

# Neuer Abschnitt der U6 München nach Martinsried - U-Bahnhof unterm Mikroskop

<https://doi.org/10.14459/mbs29.12>

*Florian König, Anna Reitenspieß*



**Florian König, M.Sc.**

2016 B.Sc. Bauingenieurwesen; TUM  
2019 M.Sc. Bauingenieurwesen; TUM  
seit 2019 Bauingenieur Ingenieurbüro GRASSL GmbH



**Anna Reitenspieß, M.Sc.**

2014 B.Sc. Bauingenieurwesen; TUM  
2017 M.Sc. Bauingenieurwesen; TUM  
seit 2017 Bauingenieurin Ingenieurbüro GRASSL GmbH

Die Streckenverlängerung der Münchner U-Bahnlinie U6 nach Martinsried erschließt ein bedeutendes Forschungsareal der Ludwig-Maximilians-Universität LMU, des Innovations- und Gründerzentrums Biotechnologie IZB und des Max-Planck-Instituts MPI. Der besondere Ort verlangt nach einer besonderen Gestaltung: Die unterirdische Station wurde im Rahmen eines Gestaltungswettbewerbs als Sichtbetonbau mit freiformgeometrischen Öffnungen und Stempeln entworfen, die eine zellartige Struktur wie unter dem Mikroskop erzeugen und den biotechnologischen Kontext architektonisch aufgreifen. Die Umsetzung dieses gestalterisch anspruchsvollen Entwurfs erforderte ein enges Ineinandergreifen der Entwürfe von Architekt und Ingenieur. Bereits in den frühen Planungsphasen wurden Tragwerksplanung, technische Ausrüstung und Architektur integrativ abgestimmt. Die freigeformte Geometrie wurde iterativ optimiert, um sowohl gestalterische als auch statisch-konstruktive Anforderungen zu erfüllen. Die BIM-basierte Planung ermöglichte eine präzise Positionierung der Öffnungen mittels Skript, eine achsbasierte Modellierung des gesamten Tunnelabschnitts sowie die Ableitung von Ausführungsplänen und Einbauteillisten. In der Ausführungsphase wurden Musterabschnitte zur Erprobung der Sichtbetonqualität erstellt und verschiedene Schalungstechniken getestet.

The extension of Munich's U6 subway line to Martinsried opens up an important research area for LMU and the Max Planck Institute. This special location calls for a special design: as part of a design competition, the underground station was designed as an exposed concrete structure with free-form geometric openings and stamps, creating a cell-like structure reminiscent of a microscope and architecturally reflecting the biotechnological context. The implementation of this architecturally challenging design required close cooperation between the architect and engineer. Structural design, technical equipment and architecture were coordinated in an integrated manner early on in the planning phases. The free-form geometry was iteratively optimized to meet both design and structural requirements. BIM-based planning enabled precise positioning of the openings using scripts, axis-based modeling of the entire tunnel section and the derivation of final plans and installation part lists. During the implementation phase, sample sections were created to test the quality of the exposed concrete and various formwork techniques were tested.

## Einleitung

Ein besonderer Ort verlangt nach einer besonderen Lösung – und genau das wurde in Martinsried geschaffen.

Mit der Verlängerung der U-Bahnlinie U6 entsteht im Südwesten Münchens nicht nur ein rund ein Kilometer langer Tunnel mit neuer Station – sondern ein herausragendes Beispiel für integrale Planung, innovative Gestaltung und technische Präzision.

Die neue Station liegt mitten im Forschungsareal der Ludwig-Maximilians-Universität LMU, des Innovations- und Gründerzentrums Biotechnologie IZB und des Max-Planck-Instituts MPI in Martinsried – einem Ort, an dem Wissenschaft auf höchste Anforderungen trifft. Um den empfindlichen Forschungsbetrieb nicht zu stören, wird der Tunnel mit einem Masse-Feder-System ausgestattet, das Übertragung von Vibrationen in die Umgebung minimiert.

Der Tunnel beginnt im Anschluss an die Station Klinikum Großhadern noch im Stadtgebiet München und verlässt die Stadt auf halber Strecke bis er Martinsried erreicht. Dabei durchfährt der Tunnel eine ehemalige Kiesgrube, die nach dem 2. Weltkrieg als Deponie verfüllt wurde – eine geologisch und bautechnisch anspruchsvolle Ausgangslage.

GRASSL beginnt 2020 als Generalplaner mit der Objekt- und Tragwerksplanung für die Ingenieurbauwerke und mit der Objektplanung Verkehrsanlagen der U-Bahn und der Straßen auf der Oberfläche von den Leistungsphasen 2 bis 7 auf Basis des 1. Planfeststellungsbeschlusses von 2013.

Nach dem Abschluss der Vorplanung und der Einreichung eines Planänderungsantrags, hat die Vorhabenträgerin einen Gestaltungswettbewerb für die unterirdische Station und der Zugänge durchgeführt. Der Siegerentwurf sieht Sichtbetonflächen ohne vorgehängte Verkleidungen vor. Die technische Ausrüstung muss in die Stahlbetonkonstruktion integriert werden. Öffnungen und Stempel in der Decke sind geometrisch als Freiformen beschrieben. In Summe gibt es 13 Öffnungen und 61 Stempel in der 120 m langen Decke. Die Öffnungen übernehmen die Funktion der Tagesbelichtung und Entrauchung im Brandfall. Die Stempel sorgen für künstliches Licht und eine bessere Akustik.

Spätestens zu diesem Zeitpunkt müssen die Parallelplanungen Ingenieurbau und Tragwerk sowie Architektur zu einer integralen Planung verzahnt

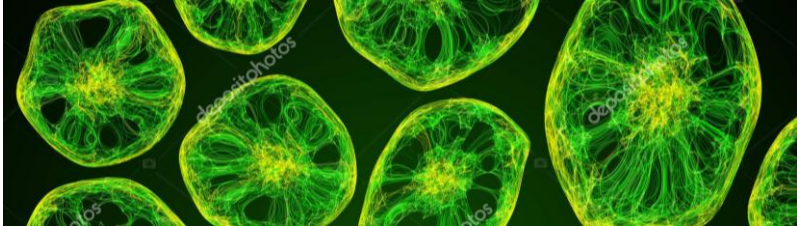
werden. Diese interdisziplinäre Zusammenarbeit von Bauingenieuren und Architekten bereits in den frühen Planungsphasen ist die Voraussetzung dafür, dass der preisgekrönte Gestaltungsentwurf termingerecht und ressourcenschonend umgesetzt werden kann.

Tragwerks- und bauausführungsrelevante Kriterien werden in der integrierten Ingenieurbau-, Tragwerks und Architekturplanung des Unterirdischen Bahnhofs ebenso erfüllt wie die soziokulturellen Aspekte der Gestaltung. Zu einer zuverlässigen und wirtschaftlichen baupraktischen Umsetzung des Gestaltungsentwurfs wird die Gestaltungsplanung entsprechend der relevanten Kriterien optimiert. Im Rahmen der Entwurfsplanung werden die Anordnung optimiert und die Geometrie der Zellen vereinfacht.

Im Folgenden wird herausgearbeitet, welche Herausforderungen bei der Planung des Bauwerks gemeistert werden müssen und worauf zu achten ist, wenn Gestaltung und Funktion in Einklang zu bringen sind.

## **Einklang von Gestaltung und Funktion**

Die Abb. 2 zeigt die Entwicklung des Deckenspiegels der Stationsdecke während der Planung in vier Schritten. Ursprünglich war für das Projekt eine funktional orientierte Deckenkonstruktion mit vier rechteckigen Entrauchungsöffnungen vorgesehen. Diese Öffnungen dienten primär der technischen Erschließung und waren in ihrer Form und Position klar definiert (Abb. 2, a). Im Rahmen eines nachgelagerten Gestaltungswettbewerbs (Abb. 2, b) wurde der Entwurf grundlegend überarbeitet. Der neue gestalterische Ansatz sah eine Vielzahl freiförmiger Öffnungen und Nischen vor, die der Decke ein amorphes Erscheinungsbild, wie eine Zellstruktur unterm Mikroskop (Abb.1) verleihen sollten. Glatter Sichtbeton bildet die Grundlage für diese Idee. Die Freiformen greifen den Kontext des Standorts – Forschungsschwerpunkt Biotechnologie – auf und übertragen ihn in die architektonische Sprache.



**Abb. 1:** Leben unter dem Mikroskop, Bildquelle: depositphotos.com

In einer ersten Iteration (Abb.2, c) wurden wesentliche Anpassungen in Bezug auf die Tragwirkung der einachsrig gespannten Decken durchgeführt.

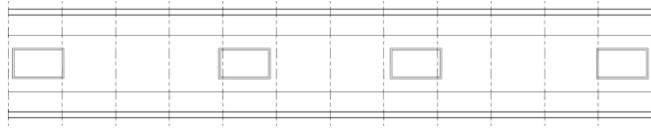
- Ausbildung deckengleicher Stege von Wand zu Wand
- Maximale Blocklängen von 20 m
- Mindestabstände zwischen den Öffnungen und Nischen und von den Blockfugen
- Reduktion der Überschüttungshöhe

In einer zweiten Iteration (Abb. 2, d) folgten weitere Optimierungen in Bezug auf den Kraftfluss. Somit konnten Spannungsspitzen und stark ausgenutzte Bereiche noch weiter reduziert werden.

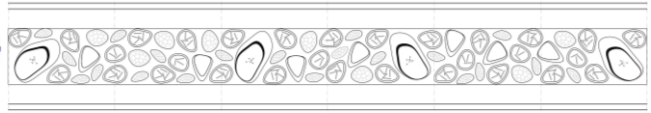
- Verformungen und Verschiebungen der Zellen
- Gezielte Minimierung von Querschnittschwächungen in hoch beanspruchten Bereichen

## Neuer Abschnitt der U6 München nach Martinsried - U-Bahnhof unterm Mikroskop

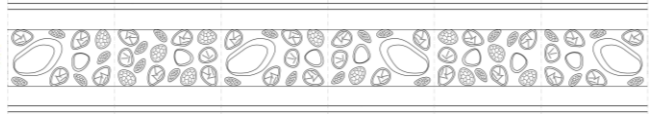
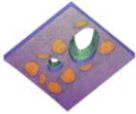
---



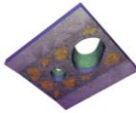
a) Unterteilung in Blöcke



b) Die Zellen entstehen



c) Die Zellen entzerren sich



d) Die Zellen verformen sich

**Abb. 2:** Entwicklung Deckenspiegel im Zuge der integrierten Ingenieurbau-, Tragwerks- und Architekturplanung: Ursprünglicher Deckenspiegel (a), Ergebnis Gestaltungsentwurf (b), 1. Iteration Angleichen Gestaltung und Funktion (c), 2. Iteration Angleichen Gestaltung und Funktion (d)

Das organisch-zellulare Design inspiriert den Entwurf nicht allein visuell. Maximaler Selbsterhalt durch Einfachheit spielt auch in der Anordnung der Teile zueinander eine Rolle. Durch die in den Rohbau integrierte Gestaltungsidee ist die Konstruktion direkt zugänglich und gut zu erhalten.

Das Konzept der Bewehrungsführung sieht eine Tragbewehrung oberhalb der Nischen vor. Die Tragbewehrung wird deshalb nur durch die Öffnungen getrennt. In den Stegen zwischen den Stempeln muss die Rissbreite begrenzt werden. Dazu dient eine Rissbreitenbewehrung.

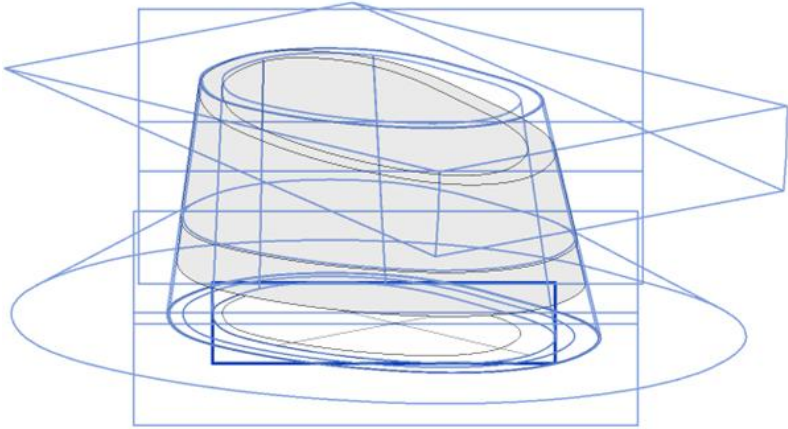
Die Revision ist durchweg gegeben, ohne – wie sonst im U-Bahnbau üblich – die Fassaden und abgehängten Decken zur Inspektion der Konstruktion großflächig zu entfernen.

Bei einer Sichtbetondecke müssen die Leitungen für die Betriebstechnik im Konstruktionsbeton verlegt werden. Die Herausforderung besteht darin, dass deshalb bereits für die Planung des Ingenieurbauwerks alle geplanten Leitungen und Auslässe im Detail berücksichtigt werden müssen. Durch den iterativen Planungsprozess und Kommunikation der Belange auf Augenhöhe zwischen den Fachgewerken Ingenieurbau, TGA, Architektur, Lichtplanung sowie Brandschutz konnte die funktionsfähige Deckengestaltung im Einklang bestimmt werden.

Die Sichtbetonklasse der Deckenuntersicht ist SB3 mit SHK3 und AF4. Gem. DBV-Merkblatt Sichtbeton wurde ein Musterabschnitt zur Erprobung ausgeschrieben. Die Erprobung erfolgt anhand eines Musterabschnitts an einem Tunnelquerschnitt im Maßstab 1:1. Zusätzlich dazu wurden bereits im Zuge der Planung Schalungsmusterpläne erstellt. Die Optimierung der Konstruktion sowie die große Planungstiefe haben die bautechnische Realisierbarkeit mit vertretbarem Aufwand hinsichtlich Termine und Kosten ermöglicht.

## **Anwendung der BIM-Methode**

Die wesentlichen Gestaltungselemente der zellförmigen Licht- und Entrauchungsöffnungen sowie Deckenstempel weisen mehrere Besonderheiten auf. Die Schächte der Öffnungen verjüngen sich von unten nach oben, haben eine veränderliche Wandstärke und ihre Oberkante ist nicht horizontal. Die Grundgeometrie der Lichtöffnungen unterscheidet sich zudem von den Entrauchungsöffnungen. Um die stark veränderliche Geometrie bei der Ausführungsplanung zutreffend und effizient abbilden zu können, wurde die Planung mit einem digitalen Bauwerksmodell erbracht. So ist es mit wenig Aufwand auch möglich beliebig viele Hilfsschnitte für die Bewehrungs- und Schalplanung zu erzeugen und die Planung der Fachgewerke zu integrieren. Die Übergabe der Geometrie an den Schalungsbauer wird durch die Übergabe des 3D-Modells deutlich erleichtert.



**Abb. 3:** Zusammensetzung der Geometrie einer Entrauchungsöffnung im Revit-Modell

Eine Herausforderung bei der Umsetzung der Planung war die vom Architekten zur Verfügung gestellte 3D-Geometrie, für deren Erstellung NURBS (Non-uniform rational B-Splines) verwendet wurden. Die Software zur Erstellung der Schal- und Bewehrungsplanung (Autodesk Revit 2022) unterstützt NURBS nur eingeschränkt und bietet keine Werkzeuge für die Modellierung von NURBS. Beim Export der Geometrie in das Übergabeformat für die Schalplanung wurden die NURBS automatisch in Kreisbögen und Geraden umgewandelt. Hierdurch entstehen Knicke und Abweichungen von der Originalgeometrie von bis zu 2 cm. Um dies zu beheben wurde die Grundform geglättet. Es wurden korrigierte Kanten und Hilfskanten aus Radien und Geraden erstellt, aus denen die 3D-Geometrie neu erzeugt wurde. Minimale Knicke konnten akzeptiert werden. Die Oberflächen wurden bewusst einfach gekrümmt gewählt, um eine baupraktisch vorteilhafte Geometrie zu erhalten. Somit kann die Schalhaut aus konventionellen Materialien hergestellt werden.

Die Positionierung der Zellen erfolgte mittels eines Dynamo-Skripts. Ihre Ausrichtung erfolgt an Referenzpunkten und -achsen. Das Skript ermöglicht eine präzise und beschleunigte Positionierung und ggf. eine vereinigte, nachträgliche Anpassungsmöglichkeit.

Im Zuge der BIM-Planung wurde darüber hinaus der gesamte Tunnelabschnitt achsbasiert modelliert. Hierzu zählt sowohl der Rohbau des Tunnels als auch das Masse-Feder-System und weitere Einbauten, wie Geländer und Kabelkanäle. Hierdurch konnte eine wirtschaftliche Bearbeitungsweise der Planung erzielt werden. Die Implementierung der rohbaurelevanten Fachplanung in das Bauwerksmodell ermöglichte zudem die Prüfung auf Kollisionen und Übereinstimmung an Schnittstellen.

Die Erstellung der Schalpläne erfolgte vollständig aus der Planableitung des Modells. Je Schachtgeometriety (und Stempelgeometriety) wurde ein gesonderter Detailplan erstellt. In den Schalplänen sind die Detailgeometrien über den definierten Mittelpunkt und deren Achsen verortet. Aufgrund der BIM-Bearbeitung war es möglich Absteckpunkte und Einbauteillisten automatisiert zu erstellen.

## **Einblicke in die Ausführungsphase**

Zur Optimierung und Verifizierung der Sichtbetonausführung wurden ein Musterabschnitt erstellt, an dem die Schalungsprinzipien, die Intarsien in drei Varianten und die Schalung für die Stempel erprobt werden konnten. Zur Festlegung der geeigneten Schalung der Deckenstempel wurden von der Baufirma sechs Muster mit unterschiedlicher Schalungstechnik und Schalhaut erstellt. Beim ersten Muster konnte die Schalung eines Stempels auch unter einer Last von mehreren Tonnen nicht zerstörungsfrei aus der Nische entnommen werden. Im Zuge der weiteren Versuche konnte eine optimale Schalungstechnik erzielt werden.

Neuer Abschnitt der U6 München nach Martinsried - U-Bahnstation unter dem Mikroskop



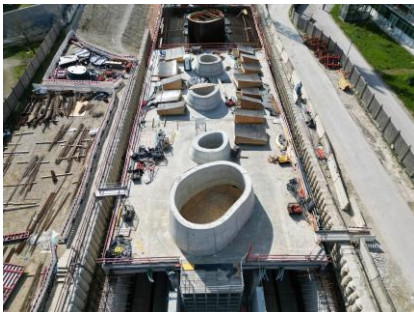
a) Ansicht einer 20m langen Wand im Stationsbereich mit Intarsien „Martinsried“



b) Luftbild Bewehrung einer Decke



c) Schalung von zwei Öffnungen



d) Luftbild auf Station im Bauzustand



e) Ausschalbild von unten

**Abb. 4:** Ansicht 20m lange Wand Stationsbereich mit Intarsien „Martinsried“ (a), Luftbild Bewehrung einer Decke (b), Schalung zweier Öffnungen (c), Luftbild auf Station Bauzustand (d), Ausschalbild von unten (e); Bilder: LEONHARD WEISS

Bei dicken Bauteilen ist anzustreben eine geringe Wärmeentwicklung bei einer verzögerten Festigkeitsentwicklung zu erzielen. Gleichzeitig soll für eine gleichmäßige Betonfarbe so früh wie möglich ausgeschalt werden. Für eine gleichbleibende Betonfarbe soll weiterhin die Betonrezeptur nicht verändert werden. Zur Sicherstellung einer gleichbleibenden Rezeptur wurde eine langsam erhärtende Betonsorte aus Reinzement ohne Flugasche verwendet. Die maximalen Bauteiltemperaturen in Probekörpern lagen bei winterlichen Temperaturen unter 50°C mit dem Ziel bei sommerlichen Temperaturen 60°C nicht zu übersteigen.

## Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit basiert auf drei zentralen Bereichen – auch Säulen der Nachhaltigkeit genannt: ökologisch, sozial und ökonomisch.

Die ökologische Dimension umfasst ressourcenschonendes Bauen welches im Projekt mit minimalem Materialeinsatz, energieeffizienter Tageslichtbeleuchtung und geringer Grundwasserbeeinträchtigung umgesetzt werden konnte. Eine optimierte Baulogistik, die Sperrungen von öffentlichen Verkehrswegen (Straßenverkehr, Rad- und Fußgängerverkehr und ÖPNV) vermeidet, reduziert CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch Umleitungen oder Ausweichen auf PKWs entstehen würden. Sozial nachhaltig ist das Projekt durch barrierefreie Zugänge, den Verzicht auf Stützen am Bahnsteig, was das Sicherheitsgefühl erhöht. Ein weiterer wesentlicher Aspekt der soziokulturellen Kriteriums ist die Integration der begrünten Bahnhofsdache ins Ortsbild. Der durch den Tunnel und das Masse-Feder-System gegebene Schallschutz und die wetterunabhängige Taktung steigern die Lebensqualität. Ökonomisch überzeugt die Planung durch eine robuste, wartungsfreundliche Bauweise und die Nutzung von Erfahrungswerten aus dem Bestand der SWM. Die Anbindung von Forschungseinrichtungen wie LMU und MPI fördert die Forschung und stärkt die lokale Wirtschaft. Zudem ist eine spätere Streckenerweiterung ohne erhebliche Umbaumaßnahmen möglich.

## **Fazit**

In einem interdisziplinären Abstimmungsprozess wurde der Deckenspiegel des U-Bahnhofs wie unter dem Mikroskop als Referenz zum Biotechnologiepark südwestlich von München im Planegger Ortsteil Martinsried entworfen. Ziel war es, einen Einklang zwischen Gestaltung und Funktion herzustellen. Die freiförmigen Öffnungen wurden in ihrer Anzahl und Geometrie optimiert, sodass sie sowohl den gestalterischen Anspruch als auch die technischen und ökonomischen Anforderungen erfüllen konnten. Dabei kam die BIM-Methode zum Einsatz, um die komplexe Aufgabe effizient und baupraktisch sinnvoll zu lösen.

Das Ergebnis ist eine Deckenstruktur, die durch ihre Gestaltung überzeugt und die vielfachen Funktionen – wie Beleuchtung mit Tages- und künstlichem Licht, Belüftung, Entrauchung und Akustik in integraler Weise vollumfänglich erfüllt. Der aktuelle Stand der baulichen Umsetzung ist der Beleg für die Bedeutung einer frühzeitigen und einer eng verzahnten Zusammenarbeit zwischen Ingenieurbau, Tragwerksplanung, Architektur und Gebäudeausstattung insbesondere bei öffentlichen Infrastrukturprojekten mit hoher Relevanz der Gestaltung und städtebaulichen Einbindung.