

Bautechnische Stellungnahme



Abbildung 9: Stahlträger, Untersuchungsstelle N18.1

3.8 Ortung der oberen Bewehrungslage durch Georadar-Messungen

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Ortung der oberen Bewehrungslage im Schulgebäude und in der Feuerwache mittels Georadar sind getrennt im Untersuchungsbericht GR141772402 enthalten und im Anhang angefügt.

Sie bestätigen im Wesentlichen die Ergebnisse der Schürfungen, d.h. eine obere Bewehrungslage zur Abtragung eines Stützmomentes, bzw. einer Durchlaufwirkung, ist weder im Schulgebäude noch in der Feuerwache in ausreichender Weise vorhanden.

3.9 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Nachfolgend werden alle Ergebnisse der Untersuchungen vor dem Hintergrund der vorne erhobenen Fragestellungen zusammengefasst.

1. Welche Rechenfestigkeit kann für den Beton der Deckenfelder angesetzt werden ?

Grundschulgebäude:

Decke über OG, Flurbereich:	~ C8/10	Austausch empfohlen
Decke über OG, Rest:	C20/25	
Decke über EG:	C16/20	
Decke über KG;	C20/25	

Feuerwache:

Decke über OG:	C25/30
Decke über EG	C16/20

Bautechnische Stellungnahme

2. Welche Dicken weisen die Decken auf ?

Grundschulgebäude:

Die genauen Angaben zu den Deckendicken sind in der Tabelle 3 und 4 enthalten. Bei der Decke über OG liegt im Bereich des Haupttraktes die Dicke bei ca. 70 bis 85 mm. Im nördlichen Bereich sind größere Dicken mit ca. 135 mm vorhanden. Die Decke über EG weist an vielen Stellen eine Dicke von ca. 95 bis 100 mm auf. Im Bereich der Toilettenanlagen ist die Decke jedoch deutlich dünner mit einer Dicke von ca. 72 mm. Die Decke über KG ist an vielen Stellen ca. 80 mm dick. Im weiter nördlich gelegenen Teil des Gebäudes erhöht sich die Deckendicke auf ca. 100 bis 125 mm.

Feuerwache:

Die Decke über OG ist ca. 120 bis 140 mm dick. Die Dicke der Erdgeschossdecke liegt zwischen 105 und 120 mm.

3. Besteht ein erhöhtes Korrosions- bzw. Schadensrisiko durch die Karbonatisierung des Deckenbetons über dem Kellergeschoss ?

Wenn die Decke über dem KG vor dem Zutritt von Feuchte geschützt wird, liegt keine erhöhte Korrosionsgefahr vor.

4. Sind die glatten Bewehrungsstäbe an den Auflagern durch Haken verankert ?

An allen Sondierungsöffnungen waren die Bewehrungsstäbe mit Haken verankert. Ein Verbundversagen der Bewehrungsstäbe - auch vor dem Hintergrund der geringen Betondeckung - kann deshalb ausgeschlossen werden.

5. Sind in den Deckenfelder Chloridionen in korrosionsauslösender Menge enthalten ?

An keiner Stelle konnten Chloridionen in korrosionsauslösender Konzentration festgestellt werden.

6. Welche Betondeckungen sind an den Deckenunterseiten vorhanden ?

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessung sind in den Tabellen 7 bis 15 zusammengefasst. Vereinzelt sind Bereiche vorhanden, in denen eine erhebliche Anzahl der Bewehrungsstäbe eine geringere Betondeckung als 10 mm aufweisen, die im Hinblick auf den notwendigen Brandschutz bewertet werden sollten.

7. Welche Bewehrungsmengen sind in ausgesuchten Deckenfelder vorhanden ?

An allen Decken des Grundschulgebäudes erfolgten Untersuchungen zur Bestimmung der oberen und unteren Bewehrungslage an vom Ingenieurbüro KKK ausgesuchten Stellen. Die Durchmesser und Mengen der unteren Bewehrungslagen sind in den Tabellen 8, 10 und 12 enthalten.

Im Hinblick auf die untersuchten Unterzüge konnte festgestellt werden, dass in Längsrichtung Bewehrungsgrade von ca. 18 cm² eingelegt und Teile mit einer Schubaufbiegung versehen wurden. Die eingelegte Bügelbewehrung entspricht 2,36 cm²/m.

In der Feuerwache wurde in der unteren Bewehrungslage der Decken über EG und OG (Dach) der Bewehrungsgehalt ermittelt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Tabellen 13 bis 15 zusammengefasst.

8. Entspricht die bauliche Durchbildung und Bewehrungsführung an den Zwischenauflagern der Deckenfelder den Anforderungen der statischen Berechnung, die in diesen Bereichen eine obere Bewehrungslage zur Abtragung eines Stützmomentes verlangt, um eine Durchlaufwirkung der Deckenfelder zu gewährleisten ?

An keiner Untersuchungsstelle - weder in der Feuerwache noch im Schulgebäude - konnte eine ausreichende obere Bewehrungslage festgestellt werden, um von einer Durchlaufwirkung auszugehen.

4. Bewertung und mögliche Maßnahmen

4.1 Festigkeitsuntersuchungen und Deckendicken

4.1.1 Decke über OG, Grundschulgebäude

Bei der Decke über OG wurde aufgrund der Ergebnisse und Beobachtungen vor Ort bei der Auswertung der Betondruckfestigkeiten eine Unterscheidung zwischen dem Bereich über dem Flur und dem restlichen Deckenbereich vorgenommen.

1. Flurbereich

Es zeigt sich, dass über dem Flur ein Beton mit nur sehr niedriger Festigkeit (\sim C8/10) vorhanden ist, an dem Teile der Bewehrung durch Abplatzungen freiliegen. Die Resttragfähigkeit dieses Deckenbereiches – auch insbesondere unter Berücksichtigung der kleinen Betondicke – ist deshalb gering. Somit wird empfohlen, sofern eine zukünftige Nutzung dort vorgesehen ist, diesen Bereich auszutauschen oder zu ertüchtigen. Eine Verstärkung mit Spritzbeton an der Unterseite ist hier nicht sinnvoll, da erfahrungsgemäß Betone mit vergleichsweise geringen Festigkeiten verminderte Haftzugwerte aufweisen, die eine Anwendung von Spritzbeton nicht ermöglichen. Ferner würde die Anwendung an der Deckenunterseite nicht zu einer Vergrößerung des inneren Hebelarmes bei der Bemessung führen, so dass sich die Tragfähigkeit nicht in erforderlicher Weise erhöht. Stattdessen ist es sinnvoll, dieses Deckenfeld entweder auszutauschen oder als verlorene Schalung für einen Aufbeton zu nutzen, der in ausreichender Weise bewehrt wird, um alleine tragfähig zu sein.

2. Restlicher Deckenbereich

Bei den restlichen Bereichen der Decken liegt eine ausreichende Betondruckfestigkeit vor, um sie zukünftig zu nutzen (C20/25). Es fällt jedoch auf, dass in der Mitte Haupttrakt (K3 und K4) eine sehr geringe Deckendicke vorhanden ist, so dass hier eine statische Überprüfung und ggfs. Verstärkungsmaßnahmen erforderlich sind.

4.1.2 Decke über EG und KG, Grundschulgebäude

Die Deckenbetone entsprechen der Festigkeitsklasse C16/20 bzw. C20/25, die für ein biegebeanspruchtes Bauteil ausreichend sind. Es sind jedoch bereichsweise sehr geringe Deckendicken (Beton) vorhanden, die eine statische Bewertung der Tragfähigkeit erforderlich machen. So beträgt die Betondicke der Decke über EG im Bereich der Toilettenanlagen lediglich 72 mm (K11).

4.1.3 Decken Feuerwache

Die Decke über EG in der Feuerwache weist eine Festigkeit von C16/20 und eine Betondicke zwischen 120 und 140 mm auf. Bei der Decke über OG (Dach) liegt eine vergleichsweise hohe Festigkeit von C25/30 vor. Die Dicke dieser Decke beträgt zwischen 105 und 120 mm.

4.2 Betondeckungsmessungen

Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen weisen, insbesondere im Vergleich zu den heute gültigen Anforderungen, sehr geringe Werte auf. Hier ist zwischen mehreren Anforderungen zu unterscheiden. Zum einen ist heute eine Mindestbetondeckung einzuhalten, um einen ausreichenden Verbund zwischen Beton und Stahl sicher zu stellen. Im vorliegenden Fall kann von dieser Forderung Abstand genommen werden, da die vorgefundenen, glatten Bewehrungselemente nach den vorhandenen Ergebnissen der Untersuchungen durch Haken an ihren Enden verankert sind und nicht durch Verbund ihre Kräfte auf den Beton übertragen. Eine weitere Motivation für die heute gültigen Anforderung an die Betondeckung liegt in der Sicherstellung des konstruktiven Brandschutzes. In Abhängigkeit von der notwendigen Feuerwiderstandsklasse sind hier Mindestanforderungen einzuhalten. Die genauen Anforderungen sind vom zuständigen Sachverständigen für Brandschutz festzulegen. Da in einigen Bereichen jedoch sehr geringe Betondeckungen von unter 10 mm festgestellt wurden, ist damit zu rechnen, dass zumindest bereichsweise die Anforderungen

Bautechnische Stellungnahme

nicht eingehalten sind. Gleiches gilt für eine mögliche Verstärkungsvariante mit Stahlbauprofilen. In beiden Fällen kann der erforderliche konstruktive Brandschutz jedoch alternativ durch das Anbringen einer Brandschutzbekleidungen an der Deckenunterseite erbracht werden.

4.3 Maßnahmen

Sollten statische Berechnungen ergeben, dass einzelne oder mehrere Deckenfelder keine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen und Verstärkungsmaßnahmen erforderlich werden, so sind mehrere Alternativen möglich.

Einerseits kann ein bewehrter, alleine tragfähiger Aufbeton hergestellt werden. Diese Variante stellt Anforderungen an die Objektplanung, da sich die Höhenverhältnisse in den einzelnen Geschossen ändern. Ferner erhöht sich das Eigengewicht der Deckenkonstruktion, so dass auch die Unterzüge überprüft werden müssen. Wenn diese nicht ausreichend tragfähig für das erhöhte Eigengewicht sind, so scheidet diese Variante aus.

Alternativ kann die alte Decke entfernt und eine neue Decke hergestellt werden. Die neue Decke müsste jedoch nach den geltenden Normen und Regelwerken erstellt werden, so dass auch hier mit größeren Deckendicken und damit einem erhöhten Eigengewicht zu rechnen ist, das die darunterliegenden Unterzüge stärker belastet.

Als weitere Variante kann die Tragfähigkeit der Decken durch Aufbringen eines bewehrten, verdübelten Hochleistungsbetons mit einer Schichtdicke von 40 bis 60 mm (Markenname: „Ducon“) erhöht werden. Hier fällt der zusätzliche Deckenaufbau geringer aus, die Kosten sind im Vergleich zum konventionellen Aufbeton oder der Stahlbauverstärkung jedoch höher.

Als letzte Variante ist es möglich, die Spannweiten der Decke durch den Einbau von Stahlträgern zu verringern und somit die Gesamttragfähigkeit zu erhöhen. Hier werden zusätzlich die vorhandenen Unterzüge entlastet, so dass diese Maßnahme bei einer Überbeanspruchung der vorhandenen Unterzüge sinnvoll ist.

Die grundsätzlichen Vor- und Nachteile aller Varianten sind in der nachfolgenden Tabelle 16 zusammengefasst. Im vorliegenden Fall haben statische Vorbemessungen ergeben, dass eine Erhöhung des Eigengewichtes der Decken nicht mehr durch die Unterzüge abgefangen werden kann. Der Vergleich zwischen den beiden noch verbleibenden Alternativen - "Ducon" und Stahlbauverstärkung - fällt zugunsten der Stahlbauverstärkung aus, da sie in technischer Hinsicht geeignet ist, die Unterzüge zu entlasten, und wirtschaftlich günstiger ist, wenn man für die "Ducon"-Verstärkung die marktüblichen Kosten von 250 €/m² ansetzt.

Beim statischen Nachweis der Verstärkungsmaßnahmen sollte in beiden Gebäudeteilen - entgegen der Angaben in den ursprünglichen statischen Berechnungen - nicht von einer vorhandenen Durchlaufwirkung der Deckenfelder ausgegangen werden, sondern das Tragverhalten von Einfeldträgern unterstellt werden. Hintergrund ist das durch die Georadar-Messungen festgestellte Fehlen einer ausreichend hohen Bewehrungsmenge in der oberen Lage über den Zwischenauflägern (vgl. GR141772402).

In der Feuerwache wurden im Obergeschoss Wände entfernt, die ursprünglich wegen ihrer Dicke als nicht-tragend angesehen wurden. Die jetzt vorhandenen Spannweiten und statische Überlegungen lassen jedoch die Vermutung zu, dass sie ursprünglich als Auflager für das Dach gedient haben. Hier ist es erforderlich, eine genaue statische Überprüfung vorzunehmen und die Decke nach diesen Erfordernissen durch Stahlträger zu unterstützen.

Bautechnische Stellungnahme

Tabelle 16: Vor- und Nachteile verschiedener Vorgehensweisen zur Verstärkung der Decken

System	Vorteile	Nachteile	Bewertung
Aufbeton	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - keine weiteren Maßnahmen zur Herstellung des Brandschutzes erforderlich - einfach umzusetzen 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhte Belastung der Wände und Fundamente - Veränderung der Deckenhöhe bzw. der Deckenoberkante (Objektplanung erforderlich) - Überprüfung der Unterzüge und weiteren lastabtragenden Bauteile erforderlich 	Die Überprüfung der Unterzüge ergab eine unzureichende Tragfähigkeit, so dass eine weitere Erhöhung des Eigengewichtes in statischer Hinsicht nicht möglich ist.
Austausch der Decken	<ul style="list-style-type: none"> - kostengünstig - größere Deckendicke nach geltenden Regelwerken erforderlich - Erhöhung des Deckeneigengewichtes 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhte Belastung der Wände und Fundamente - Veränderung der Deckenhöhe bzw. der Deckenoberkante (Objektplanung erforderlich) - Überprüfung der Unterzüge und weiteren lastabtragenden Bauteile erforderlich 	Die Überprüfung der Unterzüge ergab eine unzureichende Tragfähigkeit, so dass eine weitere Erhöhung des Eigengewichtes in statischer Hinsicht nicht möglich ist.
„Ducon“	<ul style="list-style-type: none"> - Deckenhöhe bleibt nahezu erhalten - geringfügige Erhöhung des Deckeneigengewichtes 	<ul style="list-style-type: none"> - erhöhte Kosten - evtl. zusätzliche Brandschutzmaßnahmen an der Unterseite erforderlich 	Die Kosten für den flächigen Einsatz von "Ducon" belaufen sich auf ca. 250 €/m ² und sind höher als die Kosten der Stahlbauverstärkung (s.u.).
Stahlträger unterhalb der Decke	<ul style="list-style-type: none"> - Deckenhöhe bleibt erhalten - kostengünstig - geringfügige Erhöhung des Deckeneigengewichtes - Unterzüge werden ebenfalls entlastet 	<ul style="list-style-type: none"> - Brandschutzmaßnahmen (Verkleidung) erforderlich - Detailplanung, bspw. Anschluss an Fensterstürze, erforderlich 	Empfohlene Lösung, da mit ihr in technischer Hinsicht auch eine Entlastung der Unterzüge erreicht wird. Vor dem Hintergrund dieser Anforderungen in wirtschaftlicher Hinsicht kostengünstigste Lösung.