERTUNG: BAURESTMASSEN*. 9. Aufl. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2006.
- [98] Schulz. *Sichtbeton Von der Planung bis zur Mängelvermeidung*. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer Verlag, 2023.
- [99] Seim. *Bewertung und Verstärkung von Stahlbetontragwerken*. 2. Edition. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2018.
- [100] Sekretariat-der-Klimarahmenkonvention. *Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*. Deutsch. Kyoto, Dez. 1997.
- [101] Statista-a. *Statistik Report zum Hotelmarkt in Österreich 2023*. 18.01.2023. Köln: statista, 2023.
- [102] Statista-b. *Altersstruktur in Österreich von 2014 bis 2024*. 01.02.2024. Köln: statista, 2024.
- [103] Statistik-Austria-a. *Gebäude- und Wohnungsregister - 2014 bis 2024*. 01.01.2024. Wien: Statistik Austria, 2024.
- [104] Statistik-Austria-b. *Baumaßnahmenstatistik*. 01.01.2024. Wien: Statistik Austria, 2024.
- [105] Statistik-Austria-c. *Lebenserwartung ohne chronische Krankheit seit 2003*. 01.03.2024. Wien: Statistik Austria, 2024.
- [106] Vereinte-Nationen. *Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung*. 2. Aufl. Newyork: UN, 2020.
- [107] Walletschek. *Öko-Lexikon : Stichworte und Zusammenhänge [mit zahlreichen Tabellen]*. Orig.-Ausg., 5., neubearb. Aufl. München: München : Beck, 1994.

- [108] Weber. *Betoninstandsetzung Baustoff – Schadensfeststellung – Instandsetzung*. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Spektrum, Wiesbaden, 2022.
- [109] Wien-Energie-GmbH. *Fernkälte*. 2024. URL: <https://www.wienenergie.at/ueber-uns/unternehmen/energie-klimaschutz/energieerzeugung/fernkaelte/> (Zugriff am 06.12.2024).
- [110] Wiener-Landtag-a. *Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch*. Deutsch. Wien, Okt. 2024.
- [111] Wiener-Landtag-b. *Wiener Garagengesetz 2008*. Deutsch. Wien, Jan. 2008.
- [112] Wirtschaftskammer. *Kurzzeitvermietung von Wohnungen und Beherbergung*. 01.01.2024. Wien: Fachgruppe Hotellerie Wien, 2024.
- [113] Wirtschaftskammer-Wien. *Wohnzonen in Wien Auswirkungen und Einschränkungen*. 2024. URL: https://www.wko.at/wien/verkehr-betriebsstandort/wohnzonen#heading_welche_ausnahmen_koennen_durch_die_beh_rde_zugelassen_werden_ (Zugriff am 19.12.2024).