

# **FREIRAUM für FREIBERG**

(alt: Neue Grüne Mitte FaN)

Eine Landschaftsbrücke in hybrider Leichtbauweise mit  
Wohn- und Bürobebauung über die A81 für mehr Grün in  
Freibergs Mitte

## **Abschlussbericht**

Gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und  
Wohnungsbau, Baden-Württemberg

Autoren

Dr. Michael Herrmann (str.ucture GmbH)  
Mark Arnold, Arne Fentzloff, Simon Otterbach  
(ARCHITEKTUR 109)

Dr. Johannes Hawlik (octopus GmbH)  
Lilly Kunz-Wedler (LW Konzept)

Stand: 13.03.2020

## Kurzfassung

Das Konzept „Neue grüne Mitte FaN“ sieht eine Überbauung der Bundesautobahn A81 in Freiberg am Neckar in einem ersten zentralen innerstädtischen Abschnitt vor. Zwischen der Überführung der Württemberger Straße im Norden und der Unterführung der Bilfingerstraße im Süden wird über eine Länge von <400 m eine Überdeckung der Autobahn in hybrider Leichtbauweise mit Wohn- und Bürogebäuden sowie öffentlichen Grünflächen vorgesehen. Diese qualitätsvolle Innenentwicklung erschließt eine zentrale innerstädtische Brache als Stadtquartier und schafft erstmals einen breiten Brückenschlag zwischen den bisher getrennten Teilgemeinden. Ein von Lärm- und Luftverschmutzung geprägter Einschnitt wird in hochwertigen Grün- und Wohnbereichen konvertiert. Es entsteht ein neues Wahrzeichen für die Innovationskraft der Stadt.

**Schlagwörter:** Überdeckung, Innenentwicklung, Leichtbau, Grünbrücke, Nachverdichtung, Wohnbrücke

## Projektbeteiligte

Stadt Freiberg am Neckar

Bürgermeister Dirk Schaible

Tel: 07141.278-125, Homepage: [www.freiberg-an.de](http://www.freiberg-an.de)

Regina Göhringer, Marktplatz 2, 71691 Freiberg am Neckar

Telefon: +49 (0)7141.278-616, E-Mail: [r.goehringer@freiberg-an.de](mailto:r.goehringer@freiberg-an.de)

Homepage: [www.freiraumfreiberg.de](http://www.freiraumfreiberg.de)

Initiator: Landtagsabgeordneter Fabian Gramling MdL

Haus der Abgeordneten, Konrad-Adenauer-Straße 12, 70173 Stuttgart

Telefon: +49 (0)711.2063-8104, Homepage: [www.fabian-gramling.de](http://www.fabian-gramling.de)

Mit-Initiator: Landesagentur für Leichtbau BW

Dr. Wolfgang Seeliger, Breitscheidstraße 4, 70174 Stuttgart

Telefon: +49 (0)711.128988-40, Homepage: [www.leichtbau-bw.de](http://www.leichtbau-bw.de)

Ideengeber und Tragwerksplanung: str.ucture GmbH

Dr. Michael Herrmann, Lindenspürstr. 32, 70176 Stuttgart

Telefon: +49 (0)711.341 865-51, E-Mail: [herrmann@str-ucture.com](mailto:herrmann@str-ucture.com)

Architektur und Städtebau: ARCHITEKTUR 109

Arne Fentzloff, Mark Arnold, Simon Otterbach, Hohnerstraße 23, 70469 Stuttgart

Telefon: +49 (0)711.505081-80, E-Mail: [info@architektur109.de](mailto:info@architektur109.de)

Brandschutz: LWKONZEPT

Dipl.-Ing. Lilly Kunz-Wedler, Breitscheidstraße 131A, 70176 Stuttgart

Telefon +49 (0)711.993367-40, E-Mail: [brandschutz@lwkonzept.de](mailto:brandschutz@lwkonzept.de)

Rechtliche Rahmenbedingungen: Menold Bezler Rechtsanwälte Partnerschaft mbB

Rechtsanwälte: Dr. Steffen Kircher, Alexander Häcker und Felix Wolfrum

Rheinstahlstraße 3, 70469 Stuttgart

Telefon: +49 (0) 711.86040-382, Homepage: [www.menoldbezler.de](http://www.menoldbezler.de)

Kostenplanung: OCTOPUS GmbH

Dr.-Ing. Johannes Hawlik, Buowaldstr. 24, 70619 Stuttgart

Telefon +49 (0) 711.96883929, E-Mail: [info@octopusrealestate.de](mailto:info@octopusrealestate.de)

Schallschutz: Ingenieurbüro cape

Florian Deisinger, Friedhofstraße 44, 74366 Kirchheim am Neckar

Telefon: +49 (0)7143.3309460, E-Mail: [deisinger@cape-ingenieure.de](mailto:deisinger@cape-ingenieure.de)

Erstellung VR Model: Filmakademie Ludwigsburg

Felix Bucella - Research & Development, Akademiehof 10, 71638 Ludwigsburg

Telefon: +49 (0)7141.969 82812, E-Mail: [felix.bucella@filmakademie.de](mailto:felix.bucella@filmakademie.de)

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>Projektbeteiligte</b> .....	<b>3</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>9</b>
<b>Projektbeschreibung</b> .....	<b>10</b>
<b>Ziele</b> ... ..	<b>12</b>
<b>Arbeitsprogramm</b> .....	<b>14</b>
<b>1 Orientierungsgespräch mit Grundstückseigentümer</b> .....	<b>15</b>
<b>2 Geltende Richtlinien und Anforderungen</b> .....	<b>16</b>
<b>3 Öffentlichkeitsarbeit</b> .....	<b>17</b>
<b>4 Städtebaukonzept und Topographie</b> .....	<b>18</b>
4.1 Leitidee .....	18
4.2 Städtebauliche Situation .....	18
4.3 Erschließung .....	19
4.4 MehrNutzenHaus©.....	19
4.5 Punkthaus .....	20
4.6 Wohnzeile.....	21
<b>5 Geologie</b> .....	<b>22</b>
5.1 Bestehendes Baugrundgutachten für den Neubau der Oscar Paret Schule .....	22
5.2 Erdbebenzone .....	22
5.3 Einschätzung der Gründungssituation .....	22
5.4 Extrapolation auf das Baufeld FfF .....	25
<b>6 Rechtliche Rahmenbedingungen</b> .....	<b>26</b>
<b>7 Tragwerkskonzept</b> .....	<b>29</b>
7.1 Planungsgrundlagen und Richtlinien.....	29
7.2 Hybride Tragstruktur .....	32

---

7.2.1	Modul 1: Leichte Grünbrücke .....	34
7.2.2	Modul 2a: Fachwerkverbundbrücken über die Autobahn mit aufgehender Bebauung .....	37
7.2.3	Modul 2b: Hohldeckel über der Autobahn mit aufgehender Bebauung.....	40
7.2.4	Modul 3: Erschließungsbrücke über der Autobahn.....	42
7.2.5	Modul 4: Gebäude neben der Autobahn bzw. auf dem Hohldeckel.....	43
<b>8</b>	<b>Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....</b>	<b>44</b>
8.1	Kostenermittlung .....	44
8.1.1	Massen.....	44
8.1.2	Ermittlung der Kosten .....	47
8.2	Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	55
<b>9</b>	<b>Brandschutzkonzept.....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>Betrachtungen zum Schallschutz .....</b>	<b>64</b>
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung und Empfehlungen .....</b>	<b>66</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>71</b>
	<b>Anhang A: Tragwerk.....</b>	<b>74</b>
	Anhang A1: Positionspläne Tragwerk Modul 2b .....	74
	Anhang A2: Bilder vom 3D-Modell.....	75
	<b>Anhang B: Zeichnungen Städtebau .....</b>	<b>81</b>
	<b>Anhang C: Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsberechnung.....</b>	<b>82</b>
	<b>Anhang D: Gutachterliche Stellungnahme Recht.....</b>	<b>84</b>
	<b>Anhang E: Vorbemessung Tragwerk Modul 2a und 2b .....</b>	<b>85</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vogelperspektive Freiraum für Freiberg .....	11
Abbildung 2: Ausschnitt der geologischen Karte .....	23
Abbildung 3: Verteilung der Kleinbohrungen .....	24
Abbildung 4: Innerstädtischer Einschnitt der A81, Quelle: Google Maps .....	29
Abbildung 5: Luftbild der Verkehrsschneise in Freiberg, Quelle: FaN .....	30
Abbildung 6: RQ 43,5 Quelle: Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA), Nummer 202, Ausgabe 2008 .....	31
Abbildung 7: Lichter Raum Autobahn Quelle: Prof. Christian Lippold, TU Dresden...	31
Abbildung 8: Wechsel zwischen überbauten Bereichen und leichten Grünbrücken.....	32
Abbildung 9: Explosionszeichnung der Tragwerksmodule.....	33
Abbildung 10: Positionsplan Querschnitt A-A Modul 2b (siehe Anhang A1).....	34
Abbildung 11: Modul Grünbrücke .....	35
Abbildung 12: Fachwerkverbundbrücke .....	37
Abbildung 13: Typen an Fachwerkträgern .....	38
Abbildung 14: Modul Hohldeckel .....	40
Abbildung 15: Tragsystem Modul Hohldeckel im Fall Tiefgarage, magenta: Hauptträger geschossene Wände, grün: Nebenträger .....	41
Abbildung 16: Modul Erschließungsbrücke .....	42
Abbildung 17: Bauwerkstypen auf der Überdeckung.....	43

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sicherheitsanlagen für Straßentunneln (FGSV-RABT 2016) [1].....	16
Tabelle 2: Matrix zur Gegenüberstellung von denkbaren Gestaltungsmöglichkeiten zur Schaffung von Wohnraum auf einer Einhausung, vgl. [3] .....	27
Tabelle 3: Abmessung der Tragwerksmodule .....	33
Tabelle 4: Modul 1 – Leichte Grünbrücke – Massen für ein Modul .....	44
Tabelle 5: Modul 2a Fachwerkverbundbrücke – Massen für ein Modul.....	45
Tabelle 6: Modul 2b Hohldeckel – Masse für ein Modul.....	45
Tabelle 7: Modul 3 Erschließungsbrücke – Massen für ein Modul.....	45
Tabelle 8: Geländemodellierung / Vorbereitende Maßnahmen - Massen .....	46
Tabelle 9: Außenanlagen auf Deckel ohne Flächen der Grünbrücken M1 - Massen .....	46
Tabelle 10: Außenanlagen neben Deckel - Massen.....	46
Tabelle 11: Ausbau des Deckels „Untergeschoss“ - Massen .....	46
Tabelle 12: Bebauung des Deckels .....	47
Tabelle 13: Modul 1 – Leichte Grünbrücke – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt. ....	48
Tabelle 14: Modul 2a Fachwerkverbundbrücke – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.....	49
Tabelle 15: Modul 2b Hohldeckel – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.....	49
Tabelle 16: Modul 3 Erschließungsbrücke – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.....	49
Tabelle 17: Technische Ausstattung Tunnel - Kosten: 4. Q 2019, inkl. MwSt.....	50
Tabelle 18: Modellierung / Vorbereitende Maßnahmen – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.....	50
Tabelle 19: Außenanlagen auf Deckel - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.....	50
Tabelle 20: Außenanlagen neben Deckel - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.....	51
Tabelle 21: Ausbau des Deckels „Untergeschoss“ - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt. ....	51
Tabelle 22: Bebauung des Deckels - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt. ....	52
Tabelle 23: Übersicht KG 200 – 700 Gesamtprojekt; Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt...	53
Tabelle 24 C1: Wirtschaftlichkeitsberechnung FfF.....	82
Tabelle 25 C2: Wirtschaftlichkeitsberechnung FfF - Residualwert .....	83



## Vorwort

Der Abschlussbericht entstand im Rahmen einer Zuwendung des Landes Baden-Württemberg (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau) zur Projektförderung „Neue Grüne Mitte“ Freiberg am Neckar.



Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und  
Wohnungsbau Baden-Württemberg

Dank gilt auch der Internationalen Bauausstellung 2027 StadtRegion Stuttgart (IBA 2027) für die Aufnahme als Netzprojekt sowie der damit verbundenen Unterstützung.

Weiterer Dank gilt Herrn Dr. Seeliger von der Leichtbau BW der als Initiator alle Projektbeteiligten vernetzt hat und für seinen Einsatz zur Verbreitung des Leichtbaus.

Besonderer Dank gebührt dem Landtagsabgeordneten Herrn Fabian Gramling für die politische Initiierung der Idee.

## Projektbeschreibung

Die A 81 mit 6 Fahrstreifen und 2 Pannestreifen verläuft durch die Stadtmitte von Freiberg am Neckar und liegt in einem Geländeeinschnitt, welcher in das Neckartal führt. Die Autobahn mit einer Breite (einschließlich Böschungsflächen) von ca. 90 Metern hinterlässt eine deutliche städtebauliche Zäsur. Die Angrenzer leiden unter den Emissionen, insbesondere dem Verkehrslärm. Hiervon sind sowohl die Wohngebiete beidseitig der A81, sowie das direkt anliegende Stadtzentrum betroffen. Die Sportanlagen des Oscar-Paret-Schulzentrums liegen 25m Luftlinie, die Klassenräume des Neubaus 40m entfernt von der Autobahn. Der Ausbau der A81 von 6 auf 8 Spuren wird die Belastung weiter erhöhen. In Freiberg besteht ein erheblicher Nachfragedruck auf dem Wohnungsmarkt. Dieser kann nicht durch die vorhandenen Reserveflächen, einschließlich der Nutzung innerstädtischer Nachverdichtungspotentiale angemessen reduziert werden.

Das Konzept „Freiraum für Freiberg“ (FF) sieht eine Überbauung der A81 in Freiberg am Neckar in einem ersten zentralen innerstädtischen Abschnitt vor. Zwischen der Überführung der Württemberger Straße im Norden und der Unterführung der Bilfinger Straße im Süden wird auf einer Länge von <400 m eine innovative Überdeckung der Autobahn in hybrider Leichtbauweise mit Wohn- und Bürogebäuden sowie öffentlichen Grünflächen geplant. Diese Überbauung ergänzt die aktuell stattfindende qualitätsvolle Innenentwicklung und erschließt eine zentrale innerstädtische Brache als Stadtquartier. Sie schafft erstmals eine städtebauliche Verbindung zwischen den bisher getrennten Teilgemeinden. Ein von Lärm- und Luftverschmutzung geprägter Einschnitt wird in hochwertige Grün- und Wohnbereiche konvertiert. Es entsteht ein neues Wahrzeichen für die Innovationskraft der Stadt.



Abbildung 1: Vogelperspektive Freiraum für Freiberg

## Ziele

### BAUKULTUR einer NEUEN MODERNE:

F f F nutzt Architektur und Ingenieurbaukunst um eine lärm- und schmutzbelastete Verkehrsschneise zur lebenswerten Stadtregion zu konvertieren. Das Konzept besticht durch die Idee den angespannten Wohnungsmarkt zu entlasten und den Lebensraum für die Bürger von Freiberg am Neckar aufzuwerten, ohne den für eine Metropolregion notwendigen Verkehr einzuschränken. Es kann Planungsleitbild für gemischte Quartiere mit dichter Bebauung, verträglichem Verkehr und hoher Lebensqualität werden, weit über die Stadtregion hinaus.

### REGION ist STADT und STADT ist REGION:

F f F fördert das Ideal einer polyzentrischen Region. Verdichtung ohne Flächenfraß bei gleichzeitigem Schaffen von Grün- und Freiräumen. Ökologische Aufwertung bei wachsendem Siedlungsdruck und stärkere Vernetzung mit der Region (ÖPNV). Die Herausforderungen sind komplex, sie betreffen alle Bereiche des Lebens und Arbeitens in einer modernen Zeit und können nicht mehr nur auf kommunaler Ebene, sondern zusammen mit der Region, dem Land und dem Bund gelingen.

Die Beteiligung und Einbeziehung der Öffentlichkeit an diesem zukunftsweisenden Projekt ist rege und soll durch eine Projekthomepage, Informationskampagnen und Bürgerworkshops weitergeführt werden. In Zusammenarbeit mit der Filmakademie LB entsteht derzeit ein AR Modell zur Visualisierung

### INTEGRIERTE QUARTIERE:

F f F steht für eine Vermischung der Wohn- und Arbeitswelt mit öffentlichen Nutzungen. Durch die zentrale Lage entsteht ein dichtes Quartier in unmittelbarer Nähe zu allen Bereichen des öffentlichen Lebens, des Bedarfes und der Bildung. Neue Mobilitätskonzepte mit gesharten Verkehrsmitteln können von möglichst vielen Personen genutzt werden. Die Anbindung an das S-Bahnnetz der Region wird auch für das abgetrennte Geisingen fußläufig attraktiv. Die beiden Zukunftskonzepte "neue emissionsarme Mobilität" und "bewohnter Lärmschutzdeckel als Grünbrücke" können sich gegenseitig potenzieren. Nirgends sonst als hier lassen sich die wechselseitig positiven Auswirkungen besser wahrnehmen.

**NEUE TECHNOLOGIEN für die LEBENSWERTE STADTREGION:**

Die Innovation besteht darin Flächen in einem Raum zu schaffen, der erst durch dieses Projekt entsteht und vorher sprichwörtlich „luftleerer Raum“ war. Die bautechnische Innovation der Überdeckung besteht in der Leichtbauweise der Grünbereiche sowie der Integration des modularen Spannbetonhohlkastens für die Überspannung von 4 Fahrspuren. Die Gewichtsersparnis der leichten Grünbrücken beträgt über 90% gegenüber Massivkonstruktion mit einer stark verbesserten Ökobilanz aufgrund eines deutlich geringeren Masseneinsatzes. Konversion einer lärm- und schmutzbelastete Verkehrsschneise zur lebenswerten Stadtregion mit viel Grün und Aufenthaltsqualität verbessert nachhaltig das Stadtklima. Das Projekt wird an digitalen 3D Modellen interdisziplinär geplant und ist offen für innovative Produktionsprozesse, der möglichen Projektpartner. Gesteuerungskosten sowie Lebenszykluskosten der eingesetzten Materialien werden transparent visualisiert und können überwacht werden, um so zu weiteren Erkenntnissen und Innovationen beizutragen.

Das Projekt besitzt INTERNATIONALE RELEVANZ, da:

Die stetig wachsenden Bevölkerungszahlen und der damit verbundene Flächenbedarf macht es erforderlich, neue Lösungswege zu finden, die den Urban-Sprawl eindämmen indem vorhandene Räume nutzbar gemacht werden. Die Situation innerstädtischer Verkehrsschneisen besteht tausendfach weltweit. Viele Städte setzen auf eine Nachverdichtung um dem Wohnraummangel entgegen zu treten. Gleichzeitig werden Verkehrswege außer und innerorts teilüberdeckelt. Die Idee bereits versiegelte Flächen zu überdeckeln um mit einer durchgrünten Wohnbebauung die Flächenversiegelung rückzubauen und gleichzeitig Wohnraum zu schaffen, bietet riesiges Potential, insbesondere für Städte mit hohen Schall- und Abgasemissionen. Weltweit streben, beispielsweise Städte wie Singapur, das Ideal der "Garden City" an. In solchen Extremsituationen bedeutet der Rückbau der Flächenversiegelung auch eine Verbesserung des Stadtklimas. Damit könnte das Projekt Freiraum für Freiberg Vorbildcharakter für viele Autobahn- und Straßeneinschnitte außer- und innerorts weltweit haben.

„In Freiberg kann Zukunft geschrieben werden. Wir haben die Chance, Stadtentwicklung ganz neu zu denken. Wohnraum ohne Flächenfraß, Autobahnausbau trotz extrem naher Wohnbebauung und Schaffung eines attraktiven und lebendigen Stadtzentrums - hier kann aus einer visionären Idee ein konkretes Projekt werden, das Lebensqualität und Mobilität ideal verbindet und dabei immer den Menschen in den Mittelpunkt stellt. Mit der Internationalen Bauausstellung haben wir die einmalige Gelegenheit, den Scheinwerfer auf ein Leuchtturmprojekt weit über die Grenzen der Region Stuttgart hinaus zu richten.“, so der **Landtagsabgeordnete Fabian Gramling**.

## Arbeitsprogramm

Bewilligtes Arbeitsprogramm:

1. Orientierungsgespräch mit Grundstückseigentümer (Bund).
2. Topografie
3. Öffentlichkeitsarbeit
4. Weiterentwicklung Städtebaukonzepts und Freianlagen
5. Geologie
6. Rechtliche Rahmenbedingungen
7. Prüfung Konstruktion und ggf. Alternativen
8. Kostenermittlung
9. Wirtschaftlichkeitsberechnung (ggf. Finanzierungsplanung)
10. Koordination und Abstimmung mit den Planungsbeteiligten über gemeinsame Projektplattform
11. Dokumentation und Zusammenfassung der Ergebnisse

Nachträglich hinzugekommen:

12. Entwurf eines Brandschutzkonzepts für die Überdeckelung
13. Vorbetrachtungen zum Schallschutz

Die nachfolgende Struktur des Abschlussberichts **orientiert** sich am bewilligten Arbeitsprogramm.

Es sind **weder** die **Überschriften** noch die **Nummerierung** der Kapitel **identisch!**

# 1 Orientierungsgespräch mit Grundstückseigentümer

Eine bereits 2017 beauftragte Vorstudie zur hybriden Überdeckung der A81 in Leichtbauweise ist bei Mitgliedern von Ministerien in Baden-Württemberg, Mitgliedern des Regierungspräsidiums Stuttgart, dem Verband Region Stuttgart, der regionalen Politik und dem Gemeinderat in Freiberg am Neckar auf positive Resonanz gestoßen.

Im Rahmen der Zuwendung des Landes Baden-Württemberg (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau) zur Projektförderung „Neue Grüne Mitte“ Freiberg am Neckar konnte die hier vorliegende Machbarkeitsstudie ab April 2019 interdisziplinär beauftragt werden.

Im Juni 2019 hat sich die Stadt Freiberg am Neckar mit der Idee Freiraum für Freiberg als Projekt bei der Internationalen Bauausstellung 2027 Stadtregion Stuttgart beworben. Der Intendant Andreas Hofer bescheinigte bei seinem Besuch in Freiberg das Potential, die geforderten Qualitäten eines IBA 2027 Projektes erfüllen zu können. Seit Dezember 2019 liegt uns die Netzvereinbarung zur Ratifizierung und damit die Zusage, IBA 2027 Netzprojekt zu sein, vor.

Anfang Dezember 2019 waren erneut der Parlamentarische Staatssekretär beim BMVI, Steffen Bilger, Bundestagsabgeordneter Eberhard Gienger und Landtagsabgeordneter Fabian Gramling nach Freiberg gekommen, um sich über den aktuellen Stand der Machbarkeitsstudie aus erster Hand zu informieren. Alle Beteiligten äußerten sich positiv zu der Idee und dem Vorhaben.

Bei dem Treffen wurde die Stadt Freiberg am Neckar über die aktuell stattfindende Umorganisation beim Bund hinsichtlich Planung, Bau, Betrieb, Unterhalt und Finanzierung von Bundesautobahnen und der Bündelung dieser Aufgaben in einer künftigen Autobahn GmbH informiert.

Mit den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie in Händen sind weitere Gespräche mit Vertretern des Bundes und der Autobahn GmbH, des Landkreises, der Stadtregion Stuttgart und dem Land Baden-Württemberg geplant.

Die erarbeitete Homepage [www.freiraumfreiberg.de](http://www.freiraumfreiberg.de) und eine kompakte Publikation ist der Auftakt um in Form einer Bürgerbeteiligung mit den Freiburger Bürgern in einen weiteren Dialog zu treten.

Darüber hinaus ist eine aktive Teilnahme als anerkanntes Netzprojekt der IBA 2027 vorgesehen.

## 2 Geltende Richtlinien und Anforderungen

Bei der Überdeckung handelt es sich um einen Tunnel in offener Bauweise. Es gelten die Anforderungen aus den zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) und den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT).

Tabelle 1: Sicherheitsanlagen für Straßentunneln (FGSV-RABT 2016) [1]

**Tabelle 1: Sicherheitsanlagen für Straßentunnel (FGSV-RABT 2016)**

Sicherheitseinrichtungen		Tunnellängen [m]				
		< 400	≥ 400 < 600	≥ 600 < 900	≥ 900 < 1800	≥ 1800
Bauliche Anlagen	Nothalte- und Pannenbuchten			○	●	●
	Wendebuchten <sup>1)</sup>			○	●	●
	Überfahrten im Tunnel				○	●
	Notausgänge		●	●	●	●
	Notgehwege	●	●	●	●	●
	Entwässerung	●	●	●	●	●
Kommunikations- einrichtungen	Notrufeinrichtungen	2)	●	●	●	●
	Videüberwachung		●	●	●	●
	Tunnelfunk (BOS, Betrieb)	●	●	●	●	●
	Lautsprecheranlagen/Radioeinsprache	5)	●	●	●	●
Brandmeldeeinrichtungen	Manuelle Brandmeldeeinrichtungen		●	●	●	●
	Automatische Brandmeldeeinrichtungen	3)	●	●	●	●
Löscheinrichtungen	Handfeuerlöscher		●	●	●	●
	Löschwasserversorgung	4)	●	●	●	●
Orientierungsbeleuchtung			●	●	●	●
Fluchtwegkennzeichnung		●	●	●	●	●
Leiteinrichtungen		1)	●	●	●	●

● Standardausstattung

○ Ausstattung bei besonderer Erfordernis (z. B. besondere Charakteristik durch Kombination mehrerer risikobeeinflussender Faktoren)

1) bei Gegenverkehrstunneln

2) jeweils an den Portalen

3) erforderlich bei Tunneln mit mechanischer Lüftung

4) Hydranten oder Löschwasserbehälter an den Portalen (je Fahrtrichtung)

5) Tunnel mit Videüberwachung

Nach der ZTV-ING sind unter Ziffer 10.2 die thermischen Einwirkungen festgelegt, die zu berücksichtigen sind. Wegen der Bebauung auf dem Tunnel sind dabei die erhöhten Anforderungen mit einer Vollbrandphase  $T = 1.200^{\circ}\text{C}$  über 55 min anzusetzen.



### 3 Öffentlichkeitsarbeit

Um das Projekt für die Öffentlichkeit sichtbar darzustellen werden im Rahmen des Förderprojekts eine **Corporate Identity (CI)** und eine **Homepage** entwickelt, welche voraussichtlich im April 2020 online ist.

Für das CI ist unter anderem die Markenentwicklung Freiraum für Freiberg definiert und eine einheitliche visuelle Darstellung für die zukünftige Außenpräsenz des Projekts entwickelt worden. Diese wird maßgeblich durch das neue Logo transportiert.

Es spiegelt mit seiner leichten, durchbrochenen Schrift und der verbindenden 3-Punkt-Raumstruktur (sinnbildlich für die 3 Gemeinden) das Projekt zukünftig wieder.

Im Weiteren soll die Öffentlichkeit durch die entwickelte Website [www.FreiraumFreiberg.de](http://www.FreiraumFreiberg.de) über das Projekt informiert werden.

Unter dem Menüpunkt BÜRGER.RAUM bietet die Website den Bürgern Freibergs die Möglichkeit zu mehr Transparenz und Zugänglichkeit zum Projekt. Sie finden dort neben der Eigenpräsenz der städtebaulichen Entwicklung die Abbildung der Projektschritte, sowie eine interaktive Plattform zur Einbindung und zur Kontaktmöglichkeit.

Der Menüpunkt PROJEKT.RAUM richtet sich an eine andere Zielgruppe: Fachplaner, Projektpartner und Investoren. Für das Fachpublikum werden hier im Detail Informationen zur Projektvision und -planung bereitgestellt.

Auf weiteren Unterseiten finden sich Artikel zu leichten Grünbrücken, der IBA'27, Firmenprofile der beteiligten Partner, sowie der Kontakt zu Ansprechpartnern.

Den letzten Unterpunkt bietet der PRESSE.RAUM. Für Journalisten stehen hier speziell aufgearbeitete Information in Text und Bild, sowie Ansprechpartner bereit.

In einem weiteren Schritt der Öffentlichkeitsarbeit entsteht die **kompakte Publikation BLICKPUNKT**, die interessierten Bürgern, aber auch anderen Kommunen mit vergleichbaren Fragestellungen, zur Verfügung steht.

Die erarbeitete Homepage [www.FreiraumFreiberg.de](http://www.FreiraumFreiberg.de) und eine kompakte Publikation ist der Auftakt um in Form einer Bürgerbeteiligung mit den Freiburger Bürgern in einen weiteren Dialog zu treten.

Darüber hinaus ist eine aktive Teilnahme als anerkanntes Netzprojekt der IBA 2027 vorgesehen.

## 4 Städtebaukonzept und Topographie

### 4.1 Leitidee

Auf einem zunächst nicht vorhandenen Grundstück soll eine ca. 2 ha große, urbane Fläche gewonnen werden, die im Dialog zwischen statischer Konzeption, brandschutztechnischer Erfordernis und wirtschaftlichen Aspekten zu einer ablesbaren städtebaulichen Neuordnung entwickelt wird.

Vergleichbar mit der Komposition eines Musikstückes gibt das statische System den Takt vor, die Körnung der gesetzten Baukörper bildet den Rhythmus und mit der Einbindung in den Bestand zwischen Stadtmitte und Wohnbebauung entsteht die Melodie.

### 4.2 Städtebauliche Situation

Die Stadt Freiberg besteht aus den ehemals eigenständigen Gemeinden Beihingen, Heutingsheim und Geisingen. Mit dem Zusammenschluss entstand in Folge eine neue Mitte mit einem guten Nutzungsmix aus Bildung + Sport, Kultur, Handel + Dienstleistung sowie Wohnen und Verwaltung.

Das Zentrum von Freiberg bildet mit der mehrgeschossigen öffentlichen Bebauung in Ost-West-Ausrichtung einen rechten Winkel zu der aus Geisingen heranwachsenden 2-geschossigen Wohnbebauung mit nord-süd-ausgerichteter Erschließung. Die Autobahn schiebt sich in einem Taleinschnitt dazwischen und trennt den Ortsteil Geisingen vom Zentrum ab.

Vgl. Anhang B:

B1-Bestehende Struktur.pdf

B2-Sonnenverlauf.pdf

B3a-Collage Städtebau.pdf

B3b-Skizze Stadtbaustein\_1.pdf

B3b-Skizze Stadtbaustein\_2.pdf

Städtebauliches Konzept und Einbindung in die Topographie

Streng nach der statischen Grundstruktur einer Abfolge von überbrückenden Einheiten in der Maßabfolge 10 m - 16 m - 10 m - 16 m ... wird eine lineare, städtebauliche Figur entwickelt, die das Tragsystem der Überdeckung - und die zwingende Abhängigkeit zwischen Unterbau und Aufbau - nachvollziehbar darstellt.

Vgl. Anhang B:

B4-Entwurf + freier Tunnelquerschnitt.pdf

B5-Städtebau und Tragwerk.pdf

Tief in den Hang hineingeschnitten bilden die Böschungen entlang der Autobahn eine deutliche Zäsur im städtebaulichen Gefüge. Im relevanten Autobahnbereich von ca. 400 m differieren die sich gegenüberliegenden Böschungskronen in der Höhe um bis zu 2 m. Eine max. 4 % geneigte Überdeckung gleicht die Höhenunterschiede aus und bindet ebenerdig an die Bestandstopografie an.

Mit bisher nur einer Brücke und nun nahtloser Verbindung zwischen Stadtteil Geisingen und Stadtmitte entsteht über der Autobahn eine eigenständige neue städtebauliche Figur.

Eine Abfolge aneinandergereihter Einzelhäuser mit 2 – 3 Ebenen, nimmt die Körnung der im Westen bestehenden 2-geschossigen Ein- und Zweifamilien-bebauung auf. In lockerer Reihung und zur Mitte hin an Höhe zunehmend, stellen 4- bis 7-geschossige Punkthäuser die Verbindung nach Osten und den Übergang zur Stadtmitte her.

Vgl. Anhang B:

B6a-Schwarzplan.pdf

B6b-Arbeitsmodell.pdf

### 4.3 Erschließung

Das neu entwickelte Quartier erhält eine gut vernetzte Wegeverbindung zur umgebenden Bebauung. Der Anschluss des Fahrverkehrs erfolgt einseitig über die Neuordnung der westlich verlaufenden Straße und führt über Rampen zu vier Gemeinschaftsgaragen im Zwischenraum der Hohldeckelkonstruktion. Die Garagen nehmen insgesamt 160 Stellplätze auf. Die Feuerwehrezufahrt ist entlang der Ostseite organisiert. Die fußläufige Erschließung und der Fahrradverkehr im südlichen Bereich sind in der Bestandstopografie gewährleistet. Die Zufahrt und Anbindung an die Bilfinger Straße wird ausgebaut und in die Topografie neu eingebunden.

Der neu entstandene, grüne Freiraum erhält eine naturnahe Durchwegung für Fußgänger und Fahrradfahrer, sowie Aufenthaltsbereiche für Kinder und Erwachsene. Eine neue stadträumliche Qualität im Anschlussbereich zur Stadtmitte, Oscar-Paret-Schule und Wohnbebauung als Naherholungsfläche entsteht.

Vgl. Anhang B:

B7-Flächenaufteilung.pdf

B8-Parken.pdf

### 4.4 MehrNutzenHaus©

In gleichem Abstand hintereinander aufgereiht, erhalten die Einzelhäuser einen nach Westen orientierten Zwischenraum, mit Ausblick nach Norden und Süden. Dieser Freibereich dient der individuellen Nutzung. Die Erschließung erfolgt jeweils entlang der nördlichen Stirnseite.

In den Eingangsebenen sind die kommunikativen, offenen Bereiche in der Funktionsabfolge „Kochen + Essen + Wohnen = Allraum“ vorgesehen. Darüberliegend folgen die

Individualbereiche mit Schlafen, Kinderbereich und Bad.

Als MehrNutzenHaus<sup>®</sup> antwortet das Konzept auf aktuelle Bedürfnisse neuer Wohnformen, neuen Formen des sozialen Zusammenlebens. Innerhalb des Moduls wird die Möglichkeit offengehalten, den individuellen Lebensrhythmus und -raum weitgehend selbst zu gestalten: die Anfangsinvestitionen mit dem Grundmodul über zwei Ebenen niedrig halten und erst mit Familienzuwachs oder Veränderungen der persönlichen Lebenssituation das Gebäude um weitere Module nach oben ergänzen. Mehrere Generationen glücklich unter einem Dach zusammenzubringen ohne sich gegenseitig zu stören und persönliche Freiheiten zu gewähren sind dabei die Nutzungsziele. Eine mögliche Nutzungsfolge: das Starterhaus für 2 Personen, Kinder folgen für eine begrenzte Zeit und verlassen das Haus. Eine Nachnutzung folgt mit Großeltern mit eigenem Bereich, externe Zimmervermietung oder das EG als Büro bzw. Atelier - work@home. Aber auch Patchwork-Familien, vertikales Clusterwohnen, Studenten/Senioren-WG's mit einem erdgeschossigen Gesellschaftsraum und Individualräumen in den oberen Ebenen. Ab drei Modulen gibt es im Treppenbereich Aktionsräume für gemeinsame Nutzungen z. B. Fernsehzimmer, Spiel- oder Lesezimmer.

Vgl. Anhang B:

B9a-GR\_MehrNutzenHaus.pdf

Die Einzelhäuser stehen auf der Hohldeckelkonstruktion. Als geschossweise Raummodule in Holzkonstruktion mit hohem Vorfertigungsgrad vorgesehen, können bis zu vier Module gestapelt werden. Das modulare, tragende Bausystem bildet die Grundlage für nichttragende Innenwände und deren flexible Versetzung für unterschiedliche Raumkonzepte.

Vgl. Anhang B:

B9b-Fassade\_MehrNutzenHaus\_2geschossig.pdf

B9c-Fassade\_MehrNutzenHaus\_3-geschossig.pdf

## 4.5 Punkthaus

Auf Grund der Nähe zur neuen Oscar-Paret-Schule und den Sportanlagen werden die ersten beiden Ebenen der Punkthäuser für Büro- und Dienstleistung, genutzt. In den weiteren Ebenen folgen neben der klassischen Wohnnutzung mit 1 - 5 Zimmer, Clusterwohnen, Angebote für Generationenwohnen, Wohngemeinschaften für alle Altersstufen und temporäres Wohnen: Boarding House.

Vgl. Anhang B:

B10a-GR\_Dienstleistung.pdf

B10b-GR\_Wohnen.pdf

B10c-GR\_Cluster\_Punkthaus.pdf

Das Auflager der Punkthäuser ist in die Hohldeckelkonstruktion eingespannt. Ein aussteifender Erschließungskern führt von der Tiefgaragen-/Lagerräumebene hoch zu den Büro-, Dienstleistungsräumen und zu den Wohnebenen. Zusammen mit den Stahlbetondecken und Fertigteilstützen entlang der Fassade wird eine feuerbeständige Tragkonstruktion entwickelt.

Die Außenhülle in hohem Vorfertigungsgrad erstellt, besteht aus vorgehängten, hochgedämmten Holztafelwänden, im Wechsel mit raumhohen Fensterelementen. Das Raster der vertikalen Einteilung erhabener Fassadenprofilierung verjüngt sich mit zunehmender Gebäudehöhe. Gleichzeitig reduziert sich der Anteil transparenter Fassadenflächen von den unteren Büro- und Dienstleistungsbereichen zu den Wohnbereichen der darüber liegenden Ebenen.

Vgl. Anhang B:

B10d-Fassade Punkthaus.pdf

## 4.6 Wohnzeile

Am nördlichen Ende steht als räumlicher Abschluss der Überbauung eine 4-geschossige Wohnzeile. Das Gebäude öffnet sich in regelmäßigem Raster mit durchgängiger, raumhoher Verglasung und Loggien, nach Süden, während nach Norden zum Verkehr und dessen Lärmbelastung die Belichtung auf die notwendige Fläche reduziert ist. Trotz der örtlich schwierigen Situation wird eine hohe Aufenthaltsqualität erzeugt. Vorstellbar ist hier eine sozialverträgliche Durchmischung aus kleinen Apartments, Mikrowohnungen oder in mehreren Achsen zusammengefasst: WG-Wohnungen und Schwellenwohnungen. Der vorgelagerte Freiraum dient der Hausgemeinschaft als zugewiesene Freizeitfläche.

Die Wohnzeile steht über der gesamten Breite auf der Hohldeckelkonstruktion. Aussteifende Erschließungskerne, Stahlbetondecken und Fertigteilstützen bilden das feuerbeständige Grundgerüst für die nichttragenden, vorgehängten und hochgedämmten Holztafelwände. Die Fassade folgt dem Prinzip der Punkt- und Einzelhäuser mit raumhohen Fensterelementen.

Vgl. Anhang B:

B11a-Fassade Ostbaustein Süd-Ost.pdf

B11b-Fassade Ostbaustein Süd-West.pdf

B11c-Fassade Ostbaustein Nord-Ost.pdf

## 5 Geologie

### 5.1 Bestehendes Baugrundgutachten für den Neubau der Oscar Paret Schule

Für das geplante Baufeld liegt aktuell noch kein Baugrundgutachten vor. Für den Neubau der Oscar Paret Schule im Süd-Osten des Baufelds wurde jedoch ein Baugrundgutachten von der Firma Voigtmann (Baugrund, Hydrogeologie, Altlasten, Geotechnik) mit der Nummer 18917 im November 2017 erstellt [2]. Diese Erkenntnisse über den zu erwartenden Baugrund werden aus diesem Baugrundgutachten extrapoliert. Dieses Vorgehen stellt nur eine erste Schätzung der Situation dar und muss im Rahmen weiterer Planungsphasen verifiziert werden.

### 5.2 Erdbebenzone

Nach DIN 4149 und der aktuellen zugehörigen „Karte der Erdbebenzonen und Geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg“ (1. Auflage 2005) sind für das Baugelände und das Bauvorhaben gem. DIN 4149 (Ausgabe April 2005) die nachfolgenden Kenndaten maßgebend:

- Erdbebenzone 0
- Bemessungswert der Bodenbeschleunigung  $a_g = 0 \text{ m/sec}^2$
- Geologische Untergrundklasse R (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund)
- Baugrundklasse B
- Bedeutungskategorie III mit Bedeutungsbeiwert  $y_t = 1.2$

Da nach Norm (Pkt. 1, (4)) der Grad der Erdbebengefährdung außerhalb der Erdbebenzonen 1-3 als gering einzuschätzen ist, muss diese Norm im vorliegenden Fall nicht angewandt werden. Somit ist im vorliegenden Fall ein rechnerischer Nachweis der Nachweis der Erdbebensicherheit nicht erforderlich.

### 5.3 Einschätzung der Gründungssituation

Die nachfolgenden Untersuchungen stammen aus dem unter 5.1 beschriebenen bestehenden Gutachten. Unter 4. Geologische Verhältnisse wird beschrieben „Im Untersuchungsbereich bzw. im Umfeld der Kleinbohrungen ist nach der geologischen Karte (Ausschnitt s. Anlage 1/2) mit geringmächtigen quartären Deckschichten...über den Schichten der Erfurter Formation (Lettenkeuper, ku) zu rechnen. In den Aufschlüssen wurde dies bestätigt, wobei zuoberst noch z.T. bis zu 2.40 m künstlich aufgefüllter Bo-

den festgestellt wurde. In den Aufschlüssen (BS = Kleinbohrungen) wurden unter OK Gelände bzw. z.T. aufgefülltem Oberboden (in BS 10 bis zu ca. 0.9m mächtig) oder Flächenbefestigung die nachfolgend aufgeführten Schichten festgestellt:

- Auffüllung	(Bodenklasse,	BS 1,2,5,9,15,17,20-29,33,35,37,38,40)
- quartärer Verwitterungslehm	(Bodenklasse 4/6,	BS 2,3,4,10,12,21,33,38)
- triassischer Lettenkeuper	(Bodenklasse 4/6,	BS 1-40)

Der nachfolgende Ausschnitt der geologischen Karte (vgl. Abbildung 2) zeigt den im Untersuchungsfeld angetroffenen Lettenkeuper (ku) im gesamten Baufeld der Oscar Paret Schule sowie der beabsichtigten Baumaßnahme FfF (rot dargestellt).



Abbildung 2: Ausschnitt der geologischen Karte

Nachfolgende Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Kleinbohrungen über das Baufeld der Oscar Parte Schule.

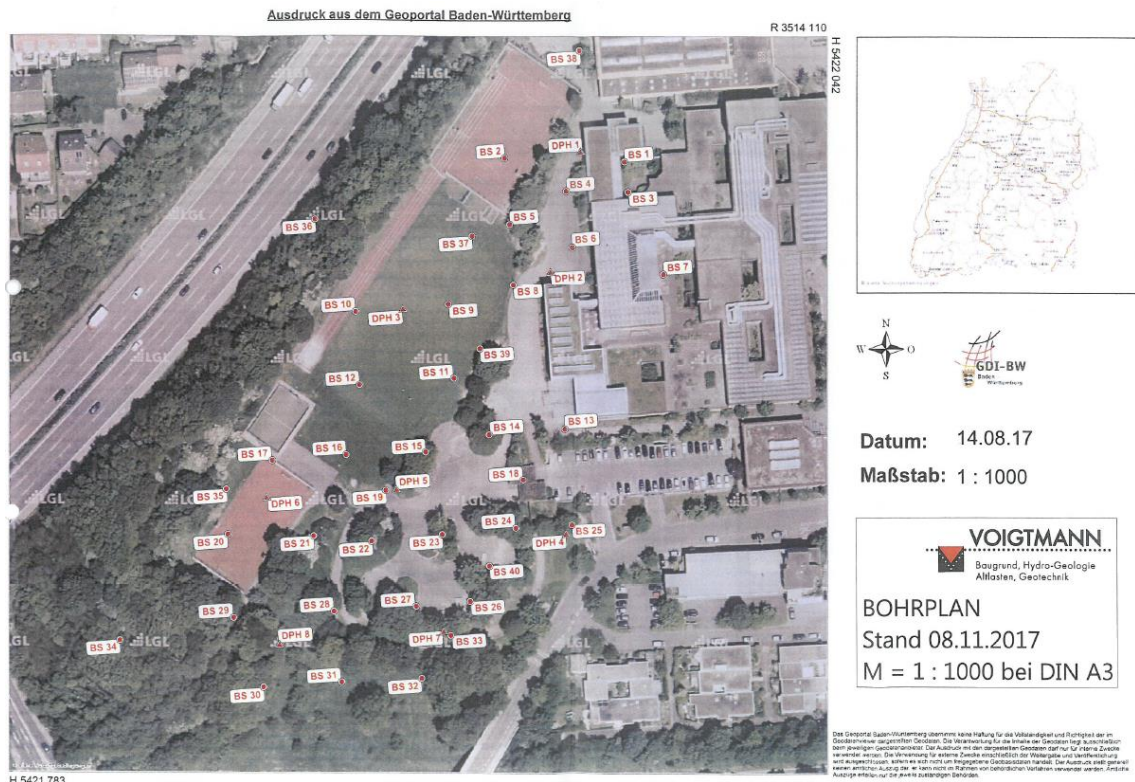


Abbildung 3: Verteilung der Kleinbohrungen

Die geplanten Gründungssohlen (GS) der Oscar Paret Schule liegen zwischen 224 mNN und 227 mNN

Bauteil	AS		GS	
Erdgeschoss Sporthalle	0.65	(227.35)	1.00	(227.00)
Untergeschoss Sporthalle	4.22	(223.80)	4.27	(223.70)
Erdgeschoss Schule	0.55	(227.45)	0.70	(227.30)
Untergeschoss Schule K	4.12	(223.90)	4.27	(223.70)
Untergeschoss Schule TG	4.07	(223.95)	4.27	(223.70)

Tabelle 25 : Aushub- und Gründungssohlen

Das Baugrundgutachten der Oscar Paret Schule kommt zu folgender Gründungsempfehlung:

„In den angenommenen Fundamentsohlen stehen somit hier bereits verwitterter Lettenkeuper oder noch Verwitterungslehm bzw. Auffüllung an. Der feste bis harte schwach verwitterte Lettenkeuperschichten setzt hier ca. 0.9-1.5m unter der angenommenen Fundamentsohle ein (Mittelwert aus allen berücksichtigten Untersuchungspunkten = 1.2m). Den Fundamentgruben (und der Baugrube) wird ebenfalls **kein Grundwasser** zutreten.



Bei diesen Baugrundverhältnissen wird eine **generelle Gründung auf dem festen schwach verwitterten Lettenkeuper** empfohlen, der im Sohlbereich der Kleinbohrungen und Rammsondierungen einsetzt.

Die **zulässige Bodenpressung (=charakteristische Sohlspannung) zur Bemessung der Fundamente beträgt 420 kN/m<sup>2</sup> für Streifen- und 500 kN/m<sup>2</sup> für Einzelfundamente**. Die zu erwartenden Setzungen können vernachlässigt werden. Eine Ausbildung der Untergeschosse als steifer Kasten ist nicht erforderlich.

Bei Verwendung entsprechender Programme für die Lastberechnung, bei denen zur Fundamentbemessung keine Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt werden und bei denen die Eingabe von Designlasten erfolgt, kann der Designwert der Bodenpressung mit 588 bzw. 700 kN/m<sup>2</sup> in Ansatz gebracht werden.

Die Angaben für die Bodenpressung gelten nur bei mittigem Lastangriff. Bei ständigen außermittigen Lasten ist die Fundamentfläche auf die Teilfläche A' zu verkleinern, deren Schwerpunkt der Lastangriffspunkt ist. Die Bodenpressung ist dann auf diese Teilfläche zu beziehen (siehe DIN 1054, 4.2).

Eine Einbindung der Fundamente in den schwach verwitterten Lettenkeuper ist nicht erforderlich. Das vertiefte Fundament muss aber vollflächig auf dem schwach verwitterten Lettenkeuper aufsitzen. Der Mehraushub ist durch Beton zu ersetzen (mind. C12/15).

Bei Ansatz der Bodenpressung muss das Eigengewicht der Fundamentvertiefungen nicht berücksichtigt werden.“

#### **5.4 Extrapolation auf das Baufeld FfF**

Die Fahrbahnoberkante der A81 liegt im Baufeld des geplanten Projekts FfF auf ca. 224 mNN im Süden und fällt Richtung Norden auf 212mNN ab. Geht man für die Gründung der Überdeckung von einer Einbindung in den Baugrund im Bereich des Mittelstreifens sowie der Seitenstreifen von ca. 1m aus liegt die Gründungssohle von FfF bei ca. 223 mNN im Süden sowie 211 mNN im Norden. **Damit würde die Gründungssohle im Bereich des gut tragfähigen Lettenkeupers liegen und die Gründung könnte als kostengünstige Flachgründung erfolgen.**

## 6 Rechtliche Rahmenbedingungen

Welche rechtlichen Rahmenbedingungen gibt es für die Einhausung, auf der eine Bebauung mit Wohn- und ggf. Bürogebäuden sowie öffentlichen Grünflächen realisiert werden soll.

Aus zivilrechtlicher Sicht wird durch die Einhausung kein neues Grundstück, sondern ein „Bauwerk“ geschaffen.

Die konkrete bauliche Gestaltung hat Auswirkungen auf die rechtlichen Modelle. Aus der Planung kann sich ergeben, dass die rechtlichen Modelle modifiziert oder verworfen werden müssen. Eine abschließende juristische Bewertung kann erst nach Vorlage der tatsächlichen Planung erfolgen. Zivilrechtlich ist die Umsetzung grundsätzlich möglich. Für die Umsetzung des Projekts wird die Zustimmung und Mitwirkung des Bundes vorausgesetzt.

Das Eigentum und der Betrieb der Einhausung stellen für Investoren ein Risiko dar. Dies kann die Marktfähigkeit erschweren. Die Unterhalts- und Verkehrssicherungspflicht der Einhausung sollten daher bei der vertraglichen Ausgestaltung der Projektstruktur dem Bund als Träger der Fernstraßenbaulast übertragen werden.

Die Errichtung von Wohngebäuden auf der Einhausung durch einen Investor ist grundsätzlich möglich. Eine Aufteilung des Eigentums an den aufstehenden Gebäuden ist jedoch bei einer dinglichen Absicherung des Nutzungsrechts an der Oberfläche der Einhausung – da hier jede Teilfläche zwingend eine direkte Verbindung zu den Seitenwänden bzw. dem Fundament der Einhausung haben muss – nur in relativ große Einheiten möglich. Die Schaffung von Bauflächen für Einfamilienhäuser dürfte daher faktisch kaum möglich sein. Eine Aufteilung ist daher praktisch vor allem über die Möglichkeiten des WEG denkbar. Jede Aufteilung hat aber immer den Nachteil, dass der Eigentümer des Gebäudes bzw. der WEG-Einheit auch Miteigentum an der überbauten Einhausung hat. Die damit verbundenen potentiellen Haftungsrisiken stehen aus unserer Sicht einer Marktgängigkeit entgegen.

Diese Mitverantwortung für die Einhausung lässt sich nur vermeiden, wenn das Eigentum an der Einhausung und an den aufstehenden Gebäuden getrennt wird, oder wenn die Flächen auf der Einhausung nur vermietet werden. Dies ist aber wiederum nur möglich, wenn die aufstehenden Gebäude als Scheinbestandteile der Grundstücke gestaltet werden. Hiermit ist dann notwendig der Verlust der Belastbarkeit mit Grundpfandrechten verbunden, was die Finanzierung für die Nutzer faktisch ausschließen würde – wenn nicht Dritte bereit wären, die Finanzierung abzusichern.

Alle Gestaltungsvarianten sind rechtlich komplexe Vereinbarungen, die in dieser Form bisher nie verwirklicht wurden.

Es kommt hinzu, dass die Eigentümerrechte der/des Eigentümer(s) stets durch hoheitliche Befugnisse des Bundes (als Träger der Straßenbaulast) überlagert und beschränkt wären. Siehe dazu die vollständige gutachterliche Stellungnahme von Menold Bezler, im Anhang D.

Die Vor- und Nachteile der rechtlichen Gestaltungsmöglichkeiten sind in der folgenden Matrix dargestellt:

Tabelle 2: Matrix zur Gegenüberstellung von denkbaren Gestaltungsmöglichkeiten zur Schaffung von Wohnraum auf einer Einhausung, vgl. [3]

**Variante 1:** Trägerkonstruktion/Einhausung fußt nicht auf dem Autobahngrundstück, sondern rechts und links der Autobahn jeweils auf nicht im Eigentum des Bundes stehenden Nachbargrundstücken.

**Variante 2:** Bauwerk fußt unmittelbar auf dem Autobahngrundstück, Errichtung in Ausübung einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit.

**Variante 3:** Bauwerk fußt unmittelbar auf dem Autobahngrundstück, Errichtung in Ausübung eines Erbbaurechtes.

**Variante 4:** Bauwerk fußt auf einem Grundstück neben der Autobahn, Errichtung in Ausübung eines Erbbaurechtes.

**Variante 5:** Bauwerk fußt unmittelbar auf dem Autobahngrundstück, Errichtung und Vermietung durch den Bund (entspr. „Hamburger Deckel“).

Variante	Privateigentum der Bewohner möglich	Belastbarkeit zu Finanzierungszwecken	Verantwortung des/der Eigentümer/s für Einhausung (ggf. vertraglich teilw. auf d. Bund übertragbar)	Beschränkung von Befugnissen des/der Eigentümer/s durch öffentlich-rechtl. Befugnisse d. Bundes
<b>1a</b>	(-)	(+) für Gesamtinvestor	(+)	(+)
<b>1b</b>	(+) nur in WEG	(+) für Gesamtinvestor und Einzelerwerber	(+)	(+)
<b>1c</b>	(-)	(+) für Gesamtinvestor	(+)	(+)
<b>2</b>	(-)	(-)	(+)	(+)
<b>3a</b>	(-)	(+) für Gesamtinvestor	(+)	(+)
<b>3b</b>	(+) nur in WEG (Wohnungs-Erbbaurechte)	(+) für Gesamtinvestor und Einzelerwerber	(+)	(+)
<b>3c</b>	(-)	(+) für Gesamtinvestor	(+)	(+)

<b>3d</b>	(+)	(-)	(-)	(+)
<b>4a</b>	(-)	(+) für Gesamtinvestor	(+)	(+)
<b>4b</b>	(+) nur in WEG (Wohnungs-Erbbaurechte)	(+) für Gesamtinvestor und Einzelerwerber	(+)	(+)
<b>4c</b>	(-)	(+) für Gesamtinvestor	(+)	(+)
<b>4d</b>	(+)	(-)	(-)	(+)
<b>5</b>	(-)	(-)	(+) Eigentümer ist d. Bund	(-) Eigentümer ist d. Bund

## 7 Tragwerkskonzept

### 7.1 Planungsgrundlagen und Richtlinien

Der zu beplanende innerstädtische Einschnitt der A81 befindet sich zwischen der Unterführung der Bilfinger Straße im Süden und der Brücke der Württemberger Straße im Norden, da hier die A81 bereits in ein Tal abtaucht (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Innerstädtischer Einschnitt der A81, Quelle: Google Maps

Das Luftbild zeigt den Höhenverlauf der Trasse sowie die Lage des Baufelds neben der Oscar-Paret-Schule (vgl. Abbildung 5).



Abbildung 5: Luftbild der Verkehrsschneise in Freiberg, Quelle: FaN

Die Ausführung der Überdeckung ist zeitgleich mit dem Ausbau der A81 geplant. Dieser sieht einen Ausbau von 6 auf 8 Fahrstreifen plus befahrbaren Seitenstreifen vor. Im Bundesverkehrswegeplan 2030 wird der Streckenabschnitt A 81 AS Pleidelsheim - AS Stuttgart-Zuffenhausen (Projektnummer A81-G10-BW) aufgeführt.

Unter dem Punkt Begründung und Dringlichkeitseinstufung steht: Das Projekt ist wirtschaftlich und wird dem „Weiteren Bedarf mit Planungsrecht (WB\*)“ zugewiesen, damit mit der Planung unmittelbar begonnen werden kann.

Die Autobahn A81 ist zwischen der Autobahndreieck Leonberg und der Anschlussstelle Mundelsheim häufig überlastet. Als vorgezogene Maßnahme zur Verbesserung des Verkehrsflusses und zur Reduzierung von Verkehrsbeeinträchtigungen wurde bereits eine Streckenbeeinflussungsanlage errichtet.

Aktuell wird die temporäre Seitenstreifenfreigabe des Streckenabschnittes Anschlussstelle Ludwigsburg Nord bis Anschlussstelle Stuttgart Zuffenhausen mit erheblichen baulichen Eingriffen und Ertüchtigung der Schallschutzanlagen umgesetzt.

All diese vorgezogenen Maßnahmen bestätigen weiteren dringenden Handlungsbedarf.

Als Regelquerschnitt für die 8 spurige Autobahn gilt der RQ 43,5 (vgl. Abbildung 6) mit einer Gesamtbreite von 43,50 m unterbrochen durch einen Mittelstreifen mit 4,00 m. Der Lichte Raum beträgt in der Höhe mindesten 4,70 m und wird derzeit zu 5,00 m angenommen (Abbildung 7). Dies beinhaltet die in der RABT aufgeführten 30 cm für zusätzliche Deckeneinbauten, wie Beleuchtung, usw.. In kürzeren Tunneln – bis 400 Meter Länge – bewirkt die natürliche Lüftung in der Regel einen ausreichenden Luftaustausch [4]. Daher werden momentan keine Be- und Entlüftungsanlagen vorgesehen.

**Entwurfsklasse 1 (Fernautobahn/Überregionalautobahn)**RQ 43,5 (Breite der befestigten Fläche beträgt  $2 \times 18,25$  Meter)

Regelquerschnitt für neu zu bauende achtstreifige Autobahnstrecken. Anwendung ab 100.000 Fahrzeugen pro Tag.

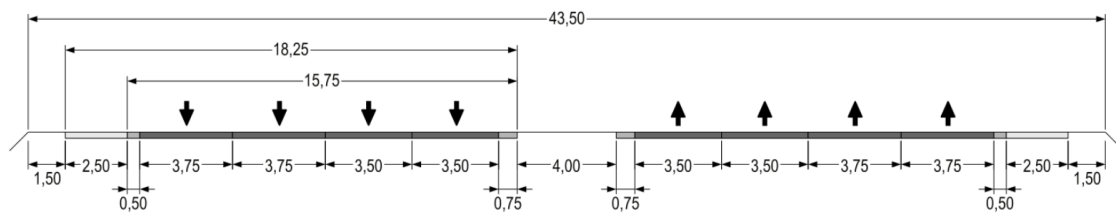


Abbildung 6: RQ 43,5 Quelle: Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA), Nummer 202, Ausgabe 2008

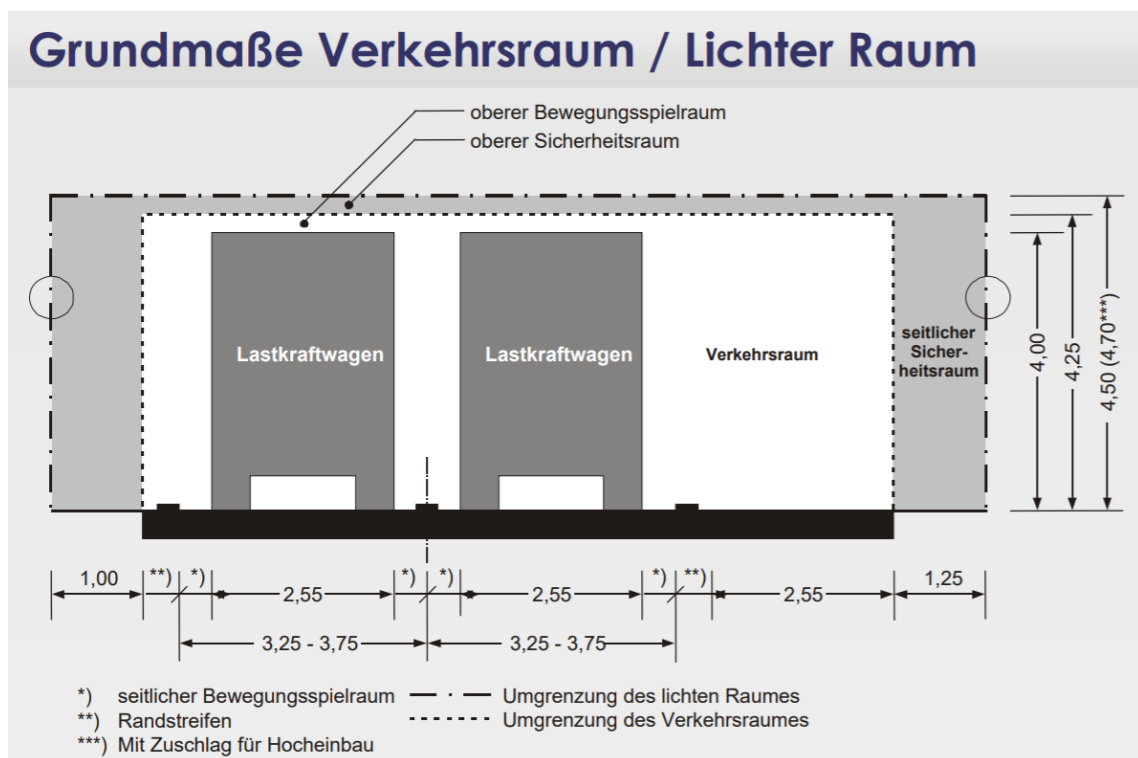


Abbildung 7: Lichter Raum Autobahn Quelle: Prof. Christian Lippold, TU Dresden

Nach der ZTV-ING sind unter Ziffer 10.2 die thermischen Einwirkungen festgelegt, die zu berücksichtigen sind. Wegen der Bebauung auf dem Tunnel sind dabei die erhöhten Anforderungen mit einer Vollbrandphase  $T = 1.200^\circ\text{C}$  über 55 min anzusetzen.

Im aktuellen Entwurf werden diese Anforderungen anhand von Referenzabmessungen abgeschätzt. Als Grundlage hierfür dient der in [5] betrachtete Tunnelquerschnitt. Dort ergeben sich auf Grundlage des ZTV-ING Brandes Betonabplatzungen im Bereich von 10 cm, die im Bereich der Tunnelröhre auf die statisch erforderlichen Querschnitte beaufschlagt werden.

## 7.2 Hybride Tragstruktur

Als Konzept für eine flexible Gestaltung sowohl aus städtebaulicher als auch gebäudearchitektonischer Sicht dient ein Hybridsystem: In Bereichen mit Gebäuden und Erschließungsflächen wird ein steifes Tragsystem mit hohen Kapazitäten für die aufgehende Bebauung gewählt (Abbildung 8). Das primäre Tragsystem in diesen Bereichen kann alternativ als Stahlverbundtragwerk mit brandgeschützten Fachwerkträgern oder als Spannbetonhohlkasten ausgebildet werden. Die hohe Leistungsfähigkeit dieser Systeme ermöglicht eine Planung von Gebäuden über die gesamte Breite der Autobahn. **Die Tragsysteme der aufgehenden Bebauung sind aus Gründen der thermischen Trennung, des Schallschutzes und der Umnutzbarkeit entkoppelt vom Tragsystem der Überdeckungung.**

In Bereichen öffentlicher und privater Grünflächen wird das System einer Grünbrücke in Leichtbauweise vorgesehen.

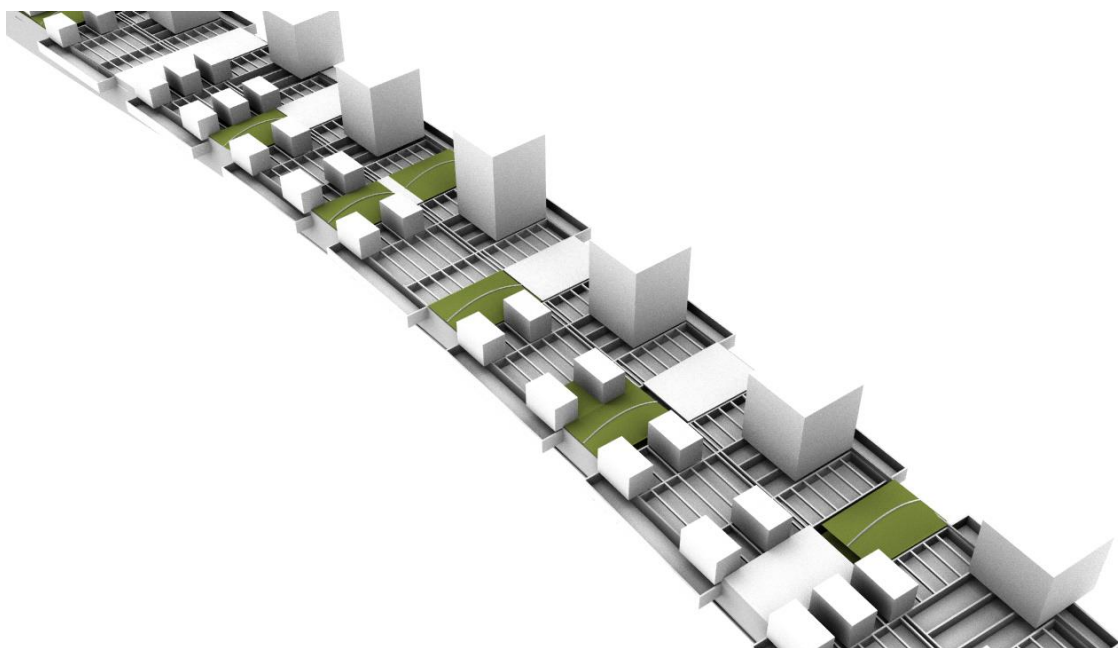


Abbildung 8: Wechsel zwischen überbauten Bereichen und leichten Grünbrücken



Die nachfolgende Explosionszeichnung (Abbildung 9) zeigt die Aneinanderreihung der Module Grünbrücke – Wohnen – Erschließung. Diese können beliebig miteinander kombiniert werden.

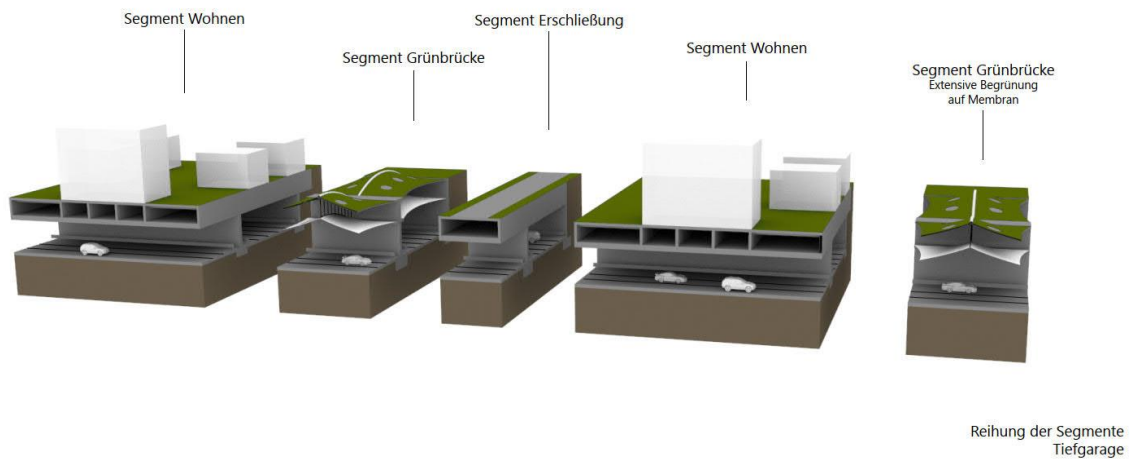


Abbildung 9: Explosionszeichnung der Tragwerksmodule

In Tabelle 3 sind die Abmessungen der Module aufgeführt. Im aktuellen Entwurf werden zwei Wohnsegmente EFH mit einem Wohnsegment Punkthaus zu einem 36 m breiten Wohnmodul verbunden. Unter dem 36 m breiten Wohnmodul befindet sich eine eingeschossige Tiefgarage.

Tabelle 3: Abmessung der Tragwerksmodule

Modul	Breite (in Autobahnlängsrichtung)	Spannweite
Grünbrücke	bis ca. 20 Meter	ca. 22 m (RQ 43,5/2)*
Wohnsegment Punkthaus	16 Meter	ca. 22 m (RQ 43,5/2)*
Wohnsegment EFH	10 Meter	ca. 22 m (RQ 43,5/2)*
Erschließung	5 bis 10 Meter	ca. 22 m (RQ 43,5/2)*

\* Eine freie Überspannung der Autobahn ohne Stützung auf dem Mittelstreifen wäre möglich, jedoch mit einem deutlichen Mehraufwand an Material verbunden.

Die Spannweiten der Module liegt jeweils bei ca. 22 m, was der Hälfte des Regelquerschnitts RQ 43,5 entspricht. Eine Stützung auf dem Mittelstreifen halbiert die Spannweite der Brücken. Die Spannweite geht quadratisch in die Beanspruchung der Konstruktion ein und somit in den Materialverbrauch. Abbildung 10 zeigt einen Querschnitt

der Überdeckung mit einer Stützung auf dem Mittelstreifen sowie den Widerlagern neben der Fahrbahn. Das Gründungsniveau der Flachgründung im gut tragfähigen Lettenkeuper liegt ca. 1m unterhalb der Fahrbahnoberkante der Autobahn (vgl. Abschnitt 5.4).

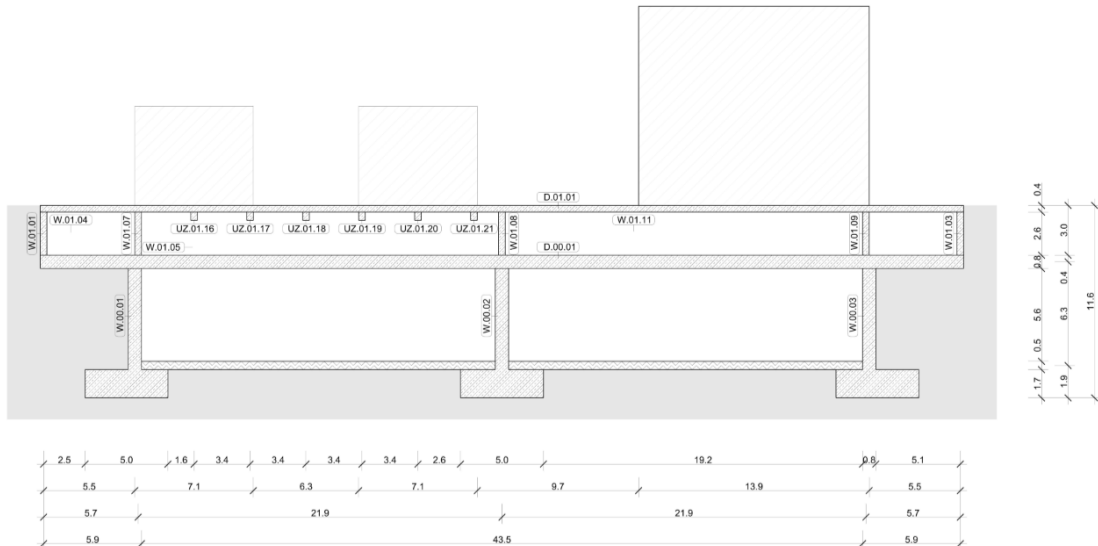


Abbildung 10: Positionsplan Querschnitt A-A Modul 2b (siehe Anhang A1)

Die Wohnbebauung muss nicht durchlaufend über die gesamte Autobahnbreite erfolgen, sondern kann wie vom Städtebau vorgesehen abgestuft werden.

### 7.2.1 Modul 1: Leichte Grünbrücke

Die für das leichte Flächentragwerk notwendige doppelte Krümmung der Oberfläche wird mithilfe von Druckbögen und Randseilen oder steifen Randbebauungen als Randträger erzeugt. Eine über dem Seilnetz liegende Membrane bildet den Untergrund für den extensiven Vegetationsaufbau. Je nach Brandschutz- und Steifigkeitsanforderungen kann eine Lage Spritzbeton ergänzt werden, welche runde Öffnungen für die Entrauchung enthält. Für eine homogene Untersicht von der Autobahn wird zwischen dem Randseil und der Bestandsbrücke eine zusätzliche Membrane aufgespannt. Das Tragwerk der leichten Grünbrücke entsteht durch Addition von Grünbrückenmodulen mit angrenzenden steifen Modulen, welche die die horizontalen Kräfte aufnehmen.

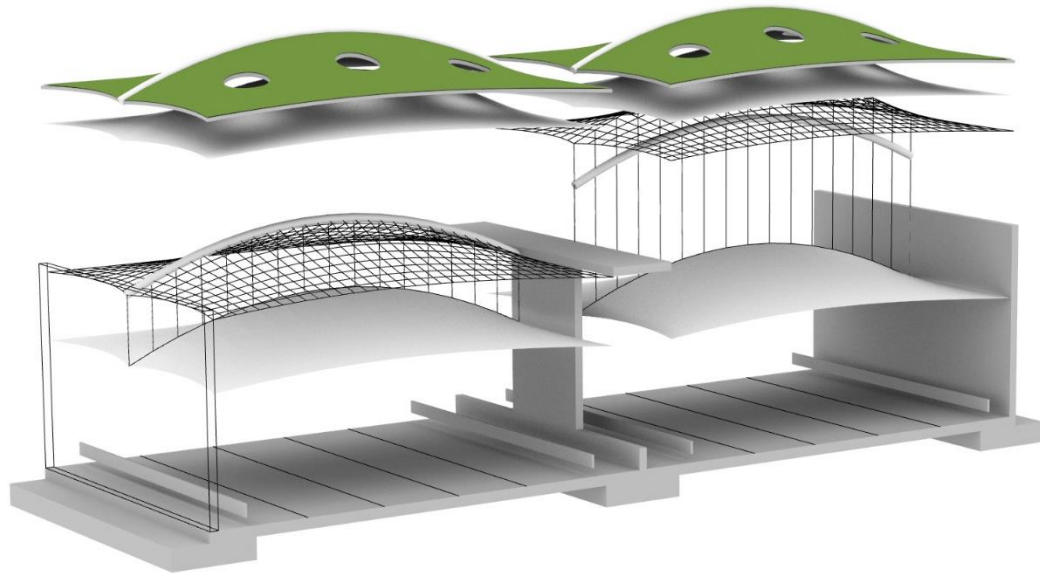


Abbildung 11: Modul Grünbrücke

Aufbau (von unten nach oben):

Unterkonstruktion:

- Streifenfundamente C 30/37  $t=1,7\text{m}$ ,  $b=5,0\text{ m}$
- Aufgehende Wände C 30/37  $t=0,8\text{ m}$

Grünbrücke:

- PTFE Glasfaser Membrane, A2 (nichtbrennbar, kein tropfendes abbrennen, abfallen) (Baustoffklasse nach DIN 4102/Testbrand)
- Stahlseilnetz mit 20mm Spiralseilen galvanverzinkt
- Obere Lage Polyester PVC Membrane
- Stahlbögen  $d= 400\text{ mm}$ , Wandstärke 20 mm
- 15cm Spritzbeton mit 2m Bullaugen als Abbrandöffnung
- Extensive Begrünung Optigrün Naturdach oder gleichwertig

Das Modul der leichten Grünbrücke stellt das experimentelle Modul in der Längsabfolge der Module des Tunnels dar. Die Motivation hierfür liegt im innovativen Ansatz der Leichtbauweise zu Einsparung natürlicher Ressourcen und der Wirtschaftlichkeit.

Gleichzeitig steht es mit seiner charakteristischen Form der doppelten Krümmung identitätsstiftend für die Idee der grünen Überdeckung und findet sich im Projektlogo wieder. Im Rahmen einer Entwurfsstatik wurden die Querschnitte aus den Anforderungen der Statik festgelegt. Im Rahmen des weiteren Projektverlaufs muss insbesondere die Brandbelastung auf die Leichtbaustruktur vertieft untersucht werden. Die Module mit der geplanten aufgehenden Bebauung sind vom Tragwerk entkoppelt und unabhängig von den leichten Grünbrücken, die sich dazwischen spannen. Sollte im Brandfall eine

leichte Grünbrücke betroffen sein, hat dies keine Auswirkungen auf die Wohnbebauung und Tiefgaragen. Es ist offensichtlich, dass das Tragsystem der leichten Grünbrücken einen ZTV-ING Brand ohne Entlastungsmaßnahmen nicht überstehen kann. Deshalb sind in diesem Modul Entlastungsöffnungen für den Brandfall geplant, die zu einem entweichen der hohen Temperaturen führen. Weiterhin ist eine Spritzbetonschale vorgesehen, die im Brandfall und dem damit verbundenen Ausfall von Seilen eine Resttragfähigkeit bis zur Sanierung des Moduls erfüllt. Die gewählten Materialien verhindern einen Absturz möglicher Kleinteile im Brandfall auf die Fahrbahn.

Aufgrund der Zugehörigkeit des Projekts zur IBA und dem innovativen Charakter des Ansatzes soll das Modul leichte Grünbrücke im Rahmen der Vorstudie nicht verworfen werden, sondern in weiteren Planungsphasen mithilfe von Brandsimulationen und Heißbemessungen weiter untersucht werden. Sollten hiermit die normativen Anforderungen nicht nachgewiesen werden können, kann das Segment in konventioneller Bauweise analog dem Modul 2 erstellt werden.

### 7.2.2 Modul 2a: Fachwerkverbundbrücken über die Autobahn mit aufgehender Bebauung

In Bereichen von Gebäuden oder Erschließungen kann als Option 2a eine Fachwerkverbundkonstruktion aus Baustahl und Beton verwendet werden, um die Brand- und Schallschutzanforderungen zu erfüllen (Entwurfsstatik siehe Anhang E). Die Haupttragelemente quer zur Autobahn stellen die über 2 Felder durchlaufenden Fachwerkträger dar, welche im Abstand 10 m – 16 m – 10 m angeordnet sind. In Querrichtung liegen die Querträger im Abstand von 3,5 m im Verbund mit den Betonplatten. Der durchlaufende Dreifeldträger in Querrichtung mit dem größten Feld in der Mitte ermöglicht eine geringe Bauhöhe der Querträger. Im Bereich der hohen Lasten der Punkthäuser haben die Querträger das gesamte Kellergeschoss als Bauhöhe.

Die Fachwerkverbundbrücken ermöglichen eine kurze Montagezeit auf der Baustelle durch eine hohe Vorfertigung im Werk. Die Stahlträger müssen mit einem Anstrich vor dem Brandfall geschützt werden. Den Abschluss nach unten zum Tunnel bildet wie im Modul 2b eine 80cm dicke Betonplatte, die die darüber liegenden Träger und aufgehende Bebauung im Brandfall schützt.

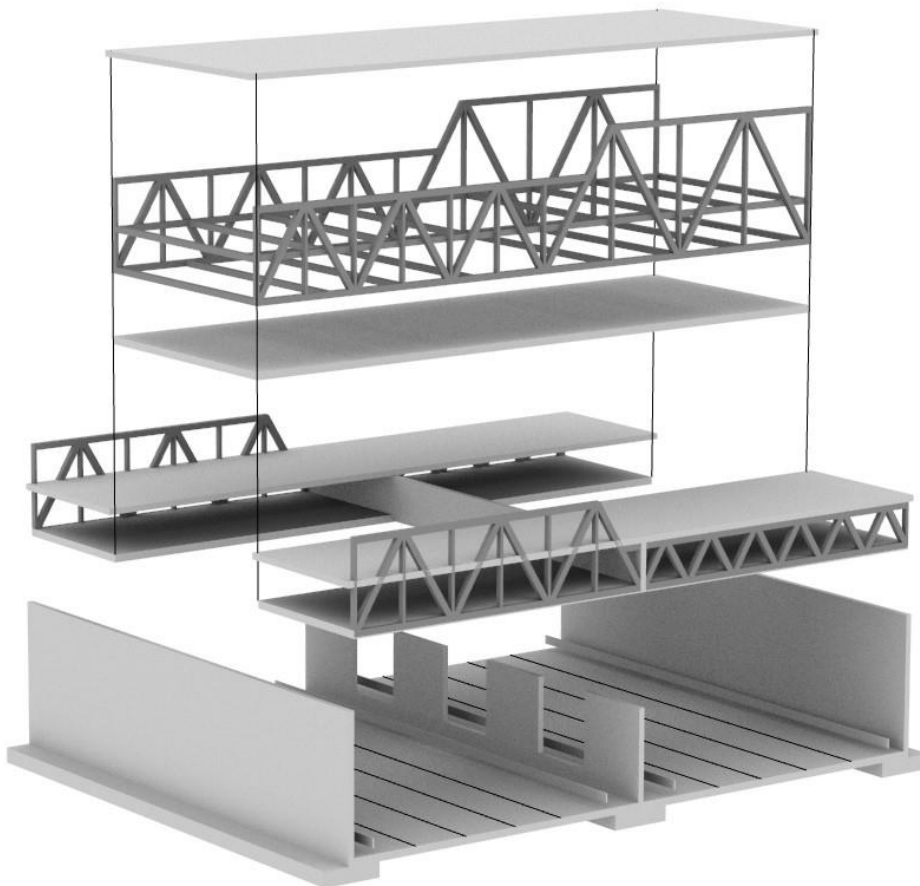


Abbildung 12: Fachwerkverbundbrücke

Aufbau (von unten nach oben):

Unterkonstruktion:

- Streifenfundamente C 30/37  $t=1,7\text{m}$ ,  $b=5,0\text{ m}$
- Aufgehende Wände C 30/37  $t=0,8\text{ m}$
- Stb-Platte über der Autobahn  $t = 0,8\text{ m}$

Fachwerkträger:

- Profile Ober- und Untergurte Regelbereich RHP 400 x 400 x 20 mm
- Profil Untergurt max. RHP 500 x 500 x 35 mm
- Profil Diagonalen RHP 400 x 400 x 10 mm
- Profil vertikale Pfosten RHP 400 x 200 x 10/20/30 mm
- Profil Querträger alle 5 m: HEA 400
- Platten im Verbund mit Querträgern C30/37  $t=0,3\text{ m}$

Die Fachwerkträger können je nach Last in der Höhe abgestuft werden. In den Bereichen, wo die Punkthäuser über der Autobahn stehen, hat er eine Bauhöhe von 3 Geschossen. Im Bereich der Einfamilienhäuser 2 Geschosse und im Bereich ohne aufgehende Bebauung nur 1 Geschoss, welches unter der Geländeoberkante liegt (vgl. Abbildung 13).

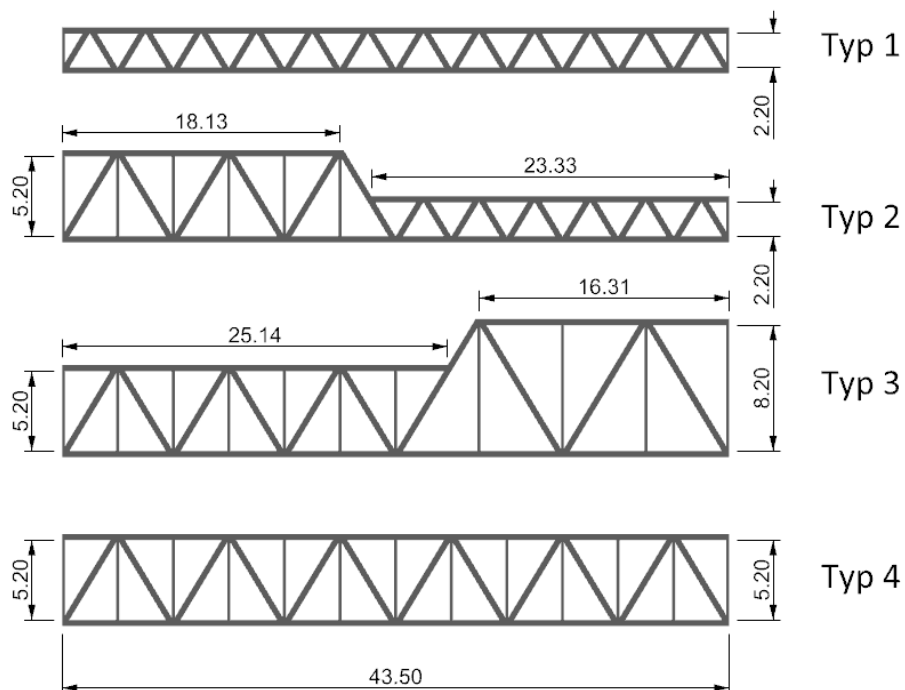


Abbildung 13: Typen an Fachwerkträgern

Das Modul der Fachwerkverbundbrücke könnte bei erhöhter Bauhöhe der Träger auch frei über beide Fahrrichtungen spannen (ohne Stützung auf dem Mittelstreifen).

Das Modul 2a bietet Vorteile hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Montierbarkeit der vorgefertigten Stahlträger. Die Nachteile liegen im Bereich des Brandschutzes der Träger. Auch die Entkopplung zwischen dem Tragwerk der Überdeckung und der aufgehenden Bebauung lässt sich mit dieser Variante schwerer bewerkstelligen.

### 7.2.3 Modul 2b: Hohldeckel über der Autobahn mit aufgehender Bebauung

Alternativ zum Modul 2a kann auch das Modul 2b, ein vorgespannter Hohlkasten als Tragstruktur der Deckelung in Bereichen mit darüber liegender Bebauung dienen (Entwurfsstatik siehe Anhang E). Der entstehende Hohlraum ist nutzbar als Schallschutz, Kellerräume, Parkflächen, Tunneltechnik. Die Konstruktion besteht aus einer unteren ( $d = 80 \text{ cm}$ ) und oberen ( $d = 40 \text{ cm}$ ) Platte in Stahlbeton mit quer zur Autobahn durchlaufenden Hauptträgern ( $d = 40 \text{ cm}$ ) und parallel zur Autobahn laufenden Unterzügen.

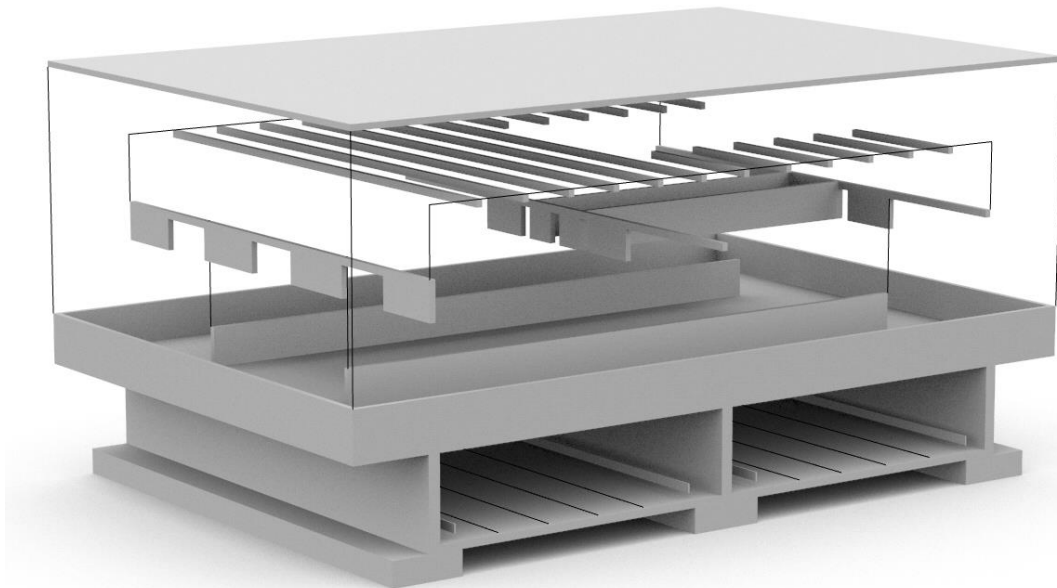


Abbildung 14: Modul Hohldeckel

Aufbau (von unten nach oben):

Unterkonstruktion:

- Streifenfundamente C 30/37  $t=1,7\text{m}$ ,  $b=5,0 \text{ m}$
- Aufgehende Wände C 30/37  $t=0,8 \text{ m}$

Hohldeckel:

- Hauptträger C 30/37  $d = 0,4 \text{ m}$
- Platte unten C 30/37  $d = 0,8 \text{ m}$
- Platte oben mit Unterzügen C 30/37  $d = 0,4 \text{ m}$



Im Fall der Tiefgarage würde das Tragsystem des Hohldeckels wie in Abbildung 15 dargestellt ausgeführt werden. Die magentafarbenen Hauptträger stellen einen Zweifeldträger mit parabelförmiger Vorspannung dar. Die grünfarbenen Nebenträger bilden zusammen mit den Platten einen Plattenbalken in Querrichtung.

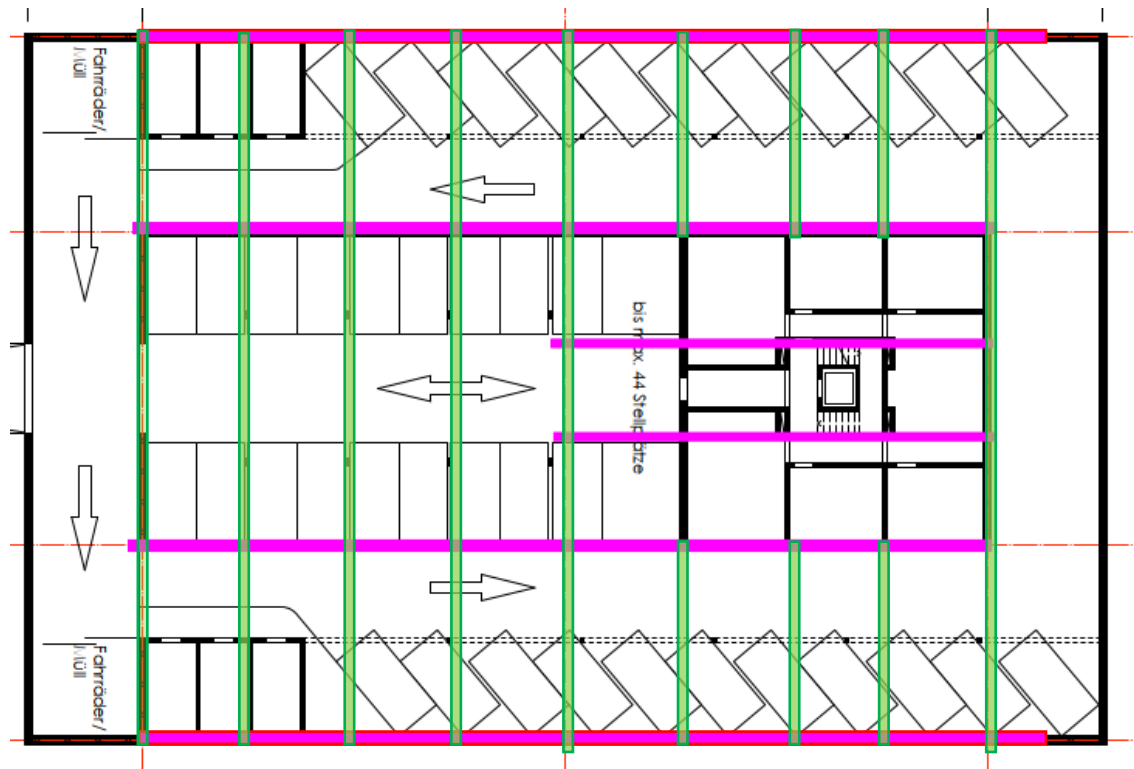


Abbildung 15: Tragsystem Modul Hohldeckel im Fall Tiefgarage, magenta: Hauptträger geschossene Wände, grün: Nebenträger

Der Hohldeckel wird in Ortbetonbauweise auf einem Leegerüst hergestellt und nach dem Betonieren in Längsrichtung vorgespannt. Es entsteht ein tragfähiges und dauerhaftes Brückenbauwerk das alle Anforderungen aus dem Tunnelbrand konstruktiv erfüllt.

### 7.2.4 Modul 3: Erschließungsbrücke über der Autobahn

Das Tragwerk der Erschließungsbrücken spannt als Zweifeldträger jeweils über ca. 22m. Als Konstruktionsvarianten stehen konventionelle Tragsysteme von Überführungsbauwerken zur Verfügung. Wirtschaftliche Lösungen sind dabei Stahlverbundbrücken mit Betonfahrbahn sowie Lösungen mit Plattenbalken in Spannbetonbauweise. Derzeit wird davon ausgegangen, dass das Tragwerk der Erschließungen in gleicher Bauweise, wie Modul 2a oder 2b, ausgeführt wird.

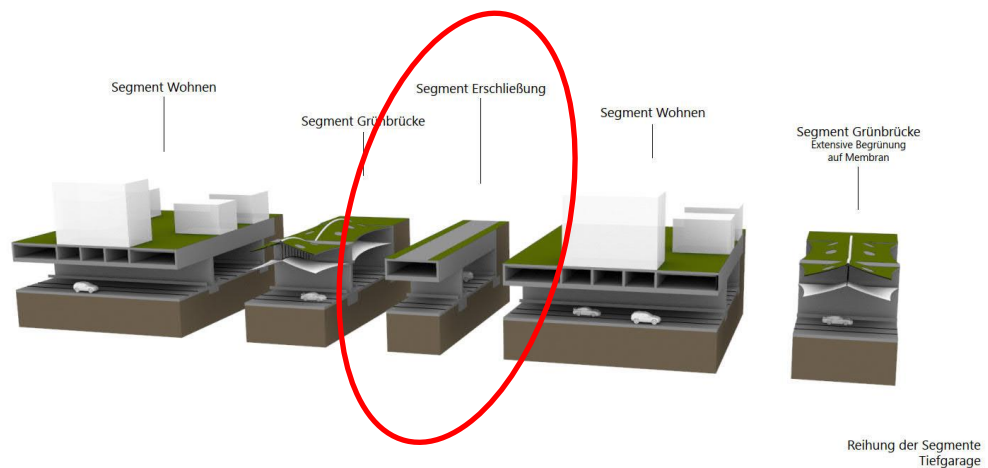


Abbildung 16: Modul Erschließungsbrücke

### 7.2.5 Modul 4: Gebäude neben der Autobahn bzw. auf dem Hohldeckel

Das Tragwerk der Gebäude ist von dem Tragwerk der Überdeckung aus Gründen des Schall- und Brandschutzes entkoppelt. Daher sollte für Gebäude auf dem Hohldeckel ein möglichst leichtes Tragwerk (z.B. Holztragwerk) zum Einsatz kommen. Geplant sind für die Einfamilienhäuser Holzmodule und für die Punkthäuser ein Stahlbetonskelett mit aussteifendem Kern (vgl. Abschnitt 4.5). Bei der Konzeption des Tragwerks ist darauf zu achten, dass die Lasten im Gebäude möglichst nahe zu den Hauptträgern der Überdeckung geführt werden, oder auf der Achse der großen Querträger stehen.

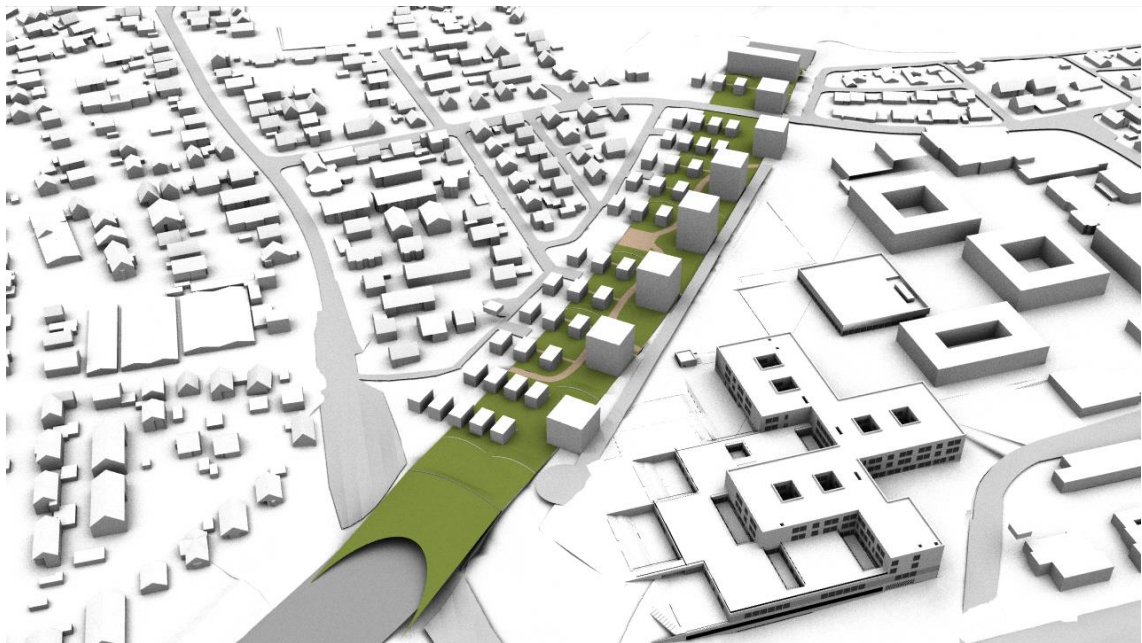


Abbildung 17: Bauwerkstypen auf der Überdeckung

## 8 Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

### 8.1 Kostenermittlung

Grundlage der Kostenermittlung stellt der beschriebene Entwurf dar. Es werden die Kosten des Modul 1 – Leichte Grünbrücke, Modul 2a - Fachwerkverbundbrücke, Modul 2b - Hohldeckel sowie für das Modul 3 – Erschließungsbrücke ermittelt. Auf dieser Basis werden die Kosten für den Ausbau der Ebene im Deckel, der Tunneltechnik sowie der aufgehenden Bebauung und Außenanlagen ermittelt. Außerdem werden die Gesamtkosten für die Maßnahmen der Geländemodellierung zur Einbettung des Deckels in die städtebaulichen Randbedingungen ermittelt. Die Module zeigen die Grundstruktur der Überdeckung, für welche die Kostenermittlung gesamtheitlich erfolgt.

Es werden auf einem Autobahnabschnitt von 400 Metern Länge ca. 20.400 m<sup>2</sup> nutzbare Fläche - direkt über der Autobahn 17.400 – auf einem Deckel geschaffen. Für die Überdeckung werden 9 Grünbrückenmodule (M1), 7 Fachwerkverbundbrücken/Hohldeckel (M2a; M2b) sowie eine Erschließungsbrücke (M3) geplant. Mit dem Gesamtprojekt werden ca. 30.700 m<sup>2</sup> Außenfläche nutzbar. Mit dem aktuellen Entwurf können 41 Einfamilienhäuser, 7 Punkthäuser sowie ein Riegelbauwerk mit 16.000 m<sup>2</sup> BGF oberirdisch sowie 14.000 m<sup>2</sup> BGF unterirdisch im Deckel mit 160 Stellplätzen realisiert werden.

#### 8.1.1 Massen

Die Massen wurden für die Module, die Bebauung, die Außenanlagen sowie die notwendigen vorbereitenden Maßnahmen des Deckels ermittelt.

Tabelle 4: Modul 1 – Leichte Grünbrücke – Massen für ein Modul

Elemente	Masse	Einheit
Leichtbaukonstruktion	696	m <sup>2</sup> BGF
Streifenfundamente 5,0 x 1,7 (b x h)	48	lfm
Aufgehende Wände d= 80 cm	400	m <sup>2</sup>
Grünbrücke 16,0 x 43,5 (l x b)	696	m <sup>2</sup> BGF

Tabelle 5: Modul 2a Fachwerkverbundbrücke – Massen für ein Modul

<b>Elemente</b>	<b>Masse</b>	<b>Einheit</b>
Streifenfundamente 5,0 x 1,7 (b x h)	108	lfm
Aufgehende Wände d= 80 cm	1.000	m <sup>2</sup>
Deckenplatten d=40 cm	1.990	m <sup>2</sup>
Deckenplatten d=40 cm	1.990	m <sup>2</sup>
Baustahl (Gurte, Querträger, etc.)	300	to
Fachwerkverbundbrücke 36,0 x 55,3 (lxb)	1.990	m <sup>2</sup> BGF

Tabelle 6: Modul 2b Hohldeckel – Masse für ein Modul

<b>Elemente</b>	<b>Massen</b>	<b>Einheit</b>
Streifenfundamente 5,0 x 1,7 (b x h)	108	lfm
Aufgehende Wände d= 80 cm	900	m <sup>2</sup>
Wände Hohlkasten d=40 cm	980	m <sup>2</sup>
Deckenplatten d=40 cm	1.990	m <sup>2</sup>
Deckenplatten d=80 cm	1.990	m <sup>2</sup>
Hohlkasten 36,0 x 55,3 (l x b)	1.990	m <sup>2</sup> BGF

Tabelle 7: Modul 3 Erschließungsbrücke – Massen für ein Modul

<b>Elemente</b>	<b>Masse</b>	<b>Einheit</b>
Streifenfundamente 4,0 x 1,0 (b x h)	30	lfm
Aufgehende Wände d= 80 cm	240	m <sup>2</sup>
Deckenplatten d=40 cm	435	m <sup>2</sup>
Deckenplatten d=80 cm	435	m <sup>2</sup>
Baustahl (Ober-/ Untergurt, Querträger...)	68	to
Erschließungsbrücke 10,0 x 43,5 (l x b)	435	m <sup>2</sup> BGF

Tabelle 8: Geländemodellierung / Vorbereitende Maßnahmen - Massen

<b>Elemente</b>	<b>Masse</b>	<b>Einheit</b>
Spartenverlegung im Bereich Autobahn	1.218	lfm
Erdaus- /einbau inkl. Bodenverbesserung	24.000	m <sup>3</sup>
Geländemodellierung	15.000	m <sup>3</sup>

Tabelle 9: Außenanlagen auf Deckel ohne Flächen der Grünbrücken M1 - Massen

<b>Elemente</b>	<b>Masse</b>	<b>Einheit</b>
Befestigte Flächen auf Deckel	2.300	m <sup>2</sup> AF
Grünflächen d=50cm auf Deckel ohne M1	12.000	m <sup>2</sup> AF
Erschließung / Medien	1.300	lfm
Spielplatz	1	1 St

Tabelle 10: Außenanlagen neben Deckel - Massen

<b>Elemente</b>	<b>Masse</b>	<b>Einheit</b>
Befestigte Flächen neben Deckel	3.600	m <sup>2</sup> AF
Grünflächen neben Deckel	8.200	m <sup>2</sup> AF

Tabelle 11: Ausbau des Deckels „Untergeschoss“ - Massen

<b>Elemente</b>	<b>Masse</b>	<b>Einheit</b>
Ausbaubauflächen in Deckel	14.000	m <sup>2</sup> BGF
Park-/Verkehrsflächen	6.500	m <sup>2</sup> NUF
Kellerräume	2.000	m <sup>2</sup> NUF
Stellplätze	160	St

Tabelle 12: Bebauung des Deckels

<b>Elemente</b>	<b>Masse</b>	<b>Einheit</b>
<b>EFH</b> 2-geschossig (Modulare Holzbauweise – 2 Geschosse)	4.900	m <sup>2</sup> BGF
EFH 2-geschossig	3.430	m <sup>2</sup> NUF
<b>Punkthäuser</b> 4 bis 7-geschossig (Massivkonstruktion, Stahlkonstruktion, Stützen und Holzfassade)	9.400	m <sup>2</sup> BGF
Punkthäuser 4 bis 7-geschossig	6.580	m <sup>2</sup> NUF
<b>Riegel</b> 4-geschossig (Massivkonstruktion, Stahlbetonkern, Stützen und Holzfassade)	1.700	m <sup>2</sup> BGF
Riegel 4-geschossig	1.190	m <sup>2</sup> NUF

### 8.1.2 Ermittlung der Kosten

Die Kosten werden für die beschriebenen Elemente mit Kostenkennwerten des BKI Baukosteninformationszentrums Deutscher Architektenkammern [6], dem Baupreisleikon der f:data GmbH [7], der einschlägigen Fachliteratur sowie Erfahrungskennwerten abgerechneter Bauprojekte ermittelt. Die Kosten werden inklusive der gesetzlichen Mehrwertsteuer (inkl. MwSt.) und indiziert [8], [9] auf das 4. Quartal 2019 (4.Q 2019) angegeben.

Die Kosten werden auf der 1. Ebene der DIN 276-1 zusammenfasst, wobei die Kosten-Gruppe 300 und 400 als Bauwerkskosten zusammengefasst werden, [10].

#### Baunebenkosten

Für die Kostengruppe 700 Baunebenkosten wird ein Ansatz von 30% der KG 200 – 700 gewählt, da der Aufwand bei den Planern, Gutachtern und Beratern auf Grund des Pilotprojekts und der langen Projektlaufzeit als erhöht gegenüber den Vergleichskenngrößen von 18 – 24 % an der KG 300-400 bewertet wird. Für reine Ingenieur-/Tunnelbauwerke liegen die Honorare für Planung und Gutachten niedriger.

#### Mehrwertsteuer

Alle Kosten werden inklusive des aktuell gültigen Mehrwertsteuersatzes in Höhe von 19% angegeben, da es sich bei der Bebauung um die Schaffung von Wohnraum handelt, der in der Regel von Privatpersonen erworben wird, die nicht umsatzsteuerbefreit sind.

Somit können Immobilienangebotspreise ohne Umrechnungsfaktor mit den Herstellkosten verglichen werden.

### **Unvorhergesehenes/Unvorhersehbares**

In Kostenermittlungen sollten vorhersehbare Kostenrisiken nach ihrer Art, ihrem Umfang und ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit benannt werden, vgl. [10]. Da der vorliegende Planungsstand Umfang einer vertieften Machbarkeitsstudie ist, können unvorhersehbare Kosten (UV) unterschiedliche Ursachen haben. Dies kann zum Beispiel das fehlende geotechnische Gutachten, oder auch eine Veränderung des Projektumfangs sein. In der nachfolgenden Kostenermittlung wird kein allgemeiner Ansatz von 10 bis 20% für UV gewählt, da dieser zum aktuellen Projektstand eine vermeintliche Sicherheit vermittelt, die dieser nicht erfassen kann.

Es wird darauf hingewiesen, dass es auf Grund des Planungsstandes einer Machbarkeitsstudie, zu erheblichen Schwankungsbreiten bei den ermittelten Kosten kommen kann. Die Auswirkungen der Schwankungsbandbreite der Kosten kann mit einer Sensitivitätsanalyse untersucht werden. Die Kostengruppe 800 Finanzierung wird im Kapitel Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt, vgl. Anhang C: Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Es ergeben sich folgende Kosten für die geplanten Bauelemente:

#### **Modul 1 – Leichte Grünbrücke**

In den Kosten für die leichte Grünbrücke sind unter anderem die Fundamentierung, Deckelaußenwand inkl. Abdichtung, Mittelwand sowie die Membranen mit Seilnetzkonstruktion und extensiver Begrünung enthalten.

Tabelle 13: Modul 1 – Leichte Grünbrücke – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
300	Bauwerk - Baukonstruktion	1.250.000 EUR
700	Baunebenkosten	380.000 EUR
<b>SUMME</b>	<b>Kosten für Leichte Grünbrücke</b>	<b>1.630.000EUR</b>

#### **Modul 2a – Fachwerkverbundbrücke**

In den Kosten für die Fachwerkverbundbrücke sind unter anderem die Fundamentierung, Deckelaußenwand inkl. Abdichtung, Mittelwand sowie das Stahltragwerk mit Fachwerkträgern und Spannbetondecke enthalten.



Tabelle 14: Modul 2a Fachwerkverbundbrücke – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
300	Bauwerk - Baukonstruktion	4.600.000 EUR
700	Baunebenkosten	1.380.000 EUR
<b>SUMME</b>	<b>Kosten für Fachwerkverbundbrücke</b>	<b>5.980.000 EUR</b>

### **Modul 2b – Hohldeckel**

In den Kosten für den Hohldeckel sind unter anderem die Fundamentierung, Deckelaußenwand inkl. Abdichtung, Mittelwand sowie die Spannbetondecke inkl. Unterzügen mit aussteifenden Wänden im Deckel enthalten.

Tabelle 15: Modul 2b Hohldeckel – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
300	Bauwerk - Baukonstruktion	4.150.000 EUR
700	Baunebenkosten	1.250.000 EUR
<b>SUMME</b>	<b>Kosten für Hohlkasten</b>	<b>5.400.000 EUR</b>

### **Modul 3 – Erschließungsbrücke**

In den Kosten für die Erschließungsbrücke sind unter anderem die Fundamentierung, Deckelaußenwand inkl. Abdichtung, Mittelwand sowie das Stahltragwerk mit Fachwerkträgern und Spannbetondecke enthalten.

Tabelle 16: Modul 3 Erschließungsbrücke – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
400	Bauwerk – Technische Anlagen	1.570.000 EUR
700	Baunebenkosten	470.000 EUR
<b>SUMME</b>	<b>Kosten für Erschließungsbrücke</b>	<b>2.050.000 EUR</b>

### Technische Ausstattung – Betriebs- und Sicherheitstechnische Ausstattung

Das geplante Bauwerk – weist eine Länge von ca. 400 m auf. In den Kosten für die betriebs- und sicherheitstechnische Ausstattung sind die Beleuchtung sowie die gemäß FGSV-RABT 2016 [1] geforderte Ausstattung für Tunnel mit einer Tunnellänge < 400 m: eine Notrufeinrichtung, Tunnelfunkt (BOS, Betrieb), Lautsprecheranlage, Videoüberwachung, Löschwasserversorgung und Fluchtwegkennzeichnung enthalten.

Tabelle 17: Technische Ausstattung Tunnel - Kosten: 4. Q 2019, inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
400	Bauwerk – Technische Anlagen	8.710.000 EUR
700	Baunebenkosten	2.610.000 EUR
SUMME	Kosten Technische Anlagen Tunnel	11.320.000 EUR

### Geländemodellierung – Vorbereitende Maßnahmen

Die Geländemodellierung umfasst die vorbereitenden Maßnahmen für das Baufeld.

Tabelle 18: Modellierung / Vorbereitende Maßnahmen – Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
200	Vorbereitende Maßnahmen	3.970.000 EUR
700	Baunebenkosten	1.190.000 EUR
SUMME	Kosten für Vorbereit. Maßnahmen	5.160.000 EUR

### Außenanlagen auf Deckel ohne Flächen der Grünbrücke

Die Außenanlagen auf dem Deckel sind vergleichbar den Aufbauten eines Flachdachs, wobei für die Begrünung eine Substrat-/Vegetationstiefe von 50 cm geplant ist. Die Kosten für die Erschließung und Medien der Deckelbebauung sind ebenfalls berücksichtigt.

Tabelle 19: Außenanlagen auf Deckel - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
300-500	Bauwerk - Außenanlagen	6.750.000 EUR
700	Baunebenkosten	2.030.000 EUR
SUMME	Kosten für Außenanlagen auf Deckel	8.780.000 EUR

### **Außenanlagen neben Deckel**

Zur Umsetzung der Außenanlagen neben dem Deckel wurden die Herstellung von Straßen und Wegen mit Asphaltbelag, Linienentwässerung und Beleuchtung sowie den Erdarbeiten für Pflanz- und Rasenflächen und Pflanzarbeiten für die Pflanz- und Rasenflächen angesetzt.

Tabelle 20: Außenanlagen neben Deckel - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
500	Außenanlagen und Freiflächen	3.350.000 EUR
700	Baunebenkosten	1.000.000 EUR
<b>SUMME</b>	<b>Kosten für die AUF neben Deckel</b>	<b>4.350.000 EUR</b>

### **Ausbau des Deckels „Untergeschoss“**

Im Hohlkasten entstehen ca. 14.000 m<sup>2</sup> BGF, die als Kellerräume sowie für Tiefgaragenstellplätze mit Rampenerschließung genutzt werden. Die Kosten berücksichtigen den baulichen und technischen Ausbau des Hohlkastens.

Tabelle 21: Ausbau des Deckels „Untergeschoss“ - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
300-400	Bauwerk	6.870.000 EUR
700	Baunebenkosten	2.060.000 EUR
<b>SUMME</b>	<b>Kosten für Ausbau des Deckels</b>	<b>7.150.000 EUR</b>

### Bebauung des Deckels

Für die in Tabelle 22 dargestellten Kosten für die Bebauung auf dem Deckel fallen keine Kosten für eine Baugrube/Erdbau sowie Gründungen oder Unterbau an, da diese Konstruktionen und deren Kosten im Deckel enthalten sind. Die Kosten für die Bebauung des Deckels umfassen die Herstellkosten der Gebäude.

Tabelle 22: Bebauung des Deckels - Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

<b>KG</b>	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten</b>
<b>Einfamilienhäuser (EFH) – 41 Stück</b>		
300-400	Bauwerk	5.570.000 EUR
700	Baunebenkosten	1.1670.000 EUR
SUMME	Kosten für Einfamilienhäuser	7.240.000 EUR
<b>Punkthäuser – 7 Stück</b>		
300-400	Bauwerk	18.670.000 EUR
700	Baunebenkosten	5.600.000 EUR
SUMME	Kosten für Punkthäuser	24.270.000 EUR
<b>Riegelbauwerk – 1 Stück</b>		
300-400	Bauwerk	2.910.000 EUR
700	Baunebenkosten	870.000 EUR
SUMME	Kosten für Riegelbauwerk	3.780.000 EUR

Für die Gesamtbetrachtung wurde das Modul 2b Hohlkasten gewählt. Die Kostenübersicht, Tabelle 23, über die KG 200-700 für die Überdeckung von 400 Metern Autobahn und der Schaffung von 20.400 m<sup>2</sup> Fläche auf dem Autobahndeckel mit einer geplanten BGF oberirdisch von ca. 16.000 m<sup>2</sup> für Wohnen und gewerbliche Nutzung sowie einer geplanten BGF von ca. 14.000 m<sup>2</sup> im Hohlkasten für Tiefgaragen und Kellerräume zeigt, dass sich die Gesamtkosten des Projekts auf ca. 126 Mio. Euro inkl. MwSt. belaufen.

Tabelle 23: Übersicht KG 200 – 700 Gesamtprojekt; Kosten: 4.Q 2019; inkl. MwSt.

Nr.	Bauelement	Flächen	€ / Einheit	Kosten €
1	Vorbereitende Maßnahmen	13.300 m <sup>2</sup>	388	5.160.000
2	Bauwerk - Deckel	20.400 m <sup>2</sup> GF	2.647	54.000.000
3	Technische Anlagen Tunnel	400 lfm	28.300	11.320.000
4	Autobahnausbau *	-	-	-
5	Außenanlagen neben Deckel	10.340 m <sup>2</sup> AF	420	4.350.000
6	Außenanlagen auf Deckel	14.300 m <sup>2</sup> AF	614	8.780.000
I	Zwischensumme Deckel	400 lfm	209.000	83.610.000
II	Ausbau Deckel UG	14.000 m <sup>2</sup> BGF	510	7.150.000
7	EFH (41 Stück)	4.900 m <sup>2</sup> BGF	1.477	7.240.000
8	Punkthäuser (7 Stück)	9.400 m <sup>2</sup> BGF	2.582	24.270.000
9	Riegelbauwerk (1 Stück)	1.700 m <sup>2</sup> BGF	2.223	3.780.000
III	Zwischensumme **	16.000 m <sup>2</sup> BGF	2.206	35.290.000
IV	Gesamtprojekt [I+II+III]	-	-	126.050.000

\* Kosten für Autobahnausbau nicht enthalten

\*\* Bebauung - Summe aus Nr. 7, 8 und 9

### **Straßenbau**

Die Kosten für den Autobahnausbau von sechs auf acht Spure wurden nicht ermittelt. Es wurde ebenfalls kein Ansatz für die Einsparung von Lärmschutzmaßnahmen, die auf Grund des Deckelbauwerks entfallen können, gewählt. Ebenfalls wurde kein Ansatz für die Einsparung oder geringer zu dimensionierende Retentionsbecken gewählt.

### **Marketing und Finanzierung**

Es wurden bei den Herstellkosten keine Vertriebsprovisionen, Entwicklungsgewinne oder Zinsen während der Bauzeit angesetzt, da vereinfachend angenommen wurde, dass dieses Projekt über die öffentliche Hand zur Reduzierung der Wohnungsknappheit realisiert wird.

### **Baupreissteigerung**

Der Kostenstand der Kostenermittlung ist das 4. Quartal 2019. Da dieses Infrastrukturprojekt in Form eines Lärmschutzdeckels mit Wohnbebauung einen Pilotcharakter besitzt, ist für die Planungs- und Genehmigungsdauer von einem längeren Zeitraum bis

zum Baustart auszugehen, sodass die Projektkosten stetig an die Preissteigerungen anzupassen sind. Bei einem optimistischen Ansatz von 5 Jahren bis zum Beginn der Bauausführung und einer Baupreissteigerung von 3 – 5 % p.a. können sich Kostensteigerungen bis zum Projektstart in Höhe von 20.1 – 34.8 Mio. Euro ergeben.

### **Grundstückswerte**

Es wurden keine Erwerbs- oder Ablösekosten für das Gesamtprojekt berücksichtigt. Die notwendigen Flächen von 13.300 m<sup>2</sup> GF neben der Autobahn befinden sich sowohl im Eigentum des Bundes, der Stadt Freiberg am Neckar sowie in Privatbesitz. Mit einem Bodenrichtwert von 485 – 720 Euro/m<sup>2</sup> GF für Bauland, vgl. Bodenrichtwertkarte FaN 2019 [11], ergibt dies reine Grundstückskosten ohne Kaufnebenkosten in Höhe von 6.450.500 – 9.576.000 Euro. Ohne die Umsetzung des Deckels sind die Flächen nicht bebaubar, da in einem Abstand von 40 Meter von Bundesautobahnen keine baulichen Anlagen errichtet werden dürfen, vgl. §9 Bauliche Anlagen an Bundesfernstraßen, FStrG, [12]. So entsteht nach der Umsetzung des Deckels innerstädtisches Bauland, welches zur Refinanzierung des Gesamtprojekts mit 6.5 – 10 Mio. Euro in Ansatz gebracht werden kann. Sowohl auf den Ansatz der Erwerbskosten als auch der Spekulationsgewinne wird verzichtet, da diese erst mit der Klärung der Rolle der Kommune und des Bundes innerhalb der gewählten Projektstruktur bewertet werden können.

### **Vergleichsprojekte**

Als Vergleichsprojekte für Straßentunnel, welche als Lärmschutzmaßnahmen umgesetzt werden, sind zu nennen:

- A81 – Lärmschutz bei Böblingen und Sindelfingen in Form eines Deckels mit einer Länge von 850 m und Kosten für die Überdeckung in Höhe von 68 Mio. Euro inkl. MwSt. Kostenstand 2013 entspricht 80.000 Euro/lfm, vgl. [13].
- A7 – Ausbau Abschnitt Altona in Hamburg auf einer Länge von 3.400 m mit einer Länge der Überdeckung von 2.230 m und Gesamtprojektkosten inkl. Straßenausbau in Höhe von ca. 500 Mio. Euro (Baukosten: 340 Mio. Euro, Ablösekosten: 80 Mio. Euro, Parkanlagen: 20 Mio. Euro, Planungskosten: 60 Mio. Euro) inkl. MwSt. Kostenstand Februar 2015 entspricht dies ca. 150.000 – 200.000 Euro/lfm, vgl. [14].
- A7 – Ausbau Abschnitt Schnelsen in Hamburg auf einer Länge von 5.300 m mit einer Länge der Überdeckung von 560 m und Überdeckungskosten in Höhe von ca. 87.6 Mio. Euro (Baukosten Tunnel: 32.3 Mio. Euro, Baukosten Tunnelausstattung: 27.9 Mio. Euro, Ablösekosten: 8.4 Mio. Euro, Parkanlagen: 3.9 Mio. Euro, Planungskosten: ca. 15 Mio. Euro) inkl. MwSt. Kostenstand April 2014 entspricht dies ca. 156.000 Euro/lfm, vgl. [14], [15].

Die Kostenermittlung für die Herstellung und Planung des Deckels FfF über 400 m Länge über die A 81 bei Freiberg am Neckar ergibt Kosten in Höhe von 83.6 Mio. Euro

inkl. MwSt. 4.Q 2019, was 209.000 Euro/lfm entspricht. Durch die innovativen Grünbrückenmodule und deren extremen Materialeinsparung gegenüber dem Hohlkasten können Kosten eingespart werden. Die Projektkosten sind vergleichbar mit den Kosten des Hamburger Deckels.

### **Zusammenfassung**

Die Gesamtprojektkosten belaufen sich auf 126 Mio. Euro. Es können 16.000 m<sup>2</sup> BGF Bebauung ohne Tiefgarage und 30.000 m<sup>2</sup> BGF inklusive Tiefgarage auf dem Deckel realisiert werden. Das innerstädtische Sanierungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 30.700 m<sup>2</sup>. Die Herstellkosten für den Deckel ohne Bebauung in Höhe von 209.000 EUR/lfm bewegen sich im Rahmen der Vergleichsprojekte, wie Deckel A7 Hamburg Altona.

## **8.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung**

Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeit für das Gesamtprojekt berechnet. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass mit der Bebauung 16.000 m<sup>2</sup> BGF Wohngebäude realisierbar werden können. Dies entspricht einer vermietbaren Wohnfläche von ca. 11.200 m<sup>2</sup> WF, welche auf 41 Einfamilienhäuser- sowie 8 Mehrfamilienhäuser aufteilen. Des Weiteren wird ein Untergeschoss mit Tiefgaragenstellplätzen und Kellerräumen über 14.000 m<sup>2</sup> BGF geschaffen.

Als Grundlage für die Bewertung wurden

- die Bodenrichtwertkarte 2019 der Stadt Freiberg am Neckar, vgl. [11]
- der Mietspiegel 2018 der Stadt Freiberg am Neckar, vgl. [16]
- die Auswertungen der Kaufpreisentwicklungen für Wohnungen und Häuser des Onlineportals immowelt.de der Immowelt AG, vgl. [17]
- die Auswertungen der Kaufpreisentwicklungen für Wohnungen und Häuser des Onlineportals Immobilien Scout 24 der Immobilien Scout GmbH, vgl. [18], [19]

herangezogen.

**Bodenrichtwerte:** Die Bodenrichtwerte für Grundstücke liegen gemäß Bodenrichtwertkarte 2019 der Stadt Freiberg am Neckar auf der östlichen Seite der Autobahn bei 720 €/m<sup>2</sup> und auf der westlichen Seite der Autobahn zwischen 485 und 620 €/m<sup>2</sup>, vgl. [11].

**Basis-Nettokaltmiete:** Die monatliche Basis-Nettokaltmiete liegt zwischen 10,19 €/m<sup>2</sup> WF für Wohnungen mit einer Wohnfläche von 120-149 m<sup>2</sup> und 14,69 €/m<sup>2</sup> WF für Wohnungen mit einer Wohnfläche von 25-29 m<sup>2</sup>, vgl. Mietspiegel FaN 2018 [16].

**Kaufpreise für Wohnungen und Häuser:** Die durchschnittlichen Angebotspreise zum Kauf lagen im Durchschnitt bei 5.471 €/m<sup>2</sup> WF für Häuser [18] sowie 3.685 €/m<sup>2</sup> WF für Wohnungen [19] im 4. Quartal 2019 gemäß Immobilienscout 24. Ein Vergleich mit

den aktuell, im 1. Quartal 2020, angebotenen Immobilien bestätigt die Immobilienangebotspreise sowie deren Anstieg. Außerdem zeigt sich eine geringe Anzahl von Verkaufsangeboten.

Die ermittelten Gesamtkosten (Deckel mit Bebauung) belaufen sich auf 126.050.000 € inkl. MwSt. Mit dem Projekt werden 30.000 m<sup>2</sup> BGF für Wohnen inkl. Tiefgaragenebene geschaffen, auf welche ein Kostenanteil in Höhe von 42.440.000 € entfällt. Auf die 11.200 m<sup>2</sup> Wohnflächen entfallen Herstellkosten in Höhe von 35.290.000 € inkl. MwSt., was Kosten von 3.150 €/m<sup>2</sup> WF entspricht. Mit der Deckelkonstruktion und den unmittelbar angrenzenden nutzbar gemachten Flächen wird eine Grundfläche von 30.700 m<sup>2</sup> GF geschaffen. Die Ablöse von Grundstücken, die sich nicht im Besitz der Stadt befinden, sondern im Besitz des Bundes oder Privatbesitz, wurde nicht weiter berücksichtigt. Die Kosten für die vorbereitenden Maßnahmen sowie die Deckelkonstruktion belaufen sich auf 83.610.000 € inkl. MwSt. Dies entspricht 2.723 €/m<sup>2</sup> GF.

Der Vergleich des Bodenrichtwerts in Höhe von 720 €/m<sup>2</sup> mit den Kosten für die Schaffung eines Quadratmeters Grundfläche in Höhe von 2.723 €/m<sup>2</sup> GF zeigt, dass das Projekt bei einer Vervielfachung des Bodenrichtwerts wirtschaftlich wird. Es zeigt sich, dass mit einer effizienten Planung und der Modulbauweise günstiger Wohnraum geschaffen werden kann, der marktfähig ist. Auf Grund der lockeren Bebauung mit geringer Geschossigkeit kann durch die Umlage der Baukosten des Deckels, welche den Grundstückskosten gleich zu setzen sind, auf den geschaffenen Quadratmeter Wohnfläche kein wirtschaftlicher Verkaufspreis im Rahmen der bis zu 5.471 €/m<sup>2</sup> WF hohen Vergleichsangebotspreise für Häuser in Freiberg am Neckar erreicht werden.

### **Wirtschaftlichkeit Tunnel**

Für eine ganzheitliche Betrachtung der Kosten des Tunnelbauwerks sind auch die Lebenszykluskosten zu analysieren. Hierfür wurden vom DAUB „Empfehlungen für die Ermittlung von Lebenszykluskosten für Straßentunnel [20] erarbeitet. Die Lebenszykluskosten setzen sich aus den Herstellkosten des Bauwerks sowie den Folgekosten über die Lebensdauer zusammen. Als Entscheidungsmethode für ein Tunnelbauwerk empfiehlt der DAUB die Kapitalwertmethode. Da diese Machbarkeitsstudie keine Differenzierung von Herstellarten, Variation der Nutzungsdauern oder Betriebs- und Instandhaltungsstrategien betrachtet, sei auf diese Methode lediglich verwiesen. Vereinfachend lassen sich die jährlichen Kosten gemäß „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen“ EWS 1997 [21] berechnen. Die Annuitätenmethode ergeben bei Herstellkosten von ca. 83 Mio. Euro, einem Zinssatz von 1,75 – 3,00% ca. 2,5 – 3,6 Mio. Euro jährliche Kosten. Zu der Annuität kommen noch die jährlichen laufenden Kosten sowie die Instandsetzungskosten hinzu.

Die EWS 1997 beschreibt die gesamtwirtschaftlichen Bewertungsansätze [21]. Da es keine Varianten bei der Streckenführung der Autobahn gibt, sind diese bei den Nut-



zungskomponenten der Betrachtung der Autobahn mit und ohne Tunnel an dieser Stelle nur bedingt bewertbar. Hinsichtlich der Gesamtbetrachtung des Projekts können die Nutzen-Kosten-Analysen mit den Nutzungskomponenten Betriebskosten, Fahrzeiten, Unfallgeschehen, Lärmbelästigung, Schadstoffbelastung, Klimabelastung, Trennwirkung gegenüber Fußgängerüberquerungen und Flächenverfügbarkeit für Fußgänger und Radfahrer auf Basis weiterer Auswertungen vergleichbar der EWS untersucht und bewertet werden.

### **Ablösekosten**

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde kein Ansatz für Kosten für die Ablösung des Rechts den Deckel über die Autobahn bauen zu dürfen oder für die Ablösung, dass der Betrieb und die Instandsetzung durch den Straßenbaulasträger erfolgt, gewählt. Dieser Ansatz kann erst nach Klärung der Projektstruktur ermittelt werden.

### **Kostenbeteiligungen im Zuge des Autobahnausbaus**

Bei der Gesamtbetrachtung muss berücksichtigt werden, dass die Kosten für Schallschutzmaßnahmen sowie der Rück- und Neubau der Bestandsbrücke über die A81, die bei einer Erweiterung auf acht Fahrspuren erforderlich werden, noch nicht berücksichtigt wurden. Bei der Erweiterung einer Autobahn auf acht Fahrspuren, werden auf Grund der Lärmausbreitung über normale Schallschutzwände hinweg, extrem aufwändige Schallschutzmaßnahmen notwendig, die, wie in Hamburg oder Sindelfingen-Böblingen, mit Autobahnschallschutzdeckeln gelöst werden können.

Ebenso kann in Teilen auf dem überdeckelten Autobahnabschnitt auf die Erweiterung der Retentionsbecken verzichtet werden, da die Regenwasserableitung auf dem Deckel selbst und nicht auf Autobahnniveau erfolgt. Auch dieser Parameter ist monetär bisher nicht in den Gesamtkosten berücksichtigt.

### **Förderung**

Es ist zu prüfen, ob und in welcher Höhe die Gesamtmaßnahme als Sanierungsmaßnahme oder städtebauliche Entwicklungsmaßnahme, vgl. §165 Städtebauliche Entwicklungsmaßnahmen [22], potentiell förderfähig ist. Da es sich bei dem Deckel nicht um vorhandenen „Boden“, sondern neu geschaffene innerstädtische Flächen handelt, ist die Auslegung der Städtebauförderrichtlinie zu prüfen. Neben der städtebaulichen Förderung, ist die Förderungen zur Wohnraumschaffung als Fördertopf zu prüfen.

### **Zusammenfassung**

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung, vgl. Anhang C: Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsberechnung, zeigt, dass bei den aktuell erzielbaren Mieten mit der geschaffenen Quantität an Wohnfläche ohne Fördermaßnahmen für das Gesamtprojekt kein Überschuss erzielt werden kann.

Ebenso zeigt das Residualwertverfahren, vgl. Anhang C: Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsberechnung, dass sich das Gesamtprojekt mit der klassischen Herangehensweise nicht trägt. So stehen Veräußerungserlöse für Wohnen in Höhe von ca. 52 Mio. € inkl. MwSt. Herstellkosten für das Gesamtprojekt in Höhe von 126 Mio. € inkl. MwSt. gegenüber. Dieser statische Vergleich zeigt eine Unterdeckung, mit der das Gesamtprojekt nicht refinanziert werden kann. Die Finanzierungslücke könnte mit Grundstückserlösen und einer Nachverdichtung, Verkaufserlösen der Immobilien, Fördermaßnahmen, kommunaler Beteiligung sowie als Teil der Umsetzung des Bundesverkehrswegeplans geschlossen werden. Weiter können mit Kosten-Nutzenanalysen der Lärmschutz, Schadstoffbelastung, Klimabelastung, Trennwirkungen und Flächenverfügbarkeiten sowie die städtebauliche Sanierung monetarisiert und bewertet werden. Überdies führt die Aufwertung der innerstädtischen Flächen zu einer gesamtheitlichen Aufwertung.

Die Finanzierungslücke kann erst nach Klärung der konkreten Projektorganisation bestehend aus den Beteiligten wie Bund, Land, Kommune sowie Investoren (Projektentwickler, Bauträger, Öffentlichen Privaten Partnern, Baugenossenschaften, etc.) und deren konkreten Rollen-/Aufgabenverteilung sowie deren finanziellen Beteiligungen final bewertet werden.

## 9 Brandschutzkonzept

Das Prinzip der modularen Überbrückung der A81 findet sich auch in den Themen des Brandschutzes wieder. Die Module werden nutzungsbedingt unterschiedlichen brandschutztechnischen Anforderungen ausgesetzt. Die brandschutztechnischen Anforderungen an die Bauteile der Landschaftsbrücke ergeben sich aus zwei Richtungen: Zum einen von unten aus den möglichen thermischen Beanspruchungen bei einem Fahrzeugbrand auf der Autobahn A81 und zum anderen durch die gesetzlichen Schutzziele des Bauordnungsrechtes, die durch die Bebauung auf der Landschaftsbrücke zu erreichen sind. Insbesondere die Wohnbebauung erfordert eine bestimmte Tragfähigkeit der Brückenplatte auch im Brandfall. Aber auch die Verkehrssicherheit auf der stark frequentierten Autobahn A81 lässt kein Versagen der Konstruktion im Brandfall zu.

Daher sind besondere brandschutztechnische Anforderungen zu erfüllen, die diesen außergewöhnlichen Rahmenbedingungen gerecht werden. Für alle Brückenmodule ist die Brandbeaufschlagung von unten, bedingt durch einen möglichen Fahrzeugbrand auf der Autobahn, das entscheidende Szenario. Der Fokus liegt hierbei auf dem Modul mit Wohnbebauung. Das Modul der Fuß- und Radwege mit Grünflächen wird in dieser Studie als experimentelles Modul behandelt. Es sieht eine Sonderlösung vor, die brandschutztechnisch in weiteren Schritten überprüft und nachgewiesen werden müsste. Im Folgenden werden beide Konstruktionen brandschutztechnisch bewertet.

Mit den Gesamtabmessungen von 400 m Länge und einer Breite von ca. 45 m ist das Projekt der Landschaftsbrücke gemäß DIN 1076 und RABT als Tunnelbauwerk zu bewerten. Die lichte Höhe des Tunnels beträgt mind. 5 m. Gemäß den Vorgaben aus der Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) werden an Tunnel bis zu einer Länge von 400 m keine besonderen Anforderungen an die Lüftung und Entrauchung des Tunnels gestellt. Die Rettungswegführung in diesem Tunnel erfolgt durch die geschlossene Mittelwand hindurch nach max. 100 m Lauflänge in die benachbarte Tunnelröhre der anderen Richtungsfahrbahn. Somit kann mit 2 Brandschutztüren in der Mittelwand eine Rettungsweglänge von weniger als 100 m von jedem Punkt des Tunnels sichergestellt werden.

Die Fluchttüren und Verbindungstüren, die die beiden Brandabschnitte voneinander trennen, müssen den Technischen Lieferbedingungen und Technischen Prüfvorschriften für Türen und Tore in Straßentunneln (TL/TP TTT) entsprechen.

Zusätzliche Treppenträume, die Ausgänge nach oben auf die Brückenplatte ermöglichen könnten, wurden bei dieser geringen Tunnellänge vom Ministerium für Verkehr BW als unverhältnismäßig beurteilt. Daher sieht die Studie die Rettungswegführung durch die Türen in der Mittelwand in die benachbarte Tunnelröhre vor. Aufgrund der kurzen Ret-

tungswege kann auf eine maschinelle Entrauchung und Kanalausbildung verzichtet werden.

Dennoch sind zusätzliche sicherheitstechnische Einrichtungen erforderlich:

- Beleuchtung des Tunnels nach DIN 67524 und den Angaben aus Kapitel 3.2 RABT Beleuchtung bei Nacht und Notbeleuchtung müssen an eine USV angeschlossen sein.
- Notgehwege beidseits der Fahrbahn 1 m breit, geschützt durch Hochborde mit einer Höhe von  $h = 7$  cm und einer lichten Durchgangshöhe von mind. 2,25 m
- Funkdienste für Feuerwehr, Polizei und betriebliche Straßenunterhaltung müssen überall im Tunnel unterbrechungsfrei zur Verfügung stehen. Daher ist im vorliegenden Fall die Notwendigkeit durch funktechnische Ausleuchtungen und Feldstärkemessungen objektbezogen zu ermitteln.
- Videoüberwachung aufgrund der hohen Fahrleistung (PKW und LKW)
- Lautsprecheranlage
- Fluchtwegkennzeichnung im Abstand von 25 m

Selbstleuchtende Leiteinrichtungen, Orientierungsbeleuchtung, Notrufstationen mit Handfeuerlöschern sowie eine Brandmeldeanlage sind erst ab einer Tunnellänge von mehr als 400 m erforderlich.

An den Portalen insgesamt 1200 l/min oder Behälter mit 72 m<sup>3</sup>- Entnahme an den Portalen mit mindestens einem abriegelbaren B-Anschluss je Portal.

Es sind Betriebsräume zur Unterbringung der Zentralen Anlagen und Warte im Temperaturbereich von 5 bis 30°C erforderlich.

Für Mittelspannungsanlage, Niederspannungsschaltanlagen, BMA, Lautsprecheranlage, Videoanlage, Funkanlage und USV sind für den Funktionserhalt der Anlagen Brandabschnitte zu bilden.

Zudem ist für eine geregelte Entwässerung zu sorgen, die gemäß ZTV-ING Teil 5 Tunnelbau auch für den Störfall ausgelegt ist:

Störfallrückhalteeinrichtung mit ca. 100 m<sup>3</sup> (72 m<sup>3</sup> Löschwasser + 30 m<sup>3</sup> Tankinhalt). Das Becken soll nicht in der Nähe von Rettungsplätzen und Betriebsräumen liegen. Sonstige Wassermengen sind extra zu betrachten. Das Ableiten der Fahrbahnwasser (auch Gefahrgut) über eine Schlitzrinne für eine Menge von 100 l/s über einen Abschnitt von max. 50 m muss über Schlitzrinnen möglich sein, die alle 50 m mit Ableitung über einen Siphon abzuschotten sein müssen.

Für den sonstigen Innenausbau sind die Anforderungen an Brandschutzmaßnahmen gemäß Ziffer 10.4 der ZTV-ING zu beachten.

Für die Konstruktion sind wegen der Bebauung oberhalb des Tunnels die erhöhten Anforderungen der ZTV-ING (Ziffer 10.2) mit einer Vollbrandphase  $T = 1.200^{\circ}\text{C}$  über 55 min anzusetzen (Tunnelbrandkurve).

Die Studie präferiert daher die Hohlkastenmodule mit Stahlbetondecken und -wänden, die diese Anforderungen aufgrund der Bauteilstärken und Bewehrungen erfüllen.

Der Hohlkörper des Hohlkastenprofils, der aufgrund der Spannweiten und Lasten eine große Bauhöhe benötigt, soll zugleich als Versorgungs- und Parkebene der darüber liegenden Wohngebäude dienen (Tiefgarage, Haustechnik, Lagerflächen). Wesentlich für die Tauglichkeit dieser Module ist, dass bei Beschädigung oder Versagen einer der beiden Funktionen (Brücke als Baugrund für Wohngebäude oder Landschaftsbrücke als Autobahntunnel) keine unmittelbare Beeinträchtigung der anderen Funktion entstehen kann. Daher ist in der Ausführung der Landschaftsbrücke mit Wohnbebauung bei der Ausführung entsprechend Modul 2b die Entkopplung der Systeme vorgesehen: Stahlbeton-Hohldeckel mit leichten Holzmodulen für die Einfamilienhäuser und Stahlbetonskelett-Konstruktionen mit aussteifendem Kern für die Punkthäuser. Das Modul 2b kann gleichermaßen für die anderen Nutzungsvarianten zur Anwendung kommen. Die brandschutztechnischen Anforderungen sind für die Segmente mit Wohnbebauung auf dem Deckel am höchsten. Zusätzliche Aspekte für die Verkehrssicherheit im Tunnel sind, das Verhindern visueller Störungen, eine ebene Untersicht der Tunneldecke und die Standsicherheit auch im Brandereignisfall.

Für die Grünbrücken soll dennoch die Leichtbauweise als „experimentelles Modul“ weiter untersucht werden (Modul 1). Bei der Nutzung als Grünbrücke entfallen die brandschutztechnischen Anforderungen, die sich aus der Wohnnutzung ergeben. Dennoch muss die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer auf der Autobahn sowie der Fußgänger auf der Brücke sichergestellt sein. Die Grundüberlegung ist hierbei, dass insbesondere durch Öffnungen / Augen im Brückenmodul Rauch und Wärme abgeleitet werden können, es also zu einer thermischen Entlastung kommt, die Bauteile folglich nicht gleichermaßen stark mit Temperatur beaufschlagt werden. Nach dem Prinzip einer Brücke, bei der die Hitze ebenfalls in die Atmosphäre entweichen kann, gilt es bei der weiteren Bearbeitung über Simulationen und ingenieurmäßige Berechnungen die erforderlichen Öffnungsgrößen in Abhängigkeit zu den Bauteilstärken zu ermitteln. Die Öffnungen sind dabei im Nicht-Brandfall auf die Themen Lärmschutz und Emissionen ausgelegt. Sie sind mit hochleistungsstarken Membranen versehen, die die Öffnungen schließen, jedoch im Brandfall sofort entfallen (z.B. sich in sich zurückziehen) und die Öffnungen somit zur thermischen Entlastung freigeben. Eines der Ziele dieser Leichtbaukonstruktion ist neben einem hohen Vorfertigungsgrad ein möglichst geringer Materialverbrauch. Dies kann aus Sicht des Teams allerdings nur für die „Grünbrücken“ sinnvoll weiterentwickelt werden. Der genaue rechnerische Nachweis des Brandfalls wird in der weiteren Bearbeitung geführt.

Für die Wohnbebauung auf der Landschaftsbrücke gelten die gesetzlichen Regelungen der LBO und LBO AVO Baden-Württemberg. Die Tragkonstruktionen der Häuser auf der Landschaftsbrücke und der Brückenmodule als Tunneldecke sind – insbesondere bei Modul 2b - als entkoppelte Systeme zu betrachten. Zielsetzung des Ministeriums für Verkehr ist in diesem Zusammenhang insbesondere, dass der Schadensfall an einer Stelle des Moduls (Wohnbebauung oder Tunnelsegment). Nicht zum Verlust des jeweils anderen führen darf.

Die Wohngebäude auf der Landschaftsbrücke sind 2 bis 7-geschossig. Dies entspricht den Gebäudeklassen 1 – 5. Alle Gebäude sollen nachhaltig, ressourcenschonend und wirtschaftlich errichtet werden. Sie sind als Holz- bzw. Holz-Beton-Hybridkonstruktionen bzw. Stahlbetonskelett-Konstruktionen geplant. Die notwendigen Treppenträume der mehrgeschossigen Punkthäuser sind als massive, zugleich aussteifende und nichtbrennbare Kerne vorgesehen. Die brandschutztechnischen Anforderungen an die Feuerwiderstände des Tragwerks sind für die 4-geschossigen Punkthäuser mind. hochfeuerhemmend, für die höheren Punkthäuser feuerbeständig. An das Tragwerk der Ein- und Zweifamilienhäuser (GKI 1) werden keine brandschutztechnischen Anforderungen gestellt. Sie sind nicht zuletzt um Gewicht zu reduzieren als Holzmodulbauten geplant. Die Abstände zwischen den Häusern werden eingehalten, so dass die Ausbildung nichtbrennbarer Gebäudeabschlusswände nicht erforderlich wird.

Der Entwurf sieht Holzfassaden vor. An die Außenfassaden der Gebäude bis einschließlich der Gebäudeklasse 3 werden brandschutztechnisch keine Anforderungen gestellt. Lediglich im Bereich mehrgeschossiger Hohlräume bei hinterlüfteten Fassaden sind Maßnahmen zu treffen, die den Zwischenraum horizontal unterbrechen. Für die Außenfassaden der höheren Geschosswohnungsbauten werden massive Lochfassaden hergestellt die mind. feuerhemmende Qualität aufweisen. Die Dämmung wird nichtbrennbar ausgebildet und so dass die Anforderungen der LBO mit der vorgehängten Holzfassade eingehalten werden. Im Bereich der Anleiterstellen ist bei der finalen Detailausbildung darauf zu achten, dass die Rettung von Personen an den Anleiterstellen nicht gefährdet werden kann.

Der erste Rettungsweg aller Gebäude ist baulich sichergestellt. Die Rettungswegführung im Freien verläuft über das Gelände, d.h. die Erschließungswege auf demselben feuerbeständigen Brückenmodul. Der zweite Rettungsweg für die Ein- und Zweifamilienhäuser kann über tragbare Rettungsgeräte der Feuerwehr (Anleiterstellen) sichergestellt werden. Für die Anleiterung der Punkthäuser ist der Einsatz des Drehleiterfahrzeugs erforderlich. Hierfür wird auf die Gesamtlänge der Landschaftsbrücke östlich des Projektes eine Feuerwehrezufahrt geplant. Von dieser befestigten Fläche aus, werden alle Wohnungen aller Punkthäuser erreicht (gem. VwV Feuerwehrflächen).

Für den Brandschutz im Tunnel werden die Vorgaben der RABT-Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, Ausgabe 2016 bzw. der ZTV-ING Teil 5 eingehalten. Von weitergehenden Schutzmaßnahmen (wie beispielsweise zusätzliche Treppenträumen oder Entrauchungsanlagen) wird aufgrund der geringen Länge von 400 m abgesehen. Die Wohnbebauung auf den Landschaftsbrücken erreicht die Schutzziele der LBO und LBO AVO Baden-Württemberg.

## 10 Betrachtungen zum Schallschutz

Neben den zuvor aufgeführten Fachplanungskriterien spielt bei der Umsetzung der geplanten Autobahnüberbauung auch der Schallschutz eine wesentliche Rolle. Die Autobahn stellt eine sehr laute Lärmquelle dar, die die vorgesehene Nutzung deutlich beeinträchtigen kann, wenn der Schalleintrag in die Gebäude und Freiflächen auf der Brückenkonstruktion und auf dem angrenzenden Gelände nicht durch geeignete bauliche Maßnahmen minimiert wird.

Die zu erfüllenden Anforderungen an den Schallschutz richten sich dabei nach der Art der vorgesehenen Nutzung. Vor diesem Hintergrund sind vier unterschiedliche Bereiche zu betrachten:

- Wohn- und Bürogebäude auf dem Brückenbauwerk
- angrenzende Bebauung auf dem gewachsenen Gelände
- Grünbrückensegmente
- Erschließungssegmente

Am günstigsten stellt sich die Situation für die angrenzende Bebauung dar – sowohl für die bereits bestehende als auch für die neu hinzukommende. Durch die Kapselung der lärmintensiven A81 wird deren Lärmbelastung deutlich reduziert, was einen beträchtlichen Komfortzugewinn darstellt. Zudem können anderweitige aufwendige Schallschutzmaßnahmen entfallen, die andernfalls beim geplanten Ausbau der Autobahn erforderlich würden. Dieser Aspekt kann auch in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Projekts berücksichtigt werden.

Die Gebäude, die auf der Brückenkonstruktion stehen, sind auf zwei Wegen durch die von der Autobahn ausgehende Lärmbelastung betroffen: zum einen über ihre Fassaden, zum anderen über die Grundfläche, mit der sie auf der Brücke stehen.

Von einer Lärmbelastung auf den Fassaden sind primär die Gebäude in der ersten Reihe (jeweils an der Tunnelein- und -ausfahrt) betroffen. Durch entsprechend dimensionierte Erdwälle oder Lärmschutzwände und passive Maßnahmen an der Gebäudehülle (z.B. schalltechnisch optimierte Fenster) können die Schallimmissionen dort auf ein angemessenes Maß reduziert werden. Die dahinter angeordneten Gebäude werden wirkungsvoll durch die Bebauungen in der ersten Reihe geschützt.

Die Lärmeinwirkung über die Grundfläche der Gebäude ergibt sich aus dem Lärmpegel innerhalb des Tunnelbauwerks und der Schallübertragung über die Bodenkonstruktion auf die darüber liegenden Aufenthaltszonen und Gebäude. Durch die statisch erforderliche Stahlbeton-Deckenkonstruktion mit einer Stärke von ca. 30-40 cm und einem Puf-



ferraum im untersten Geschoss (Lagerraum, Technikraum, Tiefgarage) kann hier ein ausreichender Schallschutz für Büro- und Wohnnutzung sichergestellt werden. Dabei wird die Tragwerksvariante 2b gegenüber der Variante 2a als vorteilhaft angesehen, da durch den Hohlkasten ein wirkungsvoller Pufferraum zwischen Autobahn und Wohnraum entsteht, der gleichzeitig als Versorgungs- und Parkebene genutzt werden kann.

Zusätzliche aufwendige Maßnahmen zur Schwingungsentkopplung wie eine elastische Lagerung der Brückenstützen o.ä. werden aus heutiger Sicht nicht notwendig.

Die Anforderungen an die Grünbrücken, auf denen Aufenthalts- und Spielflächen im Freien angeordnet werden, sind geringer als die an die überbauten Abschnitte. Dennoch sind auch hier Maßnahmen zu treffen, um die Lärmbelastung auf ein vertretbares Maß zu reduzieren. Der derzeit planerisch vorgesehene Aufbau mit 15 cm Spritzbeton und einer intensiven Begrünung mit einer Substratstärke von ca. 40cm reicht hierfür voraussichtlich aus. Ergänzend ist im weiteren Planungsverlauf zu prüfen, mit welchen Maßnahmen der Schallpegel im Tunnel reduziert werden kann. Gegebenenfalls ist das durch eine Perforation der unteren der beiden statisch dimensionierten Membranen erreichbar.

In der weiteren planerischen Bearbeitung ist eine detailliertere Betrachtung der einzelnen Themenfelder erforderlich. Dabei stehen die folgenden Arbeitsschritte im Vordergrund:

- Überprüfung der Schallausbreitung und der Abschirmwirkung der Gebäude mit einem kombinierten 3D-Gebäude- / Geländedatenmodell zur Festlegung ggf. erforderlicher Maßnahmen
- Untersuchung und Optimierung der akustischen Eigenschaften der zweischaligen Membrankonstruktion durch Berechnungen und Prüfstandsmessungen an Prototypen
- Körperschallmessungen am Fahrbahnbelag als Grundlage für die Prognose der Übertragung auf die Brückenkonstruktion
- Prognose des Schwingungsverhaltens der Gesamtkonstruktion durch Finite-Elemente-Berechnungen

## 11 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die vorliegende Machbarkeitsstudie befasst sich mit der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit einer Überdeckelung mit aufgehender Bebauung der Autobahn A81 im Zentrum von Freiberg am Neckar auf einer Länge von 400m.

### **Gespräche mit dem Eigentümer**

Nach ersten positiven Gesprächen mit Ministerien und Politik bildet die Machbarkeitsstudie belastbare Grundlage für weitere Gespräche.

### **Öffentlichkeitsarbeit**

Zur Außendarstellung und als Informationsplattform wurden eine Homepage und ein CI für das Projekt entwickelt. Diese ist zu finden unter: [www.freiraumfreiberg.de](http://www.freiraumfreiberg.de)

Darüber hinaus informiert eine kompakte Publikation interessierte Bürger und andere Kommunen.

### **Städtebau und Topographie**

Auf einem zunächst nicht vorhandenen Grundstück soll eine ca. 2 ha große, urbane Fläche gewonnen werden, die im Dialog zwischen statischer Konzeption, brandschutztechnischer Erfordernis und wirtschaftlichen Aspekten zu einer ablesbaren städtebaulichen Neuordnung entwickelt wird.

Das Zentrum von Freiberg bildet mit der mehrgeschossigen öffentlichen Bebauung in Ost-West-Ausrichtung einen rechten Winkel zu der aus Geisingen heranwachsenden 2-geschossigen Wohnbebauung mit nord-süd-ausgerichteter Erschließung. Die Autobahn schiebt sich in einem Taleinschnitt dazwischen und trennt den Ortsteil Geisingen vom Zentrum ab.

Streng nach der statischen Grundstruktur einer Abfolge von überbrückenden Einheiten in der Maßabfolge 10 m - 16 m - 10 m - 16 m ... wird eine lineare städte-bauliche Figur entwickelt, die das Tragsystem der Überdeckelung - und die zwingende Abhängigkeit zwischen Unterbau und Aufbau - nachvollziehbar darstellt und eine nahtlose Verbindung zwischen dem Ortsteil Geisingen und der Stadtmitte schafft.

Eine Abfolge aneinandergereihter Einzelhäuser mit 2 – 3 Ebenen, nimmt die Körnung der im Westen bestehenden 2-geschossigen Ein- und Zweifamilien-Bebauung auf. In lockerer Reihung und zur Mitte hin an Höhe zunehmend, stellen 4- bis 7-geschossige Punkthäuser die Verbindung nach Osten und den Übergang zur Stadtmitte her.

Das neu entwickelte Quartier erhält eine gut vernetzte Wegeverbindung zur umgebenden Bebauung. Der Anschluss des Fahrverkehrs erfolgt einseitig über die Neuordnung der westlich verlaufenden Straße und führt über Rampen zu vier Gemeinschaftsgaragen

im Zwischenraum der Hohldeckelkonstruktion.

Der neu entstandene, grüne Freiraum erhält eine naturnahe Durchwegung für Fußgänger und Fahrradfahrer, sowie Aufenthaltsbereiche für Kinder und Erwachsene. Eine neue stadträumliche Qualität im Anschlussbereich zur Stadtmitte, Oscar-Paret-Schule und Wohnbebauung als Naherholungsfläche entsteht.

### **Geologie**

Für das geplante Baufeld liegt aktuell noch kein Baugrundgutachten vor. Für den Neubau der Oscar Paret Schule im Süd-Osten des Baufelds wurde jedoch ein Baugrundgutachten im November 2017 erstellt. Diese Erkenntnisse über den zu erwartenden Baugrund werden aus diesem Baugrundgutachten extrapoliert. Die Fahrhahnoberkante der A81 liegt im Baufeld des geplanten Projekts FfF auf ca. 224 mNN im Süden und fällt Richtung Norden auf 212mNN ab. Geht man für die Gründung der Überdeckung von einer Einbindung in den Baugrund im Bereich des Mittelstreifens sowie der Seitenstreifen von ca. 1m aus liegt die Gründungssohle von FfF bei ca. 223 mNN im Süden sowie 211 mNN im Norden. Damit würde die Gründungssohle im Bereich des gut tragfähigen Lettenkeupers liegen und die Gründung könnte als kostengünstige Flachgründung erfolgen.

### **Rechtliche Rahmenbedingungen**

Aus zivilrechtlicher Sicht wird durch die Überdeckung kein neues Grundstück, sondern ein „Bauwerk“ geschaffen. Die konkrete bauliche Gestaltung hat Auswirkungen auf die rechtlichen Modelle. Aus der Planung kann sich ergeben, dass die rechtlichen Modelle modifiziert oder verworfen werden müssen. Eine abschließende juristische Bewertung kann erst nach Vorlage der tatsächlichen Planung erfolgen. Zivilrechtlich ist die Umsetzung grundsätzlich möglich. Für die Umsetzung des Projekts wird die Zustimmung und Mitwirkung des Bundes vorausgesetzt.

### **Tragwerkskonzept**

Als Konzept für eine flexible Gestaltung sowohl aus städtebaulicher als auch gebäudearchitektonischer Sicht dient ein Hybridtragsystem der Überdeckung: In Bereichen mit Gebäuden und Erschließungsflächen wird ein steifes Tragsystem mit hohen Kapazitäten für die aufgehende Bebauung gewählt. Das primäre Tragsystem in diesen Bereichen kann alternativ als Stahlverbundtragwerk mit brandgeschützten Fachwerkträgern oder als Spannbetonhohlkasten ausgebildet werden. Die hohe Leistungsfähigkeit dieser Systeme ermöglicht eine Planung von Gebäude über die gesamte Breite der Autobahn. Die Tragsysteme der aufgehenden Bebauung sind aus Gründen der thermischen Trennung, des Schallschutzes und der Umnutzbarkeit entkoppelt vom Tragsystem der Überdeckung. Im aktuellen Entwurf werden zwei Wohnsegmente EFH mit einem Wohnsegment Punkthaus zu einem 36 m breiten Wohnmodul verbunden. Unter dem 36 m breiten Wohnmodul befindet sich eine eingeschossige Tiefgarage. Die Vorteile des Mo-

duls 2a liegen im Bereich der Vorfertigung und Montage. Das Modul 2b erfüllt aufgrund der Spannbetonbauweise jedoch einfacher alle Anforderungen aus den Tunnelrichtlinien, insbesondere die des Brandschutzes. Nach Rückmeldung des Verkehrs- und des Wirtschaftsministeriums sind aus Gründen der Sanierung die Tragwerke der Überdeckung und der aufgehenden Bebauung statisch voneinander zu entkoppeln. Aus diesen Gründen wird empfohlen in der weiteren Planung das Modul 2b Spannbetonhohldeckel weiterzuverfolgen.

In Bereichen öffentlicher und privater Grünflächen wird das System einer Grünbrücke in Leichtbauweise (Modul 1) vorgesehen. Im Rahmen des weiteren Projektverlaufs muss insbesondere die Brandbelastung auf die Leichtbaustruktur vertieft untersucht werden. Hierfür wurde ein Konzept mit Entlastungsöffnungen erarbeitet.

### **Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeit**

Die Gesamtprojektkosten belaufen sich auf 126 Mio. Euro. Es können 16.000 m<sup>2</sup> BGF Bebauung ohne Tiefgarage und 30.000 m<sup>2</sup> BGF inklusive Tiefgarage auf dem Deckel realisiert werden. Das innerstädtische Sanierungsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 30.700 m<sup>2</sup>. Die Herstellkosten für den Deckel ohne Bebauung in Höhe von 209.000 EUR/lfm bewegen sich im Rahmen der Vergleichsprojekte, wie dem Lärmschutzdeckel A7 bei Hamburg sowie dem Lärmschutzdeckel A81 bei Böblingen Sindelfingen.

Der Vergleich der Bodenrichtwerte mit den Kosten für die Schaffung eines Quadratmeters Grundfläche zeigt, dass das Projekt erst bei einem deutlichen Anstieg des Bodenrichtwerts wirtschaftlich wird. Auf Grund der lockeren Bebauung mit geringer Geschosigkeit kann durch die Umlage der Baukosten des Deckels, welche den Grundstückskosten gleich zu setzen sind, auf den geschaffenen Quadratmeter Wohnfläche kein wirtschaftlicher Verkaufspreis im Rahmen der bis zu einer durchschnittlichen Höhe von 5.471 €/m<sup>2</sup> WF für Häuser sowie 3.685 €/m<sup>2</sup> WF für Wohnungen gemäß aktuellen Vergleichsangebotspreisen in Freiberg am Neckar erreicht werden. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass bei den aktuell erzielbaren Mieten mit der geschaffenen Quantität an Wohnfläche ohne Fördermaßnahmen und Integration in die Umsetzung des Bundesverkehrswegeplans in klassischer Form kein Überschuss erzielt werden kann.

Die Machbarkeitsstudie zeigt, dass erst mit der Realisierung des Deckels Wohnraum geschaffen wird, welcher bei Lärmschutzdeckeln bisher nicht angedacht war. Die Herstellkosten für 16.000 m<sup>2</sup> Wohnraum auf dem Deckel belaufen sich auf 35 Mio. Euro inkl. MwSt. Diesen Herstellkosten stehen Verkaufserlöse in Höhe von 47 Mio. Euro inkl. MwSt. gegenüber, sodass ein Überschuss in Höhe von 12 Mio. Euro erzielt werden kann. Dieser Überschuss kann für die Teilfinanzierung des Lärmschutzdeckels verwendet werden. Des Weiteren kann von einer deutlichen Aufwertung aller angrenzenden genutzter sowie bisher nicht nutzbarer Grundstücke ausgegangen werden. Da sich

ein großer Teil der bisher nicht nutzbaren Flächen in öffentlicher Hand befindet, könnten diese Flächen ebenfalls zur Finanzierung des Gesamtprojekts verwendet werden.

Vor dem Hintergrund des niedrigen Zinsniveaus, steigender Immobilienpreise und der Knappheit an Bauland muss neben der Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Gesamtprojekt eine Kosten-Nutzenanalyse zur Bewertung der nicht monetären Vorteile der Umsetzung des Projekts untersucht werden. Es ist zu prüfen, in welcher Höhe die Gesamtmaßnahme als Sanierungsmaßnahme oder städtebauliche Entwicklungsmaßnahme förderfähig ist und welche Förderungen zur Wohnraum-schaffung genutzt werden können.

### **Brandschutzkonzept**

Das Prinzip der modularen Überbrückung der A81 findet sich auch in den Themen des Brandschutzes wieder. Die Module werden nutzungsbedingt unterschiedlichen brandschutztechnischen Anforderungen ausgesetzt. Die brandschutztechnischen Anforderungen an die Bauteile der Landschaftsbrücke ergeben sich aus zwei Richtungen: Zum einen von unten aus den möglichen thermischen Beanspruchungen bei einem Fahrzeugbrand auf der Autobahn A81 und zum anderen durch die gesetzlichen Schutzziele des Bauordnungsrechtes, die durch die Bebauung auf der Landschaftsbrücke zu erreichen sind. Insbesondere die Wohnbebauung erfordert eine bestimmte Tragfähigkeit der Brückenplatte auch im Brandfall. Aber auch die Verkehrssicherheit auf der stark frequentierten Autobahn A81 lässt kein Versagen der Konstruktion im Brandfall zu.

Daher sind besondere brandschutztechnische Anforderungen zu erfüllen, die diesen außergewöhnlichen Rahmenbedingungen gerecht werden. Für alle Brückenmodule ist die Brandbeaufschlagung von unten, bedingt durch einen möglichen Fahrzeugbrand auf der Autobahn, das entscheidende Szenario. Der Fokus liegt hierbei auf dem Modul mit Wohnbebauung. Das Modul der Fuß- und Radwege mit Grünflächen wird in dieser Studie als experimentelles Modul behandelt. Es sieht eine Sonderlösung vor, die brandschutztechnisch in weiteren Schritten überprüft und nachgewiesen werden müsste.

### **Schallschutz**

Bei der Umsetzung der geplanten Autobahnüberbauung spielt der Schallschutz eine wesentliche Rolle. Die Autobahn stellt eine sehr laute Lärmquelle dar, die die vorgesehene Nutzung deutlich beeinträchtigen kann, wenn der Schalleintrag in die Gebäude und Freiflächen auf der Brückenkonstruktion und auf dem angrenzenden Gelände nicht durch geeignete bauliche Maßnahmen minimiert wird. Am günstigsten stellt sich die Situation für die angrenzende Bebauung dar – sowohl für die bereits bestehende als auch für die neu hinzukommende. Durch die Kapselung der lärmintensiven A81 wird deren Lärmbelastung deutlich reduziert, was einen beträchtlichen Komfortzugewinn darstellt.

**Fazit**

Mit dem Ausbau der A81 von 6 auf 8 Fahrspuren können in Freiberg die Anforderungen an den Lärmschutz nicht mehr erfüllt werden und es werden zusätzliche Maßnahmen erforderlich, die hohe Kosten verursachen. Eine sinnvolle Lärmschutzmaßnahme mit viel Mehrwert bietet die Überdeckelung in hybrider Leichtbauweise auf einem zentralen innerstädtischen Abschnitt. Die vorliegende Machbarkeitsstudie belegt die technische und rechtliche Machbarkeit dieser Überdeckelung mit aufgehender Wohn- und Geschäftsbebauung. Für die Stadt Freiberg und deren Bürger entsteht neben dem Lärmschutz ein räumlicher Mehrwert durch den Gewinn von innerstädtischem Bauland. Zudem wird die Emission von Schadstoffen für die angrenzende Wohnbebauung, das Zentrum sowie die Schul- und Sportgebäude reduziert. Der gesellschaftliche und städtebauliche Mehrwert liegt im Zusammenwachsen der durch die Autobahn getrennten Stadtteile. Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zeigt, dass die Überdeckelung nicht allein aus dem Gewinn von Bauland gegenfinanziert werden kann, jedoch kann dies einen Teil der Kosten decken. Die Aufnahme als Netzwerkprojekt der IBA 2027 zeigt das Potential und den Vorbildcharakter der Vision FfF für Freiberg und die gesamte Region und stellvertretend für Ballungszentren mit dem Konfliktpotential Verkehrsfluss contra Lebensqualität. Die Planung des Ausbaus der A81 auf 8 Spuren sollte gemeinsam mit der weiteren Planung der Überdeckelung erfolgen um die Maßnahmen zusammen umsetzen zu können. Diese Studie bildet die Grundlage für weitere Gespräche mit dem Eigentümer der Autobahn und liefert Anstöße in den weiteren Planungsschritten auch über Neue Optionen nachzudenken.

## Literaturverzeichnis

- [1] W. Baltzer, „Ausstattung und Betrieb von Straßentunneln – Die neuen RABT,“ in *Deutscher Straßen- und Verkehrskongress*, Köln, 2016.
- [2] Vogtmann (Baugrund, Hydrologie, Altlasten, Geotechnik), „Baugrundgutachten 18917 Oskar Paret Schule,“ Winnenden, 2017.
- [3] S. Dr. Kircher, A. Häcker und F. Wolfrum, Gutachterliche Stellungnahme für die Stadt Freiberg am Neckar Machbarkeitsstudie zum Projekt "Einhausung Autobahn A81", Stuttgart: Menold Betzler Rechtsanwälte Partnerschaft mbB, 07.08.2019.
- [4] BAST, „Sicherheit geht vor - Straßentunnel in Deutschland,“ Bergischgladbach, 2017.
- [5] C. Perter, J. Knief, J. Schreyer und A. Piazzolla, „Baulicher Brandschutz für Tunnel in offener Bauweise Heft B 94,“ BAST, Bergisch Gladbach, 2013.
- [6] Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI), *Baukosten Gebäude Neubau Statistische Kostenkennwerte*, Stuttgart: Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern, 2019.
- [7] Baupreislexikon, „Baupreislexikon - Bauelemente,“ f:data GmbH, 14 02 2020. [Online]. Available: <https://www.baupreislexikon.de/Bauelemente/Hochbau/3>. [Zugriff am 14 02 2020].
- [8] GENESIS-Online, *Baupreisindizes: Deutschland, Berichtsmonat im Quartal, Messzahlen mit/ohne Umsatzsteuer, Gebäudearten, Bauarbeiten (Hochbau)*, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020.
- [9] GENESIS-Online, *Baupreisindizes: Deutschland, Jahre, Messzahlen mit/ohne Umsatzsteuer, Ingenieurbau, Bauarbeiten (Tiefbau)*, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020.
- [10] Deutsches Institut für Normung (DIN), *DIN 276 2018-12 Kosten im Bauwesen - Teil 1: Hochbau*, Berlin: Beuth Verlag, 2018.
- [11] Stadt Freiberg am Neckar, *Bodenrichtwertkarte 2019*, Freiberg am Neckar: Stadt Freiberg a.N., 2019.
- [12] Bundesamt für Justiz, *Bundesfernstraßengesetz (FStrG) zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 29.11.2018 I 2237*, Bonn: Bundesministerium für Justiz und

- Verbraucherschutz, 2018.
- [13] Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, Pressemitteilung: A81 - Lärmschutz Böblingen und Sindelfingen - Lösung bei der Kostenverteilung gefunden, 11.01.2013, Stuttgart: Ministerium für Verkehr und Infrastruktur, 2013.
- [14] H. Hamburg, „Ausbau der BAB A 7 Abschnitt Altona,“ 17 01 2017. [Online]. Available: <https://www.deges.de/wp-content/uploads/2020/01/17-01-19-praesentaton-ausbau-a7-tunnel-altona-1.pdf>. [Zugriff am 14 02 2020].
- [15] S. H. Hamburg, Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft - Ausbau BAB A7 nördlich des Elbtunnels (Drucksache 21/6050), Hamburg: Hansestadt Hamburg, 2016.
- [16] Stadt Freiberg am Neckar, Mietspiegel Freiberg am Neckar 2018, Freiberg a.N.: Stadt Freiberg am Neckar, 2018.
- [17] immowelt, „Hauspreise Freiberg am Neckar,“ [Online]. Available: <https://www.immowelt.de/immobilienpreise/freiberg-am-neckar/hauspreise>. [Zugriff am 14 02 2020].
- [18] immoscout24, „immobilienscout24,“ 01 10 2019. [Online]. Available: [https://atlas.immobilienscout24.de/orte/deutschland/baden-w%C3%BCrttemberg/ludwigsburg-kreis/freiberg-am-neckar?cmp\\_id=10-04305&cmp\\_name=residential\\_atlas&cmp\\_position=brand\\_homepage&cmp\\_creative=oss\\_location\\_search&marketingFocus=HOUSE\\_BUY#/preisentwickl](https://atlas.immobilienscout24.de/orte/deutschland/baden-w%C3%BCrttemberg/ludwigsburg-kreis/freiberg-am-neckar?cmp_id=10-04305&cmp_name=residential_atlas&cmp_position=brand_homepage&cmp_creative=oss_location_search&marketingFocus=HOUSE_BUY#/preisentwickl). [Zugriff am 14 Februar 2020].
- [19] immoscout 24, Immobilienscout 24, 01 10 2019. [Online]. Available: [https://atlas.immobilienscout24.de/orte/deutschland/baden-w%C3%BCrttemberg/ludwigsburg-kreis/freiberg-am-neckar?cmp\\_id=10-04305&cmp\\_name=residential\\_atlas&cmp\\_position=brand\\_homepage&cmp\\_creative=oss\\_location\\_search&marketingFocus=APARTMENT\\_BUY#/preisentw](https://atlas.immobilienscout24.de/orte/deutschland/baden-w%C3%BCrttemberg/ludwigsburg-kreis/freiberg-am-neckar?cmp_id=10-04305&cmp_name=residential_atlas&cmp_position=brand_homepage&cmp_creative=oss_location_search&marketingFocus=APARTMENT_BUY#/preisentw). [Zugriff am 14 02 2020].
- [20] DAUB Arbeitskreis, Empfehlungen für die Ermittlung von Lebenszykluskosten für Straßentunnel, Köln: Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), 2018.
- [21] Verkehrsplanung, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Arbeitsgruppe, Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen, Köln: FGSV-Verlag, 1997.
- [22] Bundesamt für Justiz, Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3.



---

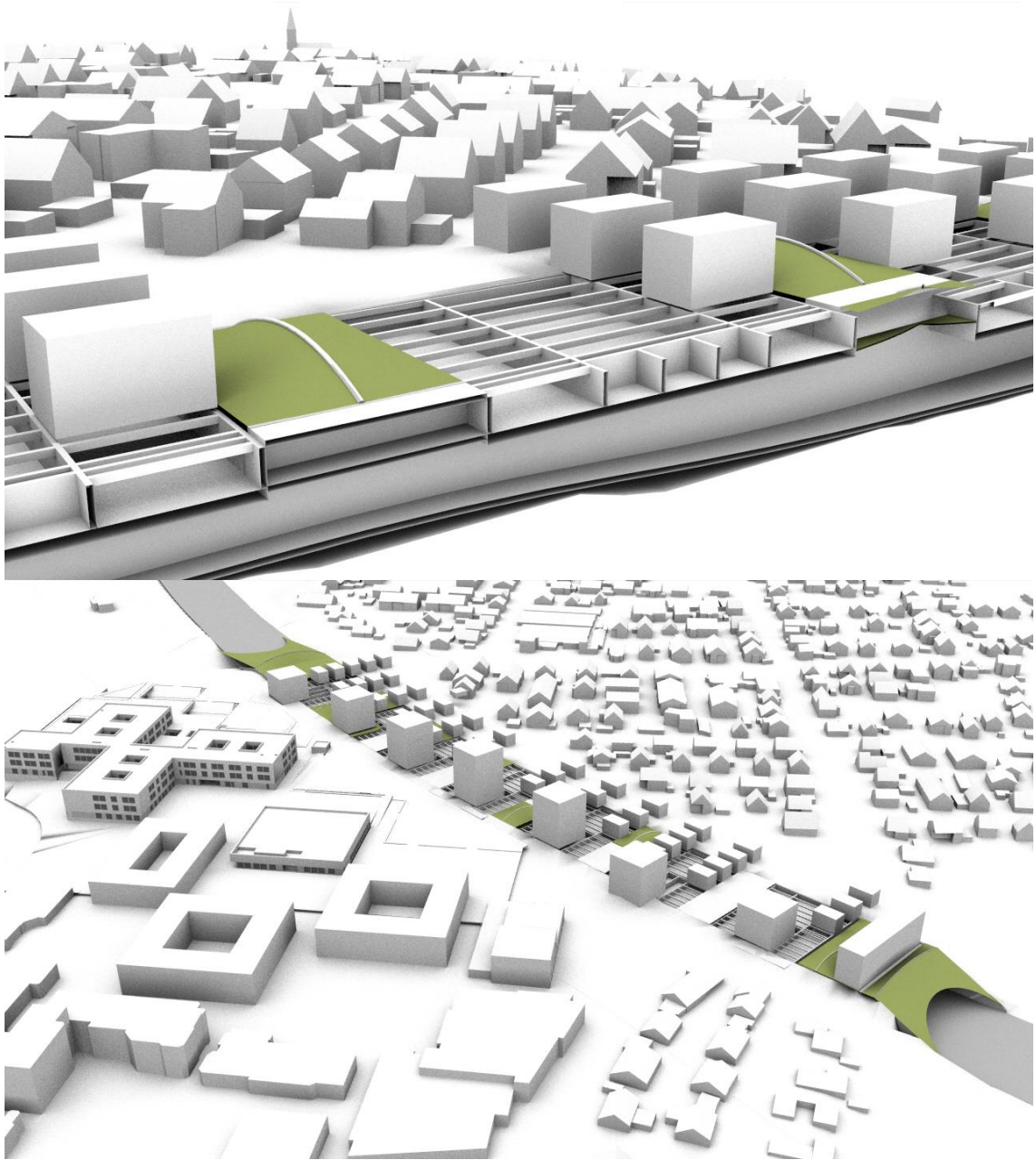
November 2017 (BGBl. I S. 3634), Bonn: Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz, 2017.

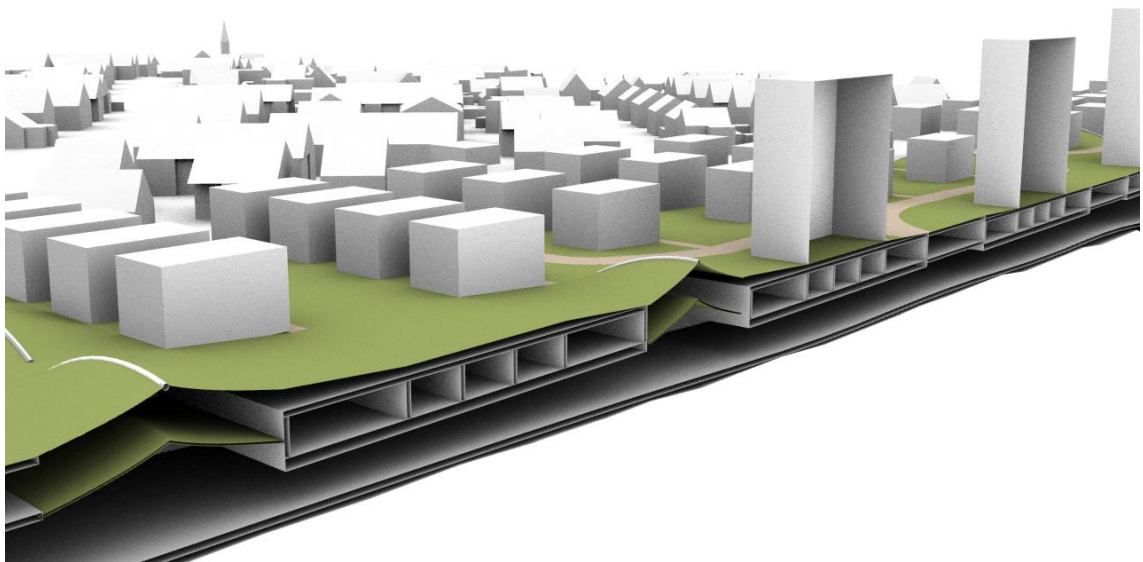
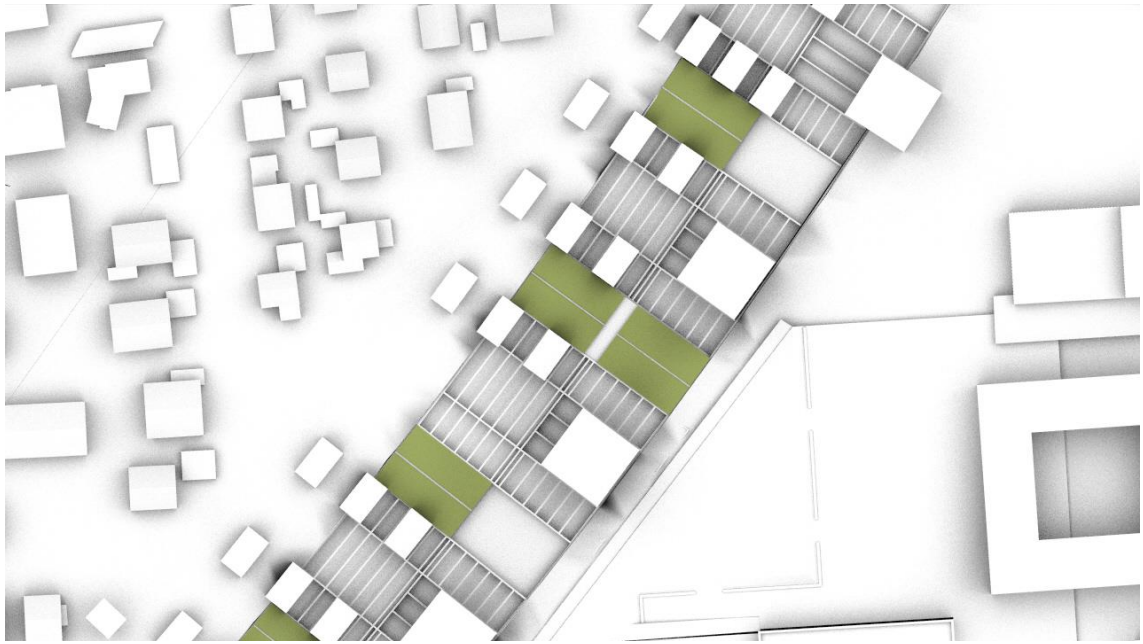
## **Anhang A: Tragwerk**

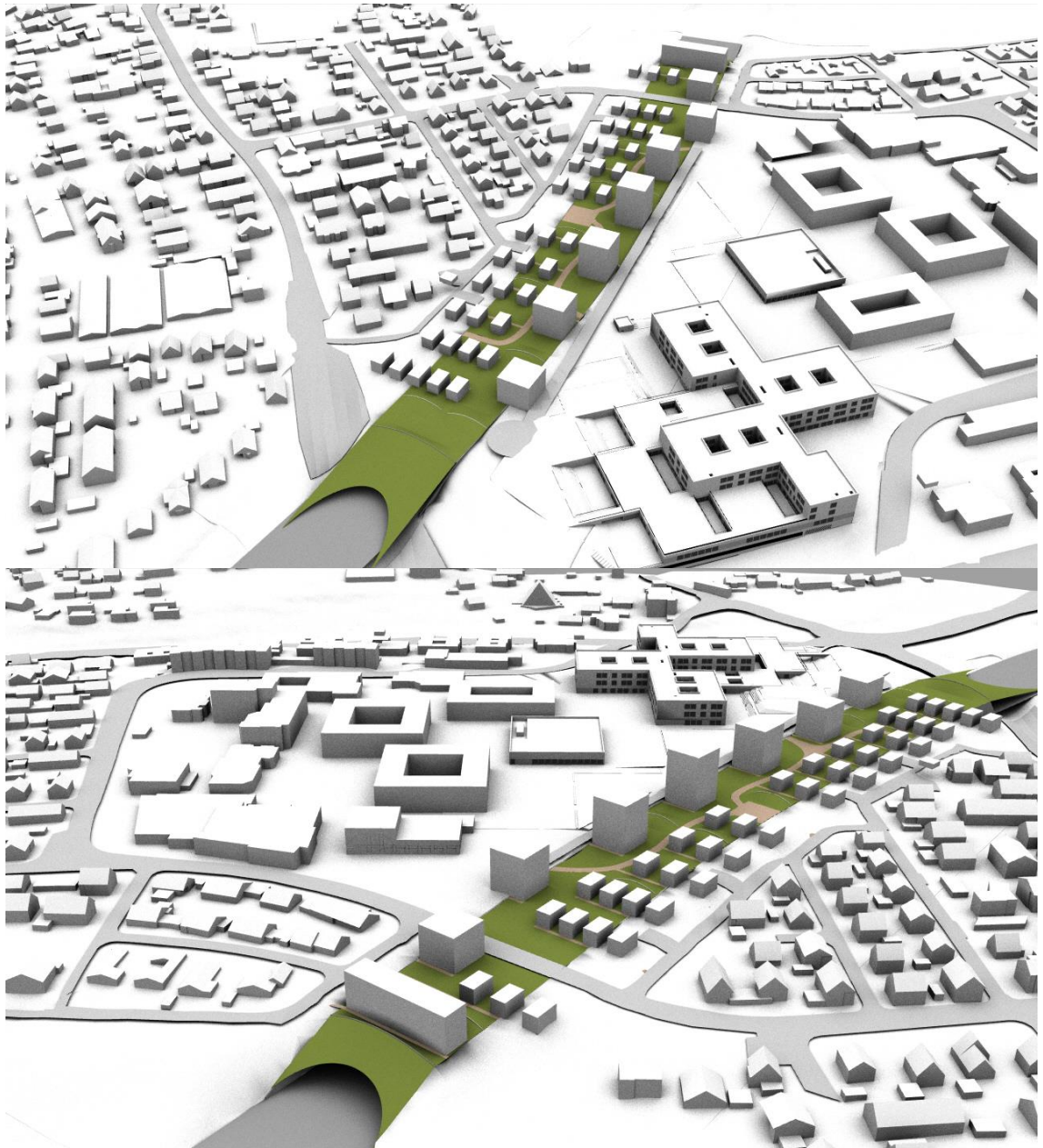
### **Anhang A1: Positionspläne Tragwerk Modul 2b**

## Anhang A2: Bilder vom 3D-Modell

Überdeckung mit Modul 2b Hohldeckel

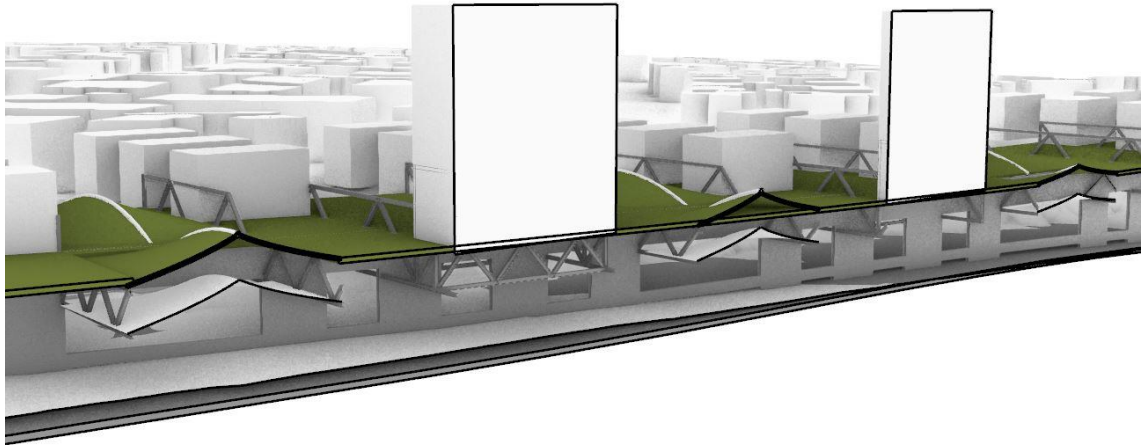


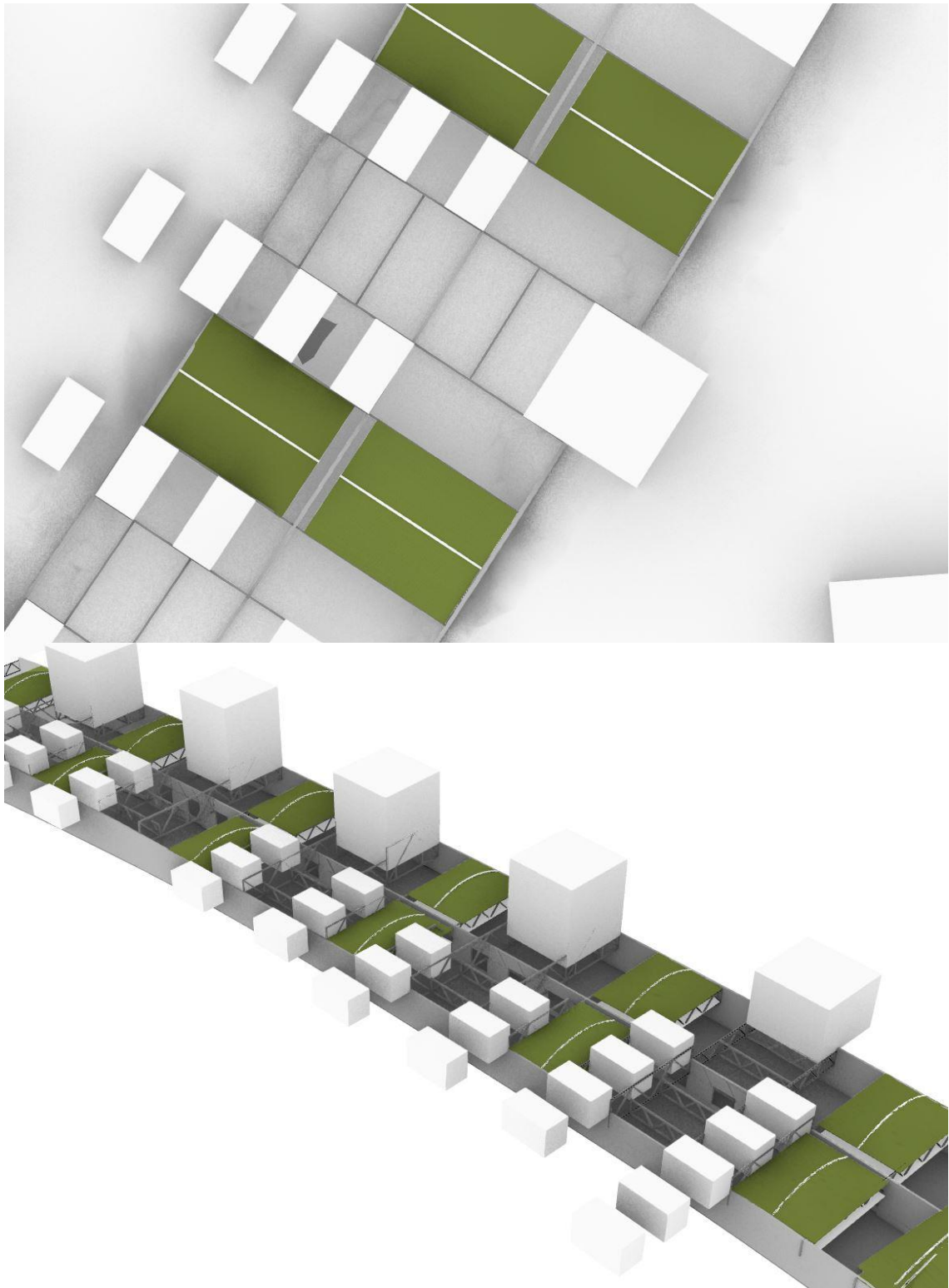






Überdeckung mit Modul 2a Fachwerkverbundbrücke







## **Anhang B: Zeichnungen Städtebau**

## Anhang C: Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Tabelle 24 C1: Wirtschaftlichkeitsberechnung FfF

### Objekt: Freiberg am Neckar

Wohnwert (Lage plus Ausstattung): gut

#### 1) Ermittlung des Veräußerungserlöses

Art des Teileigentums	Flächengröße qm / Wohnung	Vergleichspreis EUR/qm bzw. EUR/St	Anzahl Stück	Gesamterlös EUR
Einfamilienhäuser	83,6	5.471,00	41,00	18.752.400
Punkthäuser	940	3.685,00	7,00	24.247.300
Riegelbauwerk (Durchschnittsgröße)	1.190,00	3.685,00	1,00	4.385.150
<b>Gesamtsumme</b>	<b>11.197,60</b>			<b>= 47.384.850</b>
Tiefgaragenplätze		30.000,00	160,00	4.800.000
<b>Veräußerungserlös für Wohnen:</b>				<b>= 52.184.850</b>
<b>Veräußerungserlös für Wohnen (gerundet):</b>				<b>52.000.000</b>

Bemerkungen: Der angenommene Vergleichspreis entspricht gegenwärtigen Marktbedingungen

#### 2) Ermittlung der Herstellungskosten u.a. Abzugspositionen

Bauwerksteil	Kubatur cbm	Raummeterpreis EUR/cbm	Herst.-Kosten EUR
Einfamilienhäuser			0
Punkthäuser			
Riegelbauwerk			
Garage / Tiefgarage			0
<b>Herstellungskosten Gebäude</b>			<b>= 0</b>
Außenanlagen in %	3,0%	das entspricht	+ 0
Baunebenkosten in %	16,0%	das entspricht	+ 0
<b>Herstellungskosten</b>			<b>= 126.050.000</b>
Vertriebsprovision:			+ 0
Entwicklungsgewinn:			+ 0
Zinsen während der Bauzeit:			+ 0
Sonstige Kosten:			+ 0
<b>Gesamtaufwand:</b>			<b>= 126.050.000</b>
<b>Gesamtaufwand (gerundet):</b>			<b>126.000.000</b>

#### 3) Ermittlung des tragbaren Bodenpreises

Differenzgröße (Residuum):				-74.000.000
Abzinsung für die Bauzeit:	Jahre	Zinssatz (Darlehen)	Abzins.-Faktor	
	4,0	5,00%	0,8227	12.175.997
Zwischenwert			=	-61.824.003
Erwerbsnebenkosten (Grundstück) in %:		5,0%	=	3.091.200
<b>max. tragbarer Bodenpreis EUR (heute):</b>				<b>-58.732.803</b>
Grundstücksfläche im qm:		30.700,00		
<b>max Bodenanteil EUR/qm:</b>		Bodenwert/Grundstücksfläche		<b>-1.913</b>
<b>max Bodenanteil EUR/qm (gerundet):</b>		Bodenwert/Grundstücksfläche		<b>-1.900</b>

Kosten: 4. Quartal 2019; inkl. 19% MwSt.

Tabelle 25 C2: Wirtschaftlichkeitsberechnung FfF - Residualwert

<b>Wirtschaftlichkeitsberechnung - Freiberg am Neckar</b>				
Grundstück	Freiberg am Neckar			
Grundstücksgröße	30.700 m <sup>2</sup>			
Bodenrichtwert	485 EUR/m <sup>2</sup>			Bodenrichtwertkarte 2019
Bodenrichtwert	620 EUR/m <sup>2</sup>			Bodenrichtwertkarte 2019
Bodenrichtwert	720 EUR/m <sup>2</sup>			Bodenrichtwertkarte 2019
Kosten GF nur Deckel	4.104,97 €	EUR/m <sup>2</sup>		20.368 m <sup>2</sup>
Kosten GF Gesamtprojekt	2.723,45 €	EUR/m <sup>2</sup>		
Gebäude				
BRI	48.500	m <sup>3</sup>		
BGF	16.000	m <sup>2</sup>		
Wohnfläche	11.200	m <sup>2</sup>		Vereinfachende Annahme NF = Wohnfläche
Bodenwert	22.104.000,00 €			30.700x720
Kosten GF nur Deckel	83.610.000,00 €			
<b>Gesamtkosten</b>				
Kosten Gesamtprojekt	126.050.000,00 €		Gesamtkosten, brutto, inkl. 19% MwSt.	
Kosten ohne Deckel	42.440.000,00 €			
<b>Finanzierungsplan</b>				
Investitionsaufwand	126.050.000,00 €			
Eigenkapital	12.605.000,00 €	10%		
Fremdkapital	113.445.000,00 €			
Zins EK und FK		5%	5.672.250,00 €	
Tilgung		1%	1.134.450,00 €	
Zahllast im ersten Jahr			6.806.700,00 €	
Gesamtkosten	126.050.000,00 €			
<b>Laufende Kosten</b>				
<b>Kapitalkosten</b>				
Verzinsung EK	12.605.000,00 €	4%	504.200,00 €	
Verzinsung FK	113.445.000,00 €	4%	4.537.800,00 €	
Tilgung FK	113.445.000,00 €	1%	1.134.450,00 €	
Summe Kapitalkosten 1. Jahr			6.176.450,00 €	
<b>Bewirtschaftungskosten</b>				
Abschreibung Bauwerk		1%	424.400,00 €	
Abschreibung TGA				
Verwaltungskosten		2%	30.139,70 €	2% des Rohertrags
Betriebskosten		1%	15.069,85 €	1% des Rohertrags
Instandhaltungskosten		8%	120.558,82 €	8% des Rohertrags
Mietausfallwagnis		2%	30.139,70 €	2% des Rohertrags
Summe			620.308,08 €	
Summe laufende Kosten			6.796.758,08 €	
<b>Erträge</b>				
	m <sup>2</sup> WF	€/m <sup>2</sup> WF		
Miete Wohnen Häuser 70-89	3430	10,29	35.294,70 €	Mietspiegel Freiberg am Neckar 2018
Miete Wohnen 35-39	3885	12,65	49.145,25 €	Mietspiegel Freiberg am Neckar 2018
Miete Wohnen 60-69	3885	10,59	41.142,15 €	Mietspiegel Freiberg am Neckar 2018
			125.582,10 €	
Jahresmiete		12	1.506.985,20 €	
Summe Roherträge			1.506.985,20 €	
<b>Steuern</b>				
-				
<b>Liquiditätsrechnung</b>				
Mieteinnahmen			1.506.985,20 €	
Zinsen			4.537.800,00 €	
Steuerersparnis				
<b>Überschuss</b>			<b>-3.030.814,80</b>	
Überschuss/Summe laufende Kosten			<b>-0,45</b>	

Kosten: 4. Quartal 2019; inkl. 19% MwSt.

## **Anhang D: Gutachterliche Stellungnahme Recht**

## **Anhang E: Vorbemessung Tragwerk Modul 2a und 2b**