

DR.-ING. WALTER SCHMITT

Prüfingenieur und Prüfsachverständiger für Standsicherheit
Fachrichtungen Metallbau und Massivbau

DR.-ING. MARKUS STALLER

Prüfingenieur und Prüfsachverständiger für Standsicherheit
Fachrichtung Massivbau

Ö.b.u.v. Sachverständiger für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau

DR.-ING. MICHAEL NIEDERWALD

Beratender Ingenieur Baylka-Bau
Verband Beratender Ingenieure VBI

Statischer Bericht

zur Machbarkeit von Parkpaletten
auf den beiden bestehenden Tiefgaragen

Projekt

Nachverdichtung
Züricher Straße
München

Bauherr

GEWOFAG Wohnen GmbH
Gustav-Heinemann-Ring 111
81739 München

Architekt

Maisch Wolf Architekten
Balanstraße 73
81541 München

Gräfelfing, 23.01.2023

Dipl.-Ing. Dieter Richter

Inhaltsverzeichnis

1) Vorbemerkung	3
2) Unterlagen	4
3) Konstruktion Bestand	4
4) Lastansätze Bestand	5
5) Konstruktion Parkpalette	6
6) Dach der Parkpalette: Ermittlung möglicher Aufbaulasten	8
7) Zusammenfassung	9

1) Vorbemerkung

In den Jahren 2016/2017 wurde in der Züricher Straße 148 und 178 jeweils eine Tiefgarage zwischen der vorhandenen Wohnbebauung errichtet.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie 2022 von Maisch Wolf Architekten – Nachverdichtung Züricher Straße – sieht entlang der Züricher Straße mehrere 8-geschossige Wohntürme vor, die auch jeweils neben den beiden vorhandenen Zufahrtsrampen zu den Tiefgaragen errichtet werden sollen und bis auf eine kleinere Überschneidungsfläche neben der Tiefgarage liegen.

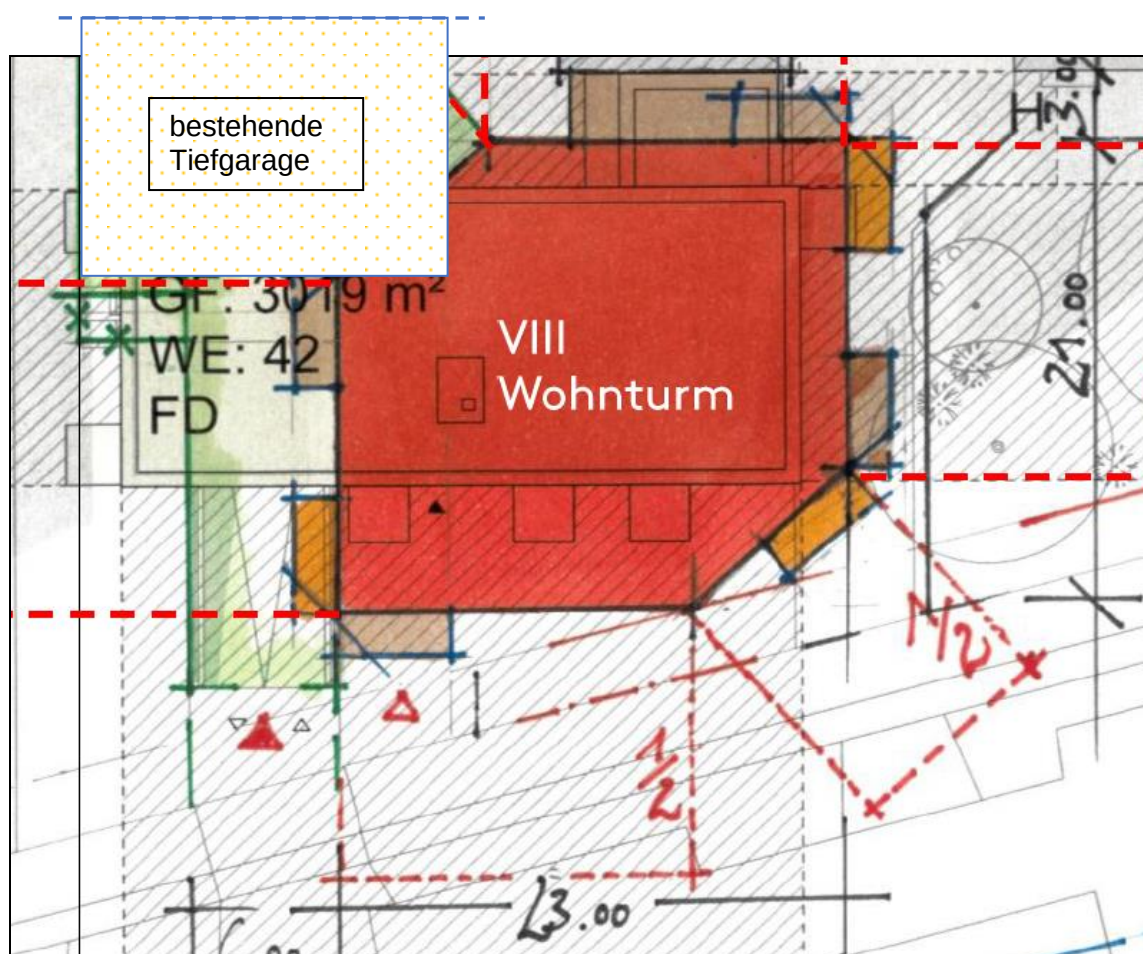


Abb. 1: Auszug aus Machbarkeitsstudie 2022, bestehende TG schematisch ergänzt

Gegenstand dieses statischen Berichtes ist die Untersuchung der statischen Machbarkeit der angedachten Überbauung der bestehenden Tiefgarage mit einer eingeschossigen „Parkpalette“. Vereinbarungsgemäß beschränkt sich diese Bewertung auf einen Regelschnitt. Der in Abb. 1 dargestellte Überschneidungsbereich mit dem Wohnturm ist nicht Gegenstand dieses Berichtes.

2) Unterlagen

Neben der Machbarkeitsstudie 2022 von Maisch Wolf Architekten liegen uns die statischen Unterlagen der beiden bestehenden Tiefgaragen im Original vor, da wir die Statischen Berechnungen und die Bewehrungspläne für die Ort betonbauteile in unserem Hause erstellt haben.

3) Konstruktion Bestand

Die tragende Konstruktion des Tiefgaragenbauwerks wurde in Stahlbetonweise ausgeführt. Die Decke über der TG ist mit Ausnahme des Einfahrtsbereiches unterzugsfrei als „Flachdecke“ ohne Verstärkungen an den Stützenköpfen ausgebildet. Entlang der Fahrgassen werden punktuelle Stützungen (Einzelstützen) im Raster von jeweils zwei bzw. drei Stellplätzen angeordnet. Im Randbereich liegt die Deckenplatte umlaufend auf den Außenwänden (in Halbfertigteilbauweise) auf.

Die Stahlbetondecke ist in konstanter Deckenstärke von 38 cm mit satteldachartigem Gefälle von ca. 2,5% in Ort betonbauweise erstellt worden. Es wurde eine Abdichtung nach DIN 18195 (mit Schutzestrich) aufgebracht. Die Überschüttungshöhe beträgt am Hochpunkt ca. 60 cm und am Tiefpunkt ca. 80 cm.

Aufgrund der relativ großen Länge des Bauwerks wird in etwa in der Mitte eine durchgehende Dehnfuge ab OK Streifenfundament angeordnet. Die Aussteifung des Bauwerks erfolgt in Längs- und in Querrichtung über die Außenwände und die Treppenhaus- bzw. Innenwände in Verbindung mit den scheibenartig ausgebildeten Geschossdecken.

Die Gründung der Stützen ist auf Stahlbetoneinzelfundamenten erfolgt. Unter den Außenwänden wurden umlaufende, unbewehrte Streifenfundamente mit Anschlussbewehrung für die Außenwände angeordnet. Es ist keine Bodenplatte vorhanden. Als Fahrbahnbelag dient ein durchlässiges Betonsteinpflaster.

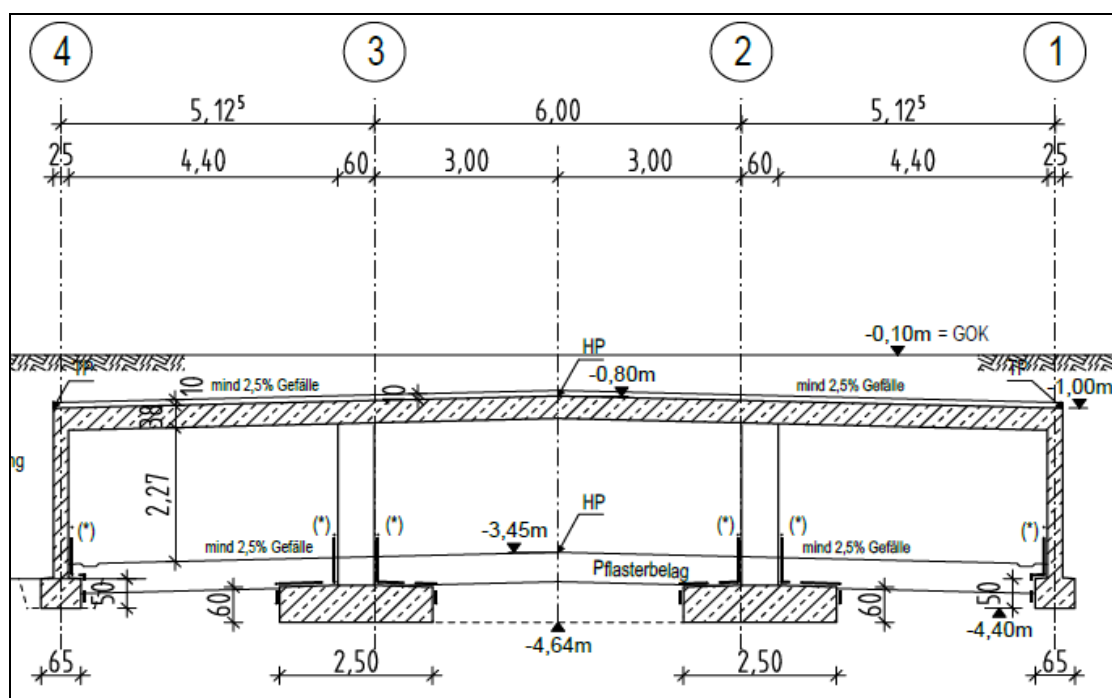


Abb. 2: Auszug aus Positionsplan – Regelschnitt

4) Lastansätze Bestand

Im Regelbereich der Tiefgarage wurden folgende Lastansätze für die Statische Berechnung der Decke über der Tiefgarage angesetzt:

Eigengewicht der Decke nach DIN EN 1991-1-1/NA: 9,5 kN/m²

Lastansatz Eigengewicht Abdichtung und Schutzestrich: 2,9 kN/m²

Nutzlast (Hofkellerdecke – C3, nach DIN EN 1991-1-1/NA) 5,0 kN/m²

Lastansatz für Bäume bis 15 m Wuchshöhe

als vollflächig angesetzter Zuschlag zur Nutzlast 1,5 kN/m²

Lastansatz für die Überschüttung (je zur Hälfte als veränderliche und als ständige Last):

am Hochpunkt: als ständige Last 5,7 kN/m²

als veränderliche Last 5,7 kN/m²

am Tiefpunkt: als ständige Last 7,6 kN/m²

als veränderliche Last 7,6 kN/m²

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie ist es ausreichend genau, für die weiteren statischen Überlegungen von einem angenäherten Mittelwert zwischen Hochpunkt und Tiefpunkt auszugehen:

als ständige Last 6,5 kN/m²

als veränderliche Last 6,5 kN/m²

Die Feuerwehrspuren verlaufen vollständig außerhalb der Tiefgarage, weshalb keinerlei Lasten hieraus auf die Tiefgaragendecke angesetzt werden mussten.

5) Konstruktion Parkpalette

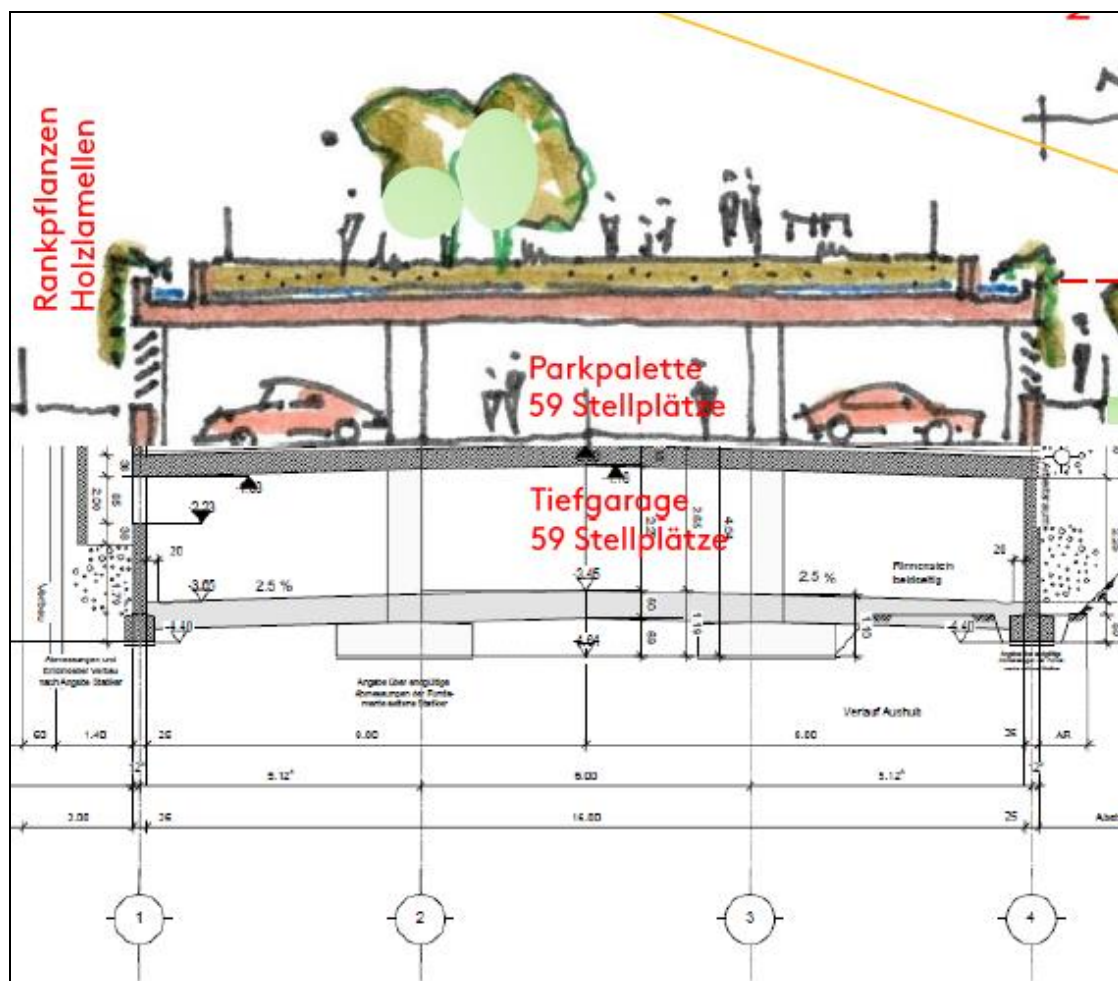


Abb. 3: Auszug aus Machbarkeitsstudie 2022 – Regelschnitt

Die vorhandene Überschüttung der Tiefgaragendecke soll vollständig rückgebaut werden und die Fahrzeuge auf der Decke parken.

Damit wird die „Dachdecke“ der Tiefgarage zu einer „Zwischendecke“ (=Parkdeck). Damit verbunden sind zusätzliche Anforderungen an die Abdichtung. Es ist zu prüfen, ob die vorhandene Abdichtung diese Anforderungen erfüllt.

Eine direkte Befahrung des vermutlich vorhandenen Schutzestrichs der Abdichtung ist nicht möglich. Es ist zudem fraglich, ob beim Rückbau dieses Schutzestrichs die vorhandene Abdichtung unbeschädigt bleibt. Ggf. ist diese ebenfalls zu entfernen und durch eine geeignete Abdichtung mit zusätzlicher Schutzschicht für die Nutzung als Parkdeck zu ersetzen.

Da mit den Fahrzeugen tausalzhaltiges (verschmutztes) Wasser eingetragen wird, ist ggf. auch die vorhandene Entwässerung anzupassen oder eine vollständig neue Entwässerung auszubilden.

Der Lastansatz im Bestand von 2,9 kN/m² ist in jedem Falle für die notwendige Abdichtung samt Schutzschicht gut ausreichend.

Die Nutzlast nach DIN EN 1991-1-1/NA/A1:2015-05 für die direkt befahrene Verkehrs- und Parkflächen (Parkdecks: $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$) kann von der bestehenden Tiefgaragendecke ohne Einschränkungen aufgenommen werden. Für die lastabnehmenden Bauteile wie Wände und Stützen kann diese Last auf $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ reduziert werden.

Zum Dachtragwerk:

Die bestehende Tiefgaragendecke ist für gleichmäßige flächige Belastungen dimensioniert worden, weshalb höhere Punktlasten aus Stützen vermieden werden müssen. Insofern sollten die notwendigen Stützen für das neue Dach genau über den Stützen der Tiefgarage stehen, was zudem eine optimale Teilung der Stellplätze ermöglicht. Grundsätzlich können sowohl die Innenstützen als auch die umlaufend notwendigen Außenstützen als Stahlstützen oder als Stahlbetonstützen ausgebildet werden. Insbesondere für die Außenstützen bietet sich die Stahlbetonbauweise an, da hier eine einfache Integration in die notwendigen Brüstungen möglich ist. Die Abdichtung des neuen Parkdecks kann ebenfalls am einfachsten an Stahlbetonstützen hochgezogen werden.

Da die neue Parkebene quasi in einem Trog liegt (Rückbau der Überschüttung), weil das umgebende Gelände deutlich höher liegt, empfiehlt sich die Ausbildung der notwendigen umlaufenden Brüstung direkt über den Außenwänden in Stahlbetonbauweise (Aufnahme des Erddrucks). Zudem kann damit die Abdichtung des Parkdecks einfach und sicher hochgezogen bzw. angeschlossen werden.

Die begrenzte Belastbarkeit der lastabnehmenden Bauteile der bestehenden Tiefgarage (z.B. Wände, Stützen, Fundamente) spricht zunächst dafür, das Dachtragwerk in Leichtbauweise zu errichten. Als „offene Garage“ ist – vorbehaltlich der Bewertung durch einen Brandschutzplaner – die Ausbildung der tragenden Bauteile in R 0 (keine Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer) möglich, was zudem die Verwendung von Holzkonstruktionen oder Stahlkonstruktionen ermöglicht bzw. deutlich erleichtert.

Aufgrund der angedachten teilweisen Nutzung des Daches als begehbbare Dachterrasse oder als begehbarer Dachgarten („urban gardening“) muss mit relativ hohen Lasten aus dem Eigengewicht des Aufbauten und aus Nutzlasten gerechnet werden. In statischer Hinsicht ist hierfür ein Tragwerk in Stahlbauweise mit einlagigen oder zweilagig-kreuzweise verlaufenden Trägern mit Trapezblechen deutlich vorteilhafter.

Die Holzbauweise hingegen ist bei den vorgenannten, relativ großen Lasten aus statischer Sicht weniger geeignet. Aufgrund des von der bestehenden Tiefgarage vorgegebenen Stützenrasters sind zwei kreuzweise verlaufende Binderlagen erforderlich, die holzbautypisch nicht in einer Ebene sondern übereinander verlaufen, was in Summe zu größeren Bauhöhen des Tragwerks führen. Hinzu kommt, dass bei angedachter Retention des Niederschlagswasser ein gefälleloses Dach vorteilhaft bzw. sogar notwendig ist. Die Holzbauweise ist bei möglicherweise auftretenden lokalen Undichtigkeiten als deutlich ungünstiger einzuschätzen.

Alternativ wurde von uns auch eine einfache, gewichtsoptimierte Stahlbetonkonstruktion untersucht, die aus einer quer gespannten, 3-feldrigen, ca. 22 cm dicken Stahlbetonplatte (auch Halbfertigteilbauweise) besteht. In Längsrichtung können Stahlbetonunterzüge über den Mittelstützen angeordnet werden, während an den Außenseiten die notwendigen Randaufkantung als tragende Überzüge ausgebildet werden können, was zudem eine günstigere Belichtung der Parkpalette ermöglicht. Überschlägige Vergleichsrechnungen haben ergeben, dass hierbei ein Aufbau über der Abdichtung von bis zu ca. $5,0 \text{ kN/m}^2$ noch gut möglich ist. Die statisch notwendige Höhe der Unterzüge inkl. Decke beträgt dabei ca. 60 cm. Querverzüge der Entwässerungsleitungen sind unkritisch.

6) Dach der Parkpalette: Ermittlung möglicher Aufbaulasten

Aus Bestand:

Da auch für die Nutzung als Parkdeck (wie oben beschrieben) eine Abdichtung mit Schutzschicht notwendig ist, wird für die nachfolgenden Berechnungen davon ausgegangen, dass die Lastreserven (ohne Verstärkungen in der Tiefgarage) ab OK Fertigboden Parkdeck zu ermitteln sind.

Summe der Lastreserven ab OK Schutzschicht Parkdeck, als vollflächiger Ansatz:

$$g_k = 6,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 6,5 + 5,0 + 1,5 = 13,0 \text{ kN/m}^2$$

Gesamtlastreserven nach Rückbau der Überschüttung ab OK Fertigbelag:

$$q_{\text{Ed, Reserve}} = 1,35 \cdot 6,5 + 1,5 \cdot 13,0 = 28,3 \text{ kN/m}^2$$

Davon muss die Nutzlast für das Parkdeck (reduziert für Lastweiterleitung) abgezogen werden, sodass folgende Differenzreserve verbleibt:

$$\Delta q_{\text{Ed, Reserve}} = 28,3 \text{ kN/m}^2 - 1,5 \cdot 2,5 = \underline{24,5 \text{ kN/m}^2}$$

Vereinfachte Annahme für das Eigengewicht der Dachkonstruktion samt Stützen:

$$g_k = 3,0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{bei Leichtbauweise, inkl. Abdichtung und Schutz})$$

Verbleibende Reserve für den Dachaufbau ab OK Tragkonstruktion inkl. Nutzlast:

$$\Delta q_{\text{Ed, Reserve, Aufbau und Nutzung}} = 24,5 - 1,35 \cdot 3,0 = \underline{20,5 \text{ kN/m}^2}$$

Nach DIN EN 1991-1-1/NA ist für Nutzung als Dachterrasse (ungünstigst) eine Nutzlast von $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$ notwendig. Nach Abzug dieser Belastung verbleibt die (theoretische) maximale Belastung des Aufbaus auf der neuen Dachkonstruktion:

$$\Delta q_{\text{Ed, Reserve, Eigengewicht Aufbau}} = 20,5 - 1,5 \cdot 4,0 = \underline{14,5 \text{ kN/m}^2} \quad \text{bzw.}$$

$$\Delta g_{k, \text{ Reserve, Eigengewicht Aufbau}} = 24,5 / 1,35 = \underline{10,5 \text{ kN/m}^2} \quad (\text{charakteristisch})$$

Anmerkung:

Diese im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchungen ermittelte Lastreserve ist ein pauschaler Ansatz. Der Wert ist relativ hoch und selbst für einen Aufbau als Dachgarten mit Gehölzen und Retention weit ausreichend. Für die bestehenden Bauteile können im Einzelfall auch etwas kleinere Werte maßgebend werden.

Insbesondere die Vorgaben des Bestandes und der möglichen Stützenstellung für Parkflächennutzung bedingen relativ große Spannweiten. Der noch zu planende Dachaufbau sollte deshalb diese Lastreserve keinesfalls ausschöpfen, da die neue Dachtragkonstruktion hierfür relativ kräftig und kostenintensiv werden würde.

Unabhängig von obiger Lastermittlung sind im Zuge der weiteren Planungsschritte für die geplante Parkpalette detaillierte Statische Nachweise zum Bestand notwendig.

7) Zusammenfassung

Im Rahmen der beauftragten Machbarkeitsuntersuchungen haben wir die angedachte „Parkpalette“ auf der bestehenden Tiefgarage mit intensiver Begrünung bzw. Bepflanzung sowie teilweiser Nutzung als Dachgarten bzw. Dachterrasse in statischer Hinsicht am Regelquerschnitt untersucht.

Mit dem Rückbau der gesamten Überschüttung können umfangreiche Lastreserven gewonnen werden, die sowohl eine Nutzung als Parkdeck unmittelbar auf der bestehenden Tiefgaragendecke als auch eine intensive Begrünung samt Terrassennutzung auf dem neu zu errichtenden Dach in statischer Hinsicht ermöglichen, ohne dass Bauteile des Bestandes (im Regelschnitt) verstärkt werden müssen. Insofern stellt die angedachte Parkpalette eine wirtschaftliche und ressourcenschonende Lösung dar.

Bei Nutzung als Parkdeck sind die Anforderungen an die Abdichtung höher als bei der bisherigen Nutzung, so dass mit dem Rückbau der Überschüttung und des vermutlich vorhandenen Schutzestrichs ggf. auch die Abdichtung erneuert/ertüchtigt werden muss.

Für eine statisch optimale Ausnutzung der vorgenannten Bemessungsreserven sollten die Stützen der angedachten Dachkonstruktion jeweils zentrisch auf den vertikalen Traggliedern (Stützen und Wände) der bestehenden Tiefgaragen angeordnet werden. Diese Anordnung ermöglicht gleichzeitig eine optimale Parkflächennutzung, da es dem vorhandenen Raster der Verkehrs- und Parkflächen entspricht. Für die Stützen bietet sich die Ortbetonbauweise an. Denkbar wären auch Stahlstützen. Letztendlich ist die Materialwahl der Stützen auf die Dachkonstruktion abzustimmen.

Es ist angedacht, die Dachfläche zur Retention des Niederschlagswassers und gleichzeitig als begehbare Dachgarten intensiv zu nutzen. Dazu ist es notwendig, die Dachkonstruktion möglichst trogartig und gefällelos auszubilden. Zudem sollte die Dachkonstruktion neben der erforderlichen hohen Tragfähigkeit gleichzeitig eine ausreichende Robustheit für örtliche Leckagen bzw. länger anstehende Feuchtigkeit besitzen.

Aus statischer Sicht bietet es sich zunächst an, die tragende Konstruktion in Leichtbauweise zu erstellen, um möglichst viele Lastreserven für den gewünschten intensiv begrünten Aufbau zur Verfügung zu haben. Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass auch eine gewichtsoptimierte Stahlbetonbauweise noch erhebliche Aufbauhöhen bzw. Aufbaugewichte von bis zu $g_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ bei gleichzeitig uneingeschränkter Begehrbarkeit ermöglichen würde.

Je geringer das Eigengewicht des Aufbaus wird, desto günstiger und leichter wird die Tragkonstruktion ausfallen. Je höher das Eigengewicht des Aufbaus und die Anforderungen an die Nutzlasten (Stichwort: Dachterrassennutzung mit $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$) werden, desto weniger Einfluss hat das Gewicht der Tragkonstruktion für deren Dimensionierung.

Hinsichtlich Robustheit gegen örtliche Leckagen bzw. länger anstehender Feuchtigkeit ist die Holzbauweise als deutlich empfindlicher einzustufen als Dachkonstruktionen aus Stahl oder Stahlbeton. Aufgrund der relativ großen Dachlasten ist die statisch notwendige Gesamthöhe der tragenden Konstruktion bei der Holzbauweise deutlich größer als bei Ausführung in Stahl- oder Stahlbetonbauweise.

Dipl.-Ing. D. Richter (ppa.)