

Maßnahme: Anbindung Ludwigshöhviertel

Antrag auf Planfeststellung gemäß PBefG und HStrG Teil A– 1.1 Erläuterungsbericht

HEAG mobilo GmbH Klappacher Straße 172 64285 Darmstadt			
HEAG mobilo GmbH Leitung Abteilung Straßenbahnnetz i.V. gez. A. Tschann (Dipl.-Ing. Astrid Tschann) Darmstadt, den 05.12.2022...	HEAG mobilo GmbH Leitung Sachgebiet Planung und Projektierung i.A. gez. M. Klein (Dipl.-Ing. Markus Klein) Darmstadt, den 05.12.2022...	HEAG mobilo GmbH Betriebsleitung BOStrab ppa. gez. V. Amato (Dipl.-Math. Vera Amato) Darmstadt, den 05.12.2022...	
Wissenschaftsstadt Darmstadt - Der Magistrat			
Wissenschaftsstadt Darmstadt			
Stadt Darmstadt Dezernat III, Stadtrat gez. M. Kolmer (Michael Kolmer) Darmstadt, den 16.12.2022...	Stadt Darmstadt Mobilitätsamt, Amtsleiterin gez. R. Kutschera (in Vertretung) (Dipl.-Ing. Katharina Metzker) Darmstadt, den 08.12.2022	Stadt Darmstadt Mobilitätsamt, Abteilungsleiterin gez. V. Trevisan (in Vertretung) (Dipl.-Ing. Astrid Samaan) Darmstadt, den 06.12.2022	Stadt Darmstadt Mobilitätsamt, Sachgebietsleiterin gez. G. Edelmann (in Vertretung) (Dipl.-Ing. Diana Richter) Darmstadt, den 06.12.2022
Stadt Darmstadt Umweltamt, Amtsleiterin gez. K. Lübbe (Karin Lübbe) Darmstadt, den 14.12.2022...	Stadt Darmstadt Grünflächenamt, Amtsleiterin gez. A. Bosch (Anke Bosch) Darmstadt, den 14.12.2022	Stadt Darmstadt Stadtplanungsamt, Amtsleiter gez. J. Krehbiehl (Jochen Krehbiehl) Darmstadt, den 12.12.2022	Stadt Darmstadt Leiter Untere Denkmalschutzbehörde gez. O. Köhler (Olaf Köhler) Darmstadt, den 12.12.2022
Aufgestellt von: Planungsgemeinschaft LHV-IV-ÖV-Erschließung c/o Schübler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH Lindleystraße 11 60314 Frankfurt am Main			
 Schübler-Plan  DB Engineering & Consulting INGE Erschließung Ludwigshöhviertel		i.V. gez. C. Suk (in Vertretung) (Dipl.-Ing. Nicolai Thern) Darmstadt, den 01.12.2022...	

Inhaltsverzeichnis

1	Darstellung des Vorhabens	6
1.1	Projektziel und Planrechtfertigung	6
1.2	Verfahren/Gegenstand des Antrags	7
1.2.1	Antrag auf Planfeststellung gemäß PBefG.....	7
1.2.2	Antrag auf Planfeststellung gemäß HStrG	7
1.2.3	Anträge nach Fachrecht.....	7
1.3	Beschreibung des Planungsgebiets	8
1.4	Verkehrliche Bedeutung des Vorhabens	9
1.5	Planungen Dritter.....	11
1.5.1	Bebauungsplan S26 und innere Erschließung Ludwigshöhviertel	11
1.5.2	Planstraße A	11
1.5.3	Haltestelle „Ludwigshöhstraße“ und Grunderneuerung der Infrastruktur entlang der Linie 3	11
1.5.4	Vorlaufverkehr im Ludwigshöhviertel	12
1.5.5	Nutzen-Kosten-Untersuchung der Straßenbahnverlängerung	12
2	Variantenabwägung	13
2.1	Vorangegangene Untersuchungen.....	13
2.2	Nullvariante.....	14
2.3	Beschreibung der untersuchten Varianten	14
2.3.1	Variante 1.....	14
2.3.2	Variante 2.....	15
2.4	Beschreibung der untersuchten Untervarianten	15
2.4.1	Vorab verworfene Untervarianten	15
2.4.2	Weiterverfolgte Untervarianten	15
2.4.3	Variantenvergleich und Variantenbewertung	20
2.5	Ergebnis des Variantenvergleichs/Ableitung der Vorzugsvariante	21
2.6	Zusätzliche Variantenbetrachtung Abschnitt 04 Ludwigshöhstraße	22
2.7	Betrachtung favorisierte Fahrleitungsausführungen	25
3	Technische Gestaltung der Vorzugsvariante	27
3.1	ÖPNV-Maßnahme	27
3.1.1	Entwurfs- und Betriebsmerkmale	27
3.1.2	Trassierung	29
3.1.2.1	Zwangspunkte.....	29
3.1.2.2	Trassierung im Lageplan.....	29
3.1.2.3	Trassierung im Höhenplan.....	31

3.1.3	Haltestellen	33
3.1.3.1	Haltestelle Cooperstraße.....	34
3.1.3.2	Haltestelle Marienhöhe.....	35
3.1.3.3	Haltestelle Ludwigshöhviertel	35
3.1.3.4	Haltestelle Lichtenbergschule.....	36
3.1.3.5	Ersatzhaltestellen.....	36
3.1.3.6	Barrierefreier Einstieg an Haltestellen	36
3.1.4	Querschnittsgestaltung	39
3.1.4.1	Gleisabstand	39
3.1.4.2	Sicherheitsräume	39
3.1.4.3	Böschungsneigungen	40
3.1.4.4	Oberbau.....	40
3.1.5	Gestaltungsformen von Querungsstellen.....	41
3.1.6	Technische Ausrüstung.....	41
3.1.6.1	Bahnstromversorgung.....	41
3.1.6.2	Fahrleitungsplanung.....	46
3.1.6.3	50 Hz-Anlagen.....	49
3.1.6.4	Signaltechnik.....	50
3.1.6.5	Schienenschmieranlagen.....	53
3.2	Verkehrsanlage Straße.....	53
3.2.1	Entwurfs- und Betriebsmerkmale	53
3.2.2	Trassierung	57
3.2.2.1	Zwangspunkte.....	57
3.2.2.2	Trassierung im Lageplan.....	57
3.2.2.3	Trassierung im Höhenplan.....	57
3.2.2.4	Querschnittselemente und Querschnittsbemessung	58
3.2.2.5	Fahrbahnbefestigung	58
3.2.3	Gestaltung und Bemessung der Knotenpunkte.....	59
3.2.4	Führung von Wegeverbindungen in Knotenpunkten und Querungsstellen, Zufahrten	60
3.2.5	Anlagen des ruhenden Verkehrs.....	60
3.2.6	Straßenausstattung.....	60
3.2.6.1	Straßenbeleuchtung.....	60
3.2.6.2	Markierung und Beschilderung	60
3.2.6.3	Lichtsignalanlage.....	61

Anbindung Ludwigshöhviertel

Städtische Lichtsignalanlagen	61
3.2.6.4 Ausstattungselemente zur Barrierefreiheit	62
3.3 Entwässerungsmaßnahmen	62
3.3.1 Regenwasserableitung	62
3.3.1.1 Einzugsgebiet „Cooperstraße West“	62
3.3.1.2 Einzugsgebiet „Kreuzungsbereich Cooperstraße/Heidelberger Straße und eingedeckte Gleisbereiche“	64
3.3.1.3 Einzugsgebiet „Cooperstraße Ost, Kreisverkehrsplatz und Alte Bogenschneise“	65
3.3.1.4 Einzugsgebiet „Ludwigshöhstraße“	65
3.3.1.5 Gleisentwässerung.....	65
3.3.2 Schmutzwasserableitung	66
3.3.2.1 Mischwasserkanal Ludwigshöhstraße.....	66
3.3.2.2 Schmutzwasserkanal Cooperstraße.....	66
3.4 Baugrund / Erdarbeiten	67
3.5 Leitungen.....	68
3.5.1 Trinkwasserversorgung.....	68
3.5.2 Gasversorgung	69
3.5.3 Trassenpaket Entega.....	69
3.5.4 Straßenbeleuchtung.....	69
3.5.5 Telekommunikation.....	69
3.5.6 Fernmeldeversorgung US-Army	69
3.5.7 Geothermie	70
3.5.8 Leitungen der BVD.....	70
3.6 Ingenieurbauwerke	70
3.7 Brandschutz.....	71
3.8 Schall-/ Erschütterungsschutz	71
3.8.1 Schalltechnische Untersuchung 16. BImSchV Schienenverkehrslärm (Anlage C 1.1)	71
3.8.2 Schalltechnische Untersuchung 16. BImSchV Straßenverkehrslärm (Anlage C1.2)	73
3.8.3 Schalltechnische Untersuchung Gesamtlärm (Anlage C1.3)	74
3.8.4 Erschütterungstechnische Untersuchung – Betriebslärm – (schienenverkehrsinduzierte Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall) (Anlage C1.4)	75
3.8.5 Schalltechnische Untersuchung – Baubetrieb (Anlage C1.5).....	77
4 Umweltauswirkungen	80
4.1 Betroffenes Fachrecht/gesetzliche Grundlagen.....	80

4.2	Bestandsbeschreibung	80
4.2.1	Schutzgut Mensch	80
4.2.2	Schutzgut Pflanzen, Tiere, biologische Vielfalt	81
4.2.3	Schutzgut Fläche	82
4.2.4	Schutzgut Boden.....	83
4.2.5	Schutzgut Wasser.....	84
4.2.6	Schutzgut Klima/Luft	85
4.2.7	Schutzgut Landschaft und Erholung	85
4.2.8	Schutzgut Kultur- und sonstige Sachgüter.....	86
4.3	Auswirkungen des Vorhabens.....	87
4.4	Zu erwartende Konflikte.....	88
4.5	Geplante Maßnahmen.....	90
4.5.1	Vermeidungsmaßnahmen bei der Durchführung der Baumaßnahme... 90	
4.5.2	Gestaltungsmaßnahmen.....	96
4.5.3	Ausgleichsmaßnahmen.....	98
4.5.4	Ersatzmaßnahmen.....	100
	Bezeichnung.....	100
4.6	Ergebnisse WRRL-Fachbeitrag.....	100
4.7	Natura 2000.....	100
4.8	Störfallbetriebe	100
4.9	Lärm und Erschütterungen	100
4.10	Umweltverträglichkeit der geplanten Maßnahme	101
5	Durchführung der Baumaßnahme	102
6	Grunderwerb.....	103
7	Abkürzungsverzeichnis	104
8	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	106
9	Anlagenverzeichnis.....	107

1 Darstellung des Vorhabens

1.1 Projektziel und Planrechtfertigung

Die Wissenschaftsstadt Darmstadt plant im Süden des Stadtgebiets im Bereich der ehemals militärisch genutzten Flächen der Cambrai-Fritsch-Kaserne und der Jefferson-Siedlung ein neues Wohnquartier, das Ludwigshöhviertel (kurz: LHV). Im rund 34 ha großen Areal zwischen den Stadtteilen Bessungen und Eberstadt sollen zukünftig etwa 1.400 Wohneinheiten entstehen. Knapp 3.000 Menschen werden in diesem neuen Stadtteil leben und arbeiten und werden somit zukünftig Teil Darmstadts sein. Das Viertel an sich wird wie die Lincoln-Siedlung als autoarmes Quartier angelegt, aber die neuen Bewohner*innen werden aus dem Viertel zur Arbeit pendeln oder zum Einkaufen fahren.

Die Anbindung des Ludwigshöhviertels soll das neue Quartier im Süden Bessungen optimal mit der Verkehrsinfrastruktur Darmstadts verbinden und speziell die Verkehrsmittel des Umweltverbands fördern (Öffentlicher Verkehr, Rad- und Fußverkehr). Die Planungen der Wissenschaftsstadt Darmstadt und der HEAG mobilo für die Anbindung des Ludwigshöhviertels sollen das gewährleisten.

Ein wesentliches Element, mit dem auf die Verkehrswende hingearbeitet wird, ist die Durchbindung der Straßenbahn von der heutigen Endhaltestelle „Lichtenbergschule“ durch das Ludwigshöhviertel bis zur Heidelberger Straße. Durch diese neue Verbindung zwischen den wichtigen Bestandstrassen der Straßenbahnlinien 1, 6, 7, 8 entlang der Heidelberger Straße und der heutigen Straßenbahnlinie 3 ergeben sich neue Linienvarianten. Ziel ist es, mit dieser Infrastrukturplanung nicht nur ein Höchstmaß an Flexibilität für die Linienvarianten zur Anbindung des Ludwigshöhviertels zu bekommen, sondern auch für zukünftige neue Verkehrs- und Linienvarianten vorbereitet zu sein.

Darüber hinaus entsteht aus betrieblicher Sicht bei Realisierung der Anbindung eine Querverbindung zwischen den beiden wichtigen Straßenbahn-Bestandstrassen, womit neue Möglichkeiten zur Resilienz und Flexibilität im Betrieb eröffnet werden. Insbesondere bei Störungen zwischen Eberstadt und Darmstadt Innenstadt auf der Heidelberger Straße kann die Anbindung als Ausweich- und Wendemöglichkeit dienen, sodass bei Unfällen oder anderen Problemen schnell reagiert werden kann und nicht auf der gesamten Strecke Schienenersatzverkehr (SEV) nötig wird.

Die städtischen Planungen im Bereich des Knotenpunktes an der Heidelberger Straße beabsichtigen eine Verlegung der Cooperstraße nach Süden, um den Straßenversatz zwischen Cooperstraße und Einmündung Franklinstraße aufzuheben und damit die erforderliche Leistungsfähigkeit des Knotenpunktes zu erreichen.

Zugunsten der neuen Straßenbahntrasse wird die weiter bergauf befindliche westliche Cooperstraße bis zur neuen Grenze des Bebauungsplans S26 die Lage Cooperstraße ebenfalls nach Süden gerückt.

1.2 Verfahren/Gegenstand des Antrags

Das Vorhaben „Anbindung Ludwigshöhviertel“ beinhaltet sowohl die Herstellung einer Straßenbahntrasse mit zwei zusätzlichen und zwei umzubauenden Haltestellen als auch den Verschwenk der Cooperstraße im Bereich der Heidelberger Straße. Die beiden Maßnahmen hängen sachlich und räumlich voneinander ab. Die Umlegung der Cooperstraße ist aus verkehrstechnischen Gründen zur Knotenpunktoptimierung durch die Wissenschaftsstadt Darmstadt vorgesehen. Ohne vorherige Umlegung der Cooperstraße ist der Bau der Straßenbahntrasse nicht möglich, da die Trasse in der heutigen Lage der Cooperstraße errichtet werden soll.

Zur Erlangung des Baurechtes ist für beide Maßnahmen jeweils ein Planfeststellungsantrag notwendig. Aufgrund der oben dargestellten sachlichen und räumlichen Abhängigkeit voneinander beabsichtigen die beiden Antragsteller einen gemeinsamen Planfeststellungsantrag einzureichen, wobei der Antrag auf Planfeststellung für den Bau der Straßenbahnanlagen nach § 28 PBefG durch die HEAG mobilo erfolgt und für den Umbau des Knotenpunktes Heidelberger Straße/Cooperstraße (Umlegung der Cooperstraße ab der B-Plan-Grenze) nach § 33 Abs. 1 S. 2 HStrG durch den Straßenbaulastträger, die Wissenschaftsstadt Darmstadt.

Die beiden Anträge sind nach § 78 HVwVfG zusammenzulegen. Folge der Anwendbarkeit des § 78 HVwVfG aufgrund der selbstständigen, voneinander unabhängigen Vorhaben, die in engem zeitlichem, räumlichem und funktionalem Zusammenhang stehen, ist, dass nur ein Planfeststellungsverfahren durchgeführt wird.

1.2.1 Antrag auf Planfeststellung gemäß PBefG

Die HEAG mobilo GmbH beantragt hiermit im Rahmen der Maßnahme „Anbindung Ludwigshöhviertel“ gemäß § 28 PBefG die Planung und den Bau der Betriebsanlagen für Straßenbahnen festzustellen.

Die Beantragung der Betriebs- und Liniengenehmigung für die neue Strecke gemäß § 9 PBefG erfolgt gesondert, da derzeit die Linienkonzepete im Rahmen der städtischen Nutzen-Kosten-Untersuchung noch finalisiert werden müssen.

1.2.2 Antrag auf Planfeststellung gemäß HStrG

Die Wissenschaftsstadt Darmstadt beantragt im Rahmen der Maßnahme „Anbindung Ludwigshöhviertel“ gemäß § 33 Abs. 1 S. 2 HStrG die Planung und den Bau der Verkehrsanlage Cooperstraße ab der B-Plan-Grenze des B-Plans S26 westlich bis zum Knotenpunkt Heidelberger Straße/Cooperstraße festzustellen.

1.2.3 Anträge nach Fachrecht

Im Rahmen der beiden in Kapitel 1.2.1 und 1.2.2 genannten Planfeststellungsanträge sind folgende Anträge nach Fachrecht enthalten:

- Antrag auf Waldumwandlung gemäß § 12 Abs 2 HWaldG
- Antrag auf Genehmigung nach den Bestimmungen des § 4 der Verordnung über das Landschaftsschutzgebiet „Stadt Darmstadt“ (he_2411001) vom 23.06.2004

Anbindung Ludwigshöhviertel

1.3 Beschreibung des Planungsgebiets

Das zu erschließende neue Wohnquartier Ludwigshöhviertel befindet sich im Süden Darmstadts zwischen den Stadtteilen Bessungen und Eberstadt im Bereich der ehemals militärisch genutzten Flächen der Cambrai-Fritsch-Kaserne und der Jefferson-Siedlung. Es wird seitens des BVD New Living entwickelt und befindet sich derzeit in der Planung bzw. teilweise in der Bauausführung.

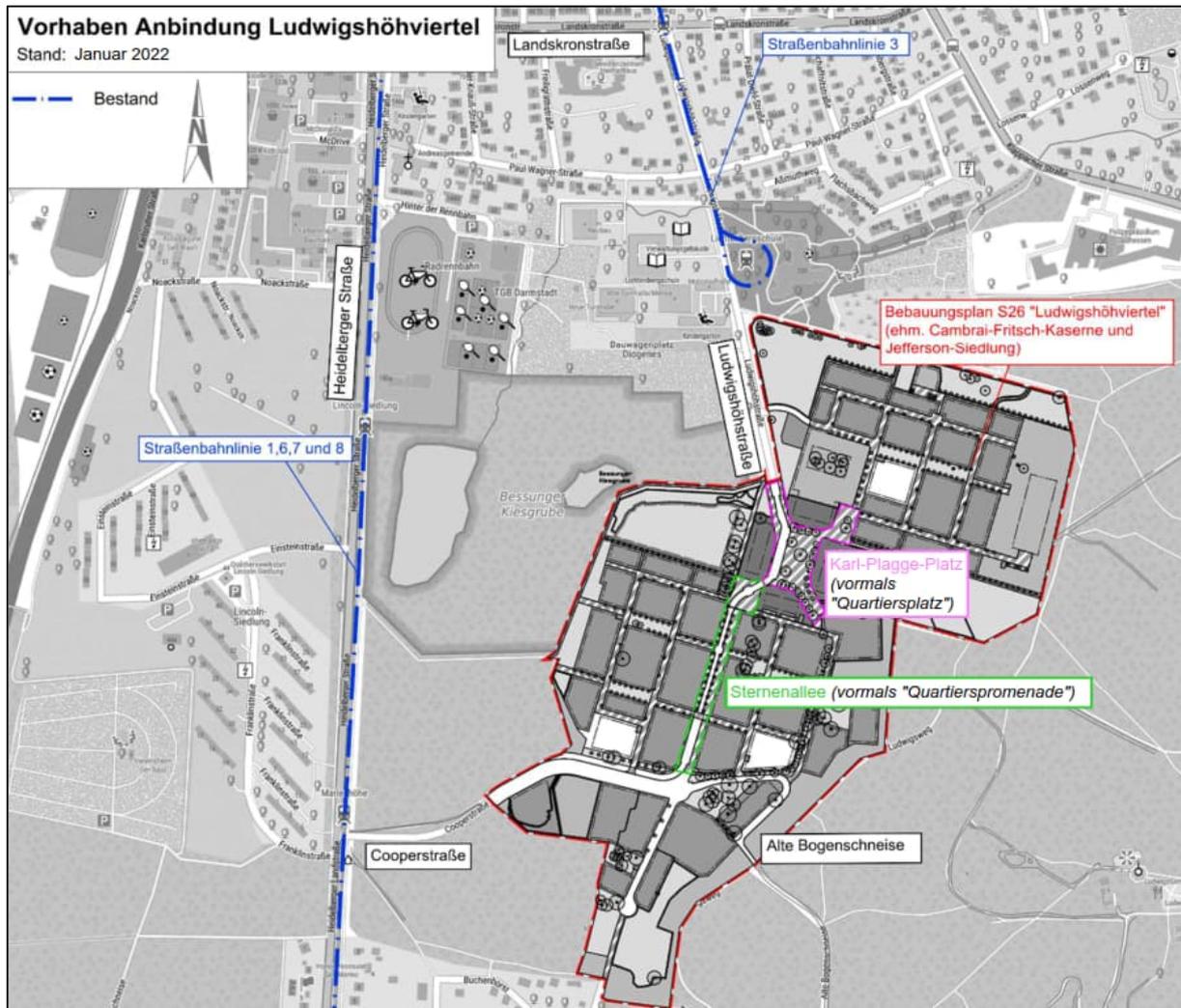


Abbildung 1: Übersichtskarte Projektgebiet (eigene Darstellung)

Der städtebauliche Entwurf für das zu erschließende Wohnviertel strebt die Schaffung eines „Neuen Quartiers Ludwigshöhe“ an – eine lebendige und sozial ausgewogene Nachbarschaft der kurzen Wege, konzipiert für ca. 3.100 Bewohner*innen in etwa 1.400 Wohneinheiten auf rund 34 ha.

Die besondere, terrassierte Hanglage zwischen Darmstadts Süden und dem Odenwald und der empfundene Genius Loci einer „Lichtung im Wald“ sind neben der historisch-orthogonalen Kasernenanlage die Grundlage der Siedlungsmorphologie mit dichten Zentren und freigehaltenem Saum.

Der Karl-Plagge-Platz ist als lebendiges und flexibel beispielbares Quartierszentrum vorgesehen, als Raum der Gemeinschaft mit identitätsstiftendem Charakter für das Ludwigshöhviertel. Neben den vier den zentralen Karl-Plagge-Platz umschließenden

historischen Kasernengebäuden bestehen weiterhin diverse denkmalgeschützte Mauern sowie zwei Torhäuschen zur Ludwigshöhstraße hin. Sie stellen für die weitere Planung Zwangspunkte dar. In den denkmalgeschützten Gebäuden rund um den Karl-Plagge-Platz sollen ein Nahversorger, eine Mobilitätszentrale sowie ein Familienzentrum verortet werden.

1.4 Verkehrliche Bedeutung des Vorhabens

Das Projekt „Anbindung Ludwigshöhviertel“ ist eine von mehreren Maßnahmen zur Umsetzung eines übergreifenden Mobilitätskonzepts für das Quartier.

Das Ludwigshöhviertel soll, analog zur Lincoln-Siedlung, als autoarmes Quartier gekennzeichnet werden. Neben dem Klimaschutz und der höheren Aufenthaltsqualität ist dies auch verkehrlich notwendig, da die anliegenden Hauptverkehrsstraßen Heidelberger Straße und Landskronstraße im Bereich des Ludwigshöhviertels hoch belastet sind und die Knotenpunkte mit ihren Lichtsignalanlagen zu den Hauptverkehrszeiten die Leistungsfähigkeitsgrenze erreichen. Zusätzliche Verkehrsbelastungen können im angrenzenden Straßennetz trotz geplantem Neubau der Planstraße südlich der Lincoln-Siedlung und geplantem Ausbau der Rüdesheimer Straße nur noch eingeschränkt aufgenommen werden. Daher sollen die Verkehrsmittel des Umweltverbunds gefördert werden.

Die verkehrliche Anbindung ist durch den Bebauungsplan S26 vorgegeben. Aus Richtung Norden wird das Quartier sowohl für den Individualverkehr (IV) als auch für den öffentlichen Verkehr (ÖV) entlang der Ludwigshöhstraße erfolgen, die an die Landskronstraße anschließt. Die Ludwigshöhstraße ist für eine Geschwindigkeit von 30 km/h ausgelegt. Aus Richtung Süden erfolgt die Anbindung von der Heidelberger Straße entlang der Cooperstraße. Diese soll für 50 km/h ausgelegt werden. Eine Anbindung in bzw. aus Richtung Süden über die Heinrich-Delp-Straße ist nur für den Fuß- und Radverkehr vorgesehen.

Nicht zum Projekt „Anbindung Ludwigshöhviertel“ gehören weiterhin die folgenden Maßnahmen des übergreifenden Mobilitätskonzepts, welche als Schnittstellenprojekte in der Planung berücksichtigt wurden:

- Die öffentlichen Straßen der inneren Erschließung des Quartiers werden als verkehrsberuhigter Bereich mit Mischverkehrsflächen und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 7 km/h ausgebildet. An Kreuzungen und Einmündungen der Mischverkehrsflächen sollen Gestaltungsmaßnahmen, wie z. B. Baumpflanzungen (Torsituation) und Aufpflasterung, zu einer weiteren Reduzierung der Geschwindigkeit und somit zur Sicherheit beitragen. Eine direkte Verbindung zwischen Ludwigshöhstraße und Cooperstraße besteht in der inneren Erschließung des Quartiers für Kfz nicht. Die Durchfahrt zwischen dem nördlichen und südlichen Bereich des Ludwigshöhviertels ist für Kfz nur mit Umwegen über eine untergeordnete verkehrsberuhigte Straße möglich.

- Die zentral vom Karl-Plagge-Platz nach Süden verlaufende Sternenallee wird lediglich für den Fuß- und Radverkehr geöffnet. Der Radverkehr erhält hier einen Zwei-Richtungs-Radweg, der die Stadtteile Eberstadt und Bessungen verknüpft.

- Das Quartier wird mit einem Stellplatzschlüssel von max. 0,65 Stellplätzen/Wohneinheit für Mehrfamilienhäuser ausgebildet. Der entstehende Kfz-Verkehr soll auf ein verträgliches Minimum reduziert werden. Das Parken für Bewohner*innen wird gebündelt und die Stellplätze überwiegend in drei dezentralen Quartiersgaragen untergebracht. Damit wird die Präsenz von Kraftfahrzeugen im öffentlichen Raum zugunsten von mehr Aufenthaltsqualität gemindert. Parken für Besuchende erfolgt an ausgewiesenen Stellen in den Quartiersstraßen. Alle Stellplätze im Quartier werden bewirtschaftet.

- Durch ein Mobilitätskonzept mit E-Carpooling/Carsharing, Bikesharing und weiteren Mobilitätsangeboten soll der freiwillige Verzicht auf die Nutzung des eigenen Pkw gefördert werden. Diese Angebote werden dezentral und in kurzer Entfernung zu den Wohnungen platziert. In zentraler, hoch frequentierter Lage mit ÖV-Haltepunkt ist am Karl-Plagge-Platz eine Mobilitätszentrale mit Mobilitätsangeboten und -beratung vorgesehen. An den Straßenbahnhaltstellen sollen zur multimodalen Verknüpfung Bike+Ride-Anlagen vorgesehen werden.

Vorab durchgeführte Verkehrsgutachten haben aufgezeigt, dass die Entwicklung der Konversionsflächen in der beabsichtigten Größenordnung nur mit Realisierung der sogenannten „Planstraße A“ zwischen der B3 und der Heidelberger Straße südlich der Lincoln-Siedlung erfolgen kann, womit sich durch den entsprechenden Versatz der Cooperstraße im Rahmen der vorliegenden Maßnahme ein vierarmiger Knotenpunkt ergibt. Diesem Knotenpunkt kann nach der Leistungsfähigkeitsbetrachtung im betrachteten Szenario auf Basis des Verkehrsmodells der Wissenschaftsstadt Darmstadt die Qualitätsstufe B zugewiesen werden.

Die zu erwartenden Verkehrsbelastungen innerhalb des Planungsgebiets der äußeren Erschließung variieren von 700 Kfz/24h bis 2100 Kfz/24h und wurden im Rahmen der Entwurfsplanung berücksichtigt.

Hinsichtlich des Fuß- und Radverkehrs werden die Planungscharakteristiken der anschließenden Drittplanungen fortgeführt. So bestehen Planungen Dritter zum Ausbau eines Radschnellwegs parallel zur Heidelberger Straße. Diese sind hinsichtlich des Anschlusses und der Ausgestaltung der im Rahmen der im Ludwigshöhviertel geplanten Radwege berücksichtigt. Innerhalb des Planungsgebiets wird der Fuß- und Radverkehr durch ein attraktives Angebot an ausreichend breiten Gehwegen und Radverkehrsanlagen unter Beachtung möglichst kurzer Wege gefördert.

Im bestehenden Linienkonzept pendelt die Linie 3 zwischen Hauptbahnhof Darmstadt und Lichtenbergschule/Ludwigshöhstraße. Durch das Vorhaben „Anbindung Ludwigshöhviertel“ kann die Linie 3 an die Bestandstrasse Heidelberger Straße angebunden werden. Von dort aus kann sie nach Richtung Eberstadt oder zum Gleisdreieck Rhein-Neckar-Straße weitergeführt werden. Die konkrete Ausgestaltung der Trassenführung wird separat ausgearbeitet und beantragt.

Durch den zweigleisigen Ausbau der Wendeanlage und des neuen Gleisdreiecks ergeben sich im Vergleich zum Bestand zudem zahlreiche bahnbetriebliche Vorteile im Hinblick auf Betriebsstörungen. Bahnen können bei Störung in einem Streckenast auf einen anderen umgeleitet werden oder an der Wendeanlage wenden. Die Wendeanlage ermöglicht auch einen direkten Anschluss des SEV mit Wende- und Wartemöglichkeit für Busse.

1.5 Planungen Dritter

Im nachfolgenden werden Schnittstellen zu Projekten und Untersuchungen Dritter dargestellt, die im Rahmen der Planung berücksichtigt wurden.

1.5.1 Bebauungsplan S26 und innere Erschließung Ludwigshöhviertel

Es wurde die Planreife des Bebauungsplans für das Ludwigshöhviertel S26 festgestellt. Auf dieser Grundlage wurden durch die Stadt Darmstadt erste Baugenehmigungen ausgesprochen.

Die BVD New Living (BVDNL) als Tochtergesellschaft der Bauverein AG plant auf Grundlage des Bebauungsplans S26 parallel zum Projekt „Anbindung Ludwigshöhviertel“ die innere Erschließung des Ludwigshöhviertels inklusive der Erschließungsstraßen und Geh- und Radwege innerhalb des Quartiers. Die BVDNL hat das Gelände Anfang des Jahres 2019 vom Bund erworben und tritt als Projektentwickler für das gesamte Ludwigshöhviertel auf. Der Abbruch der Bestandsgebäude und nicht mehr benötigten Infrastruktur ist abgeschlossen. Der Baubeginn der inneren Erschließung erfolgt voraussichtlich im Jahr 2022 und soll im Jahr 2023 abgeschlossen sein. Zeitgleich erfolgt auch die Entwicklung der Grundstücke. Bis Mitte 2024 soll der Hochbau überwiegend abgeschlossen sein.

Die Straßennamen der inneren Erschließung sind in Abbildung 21 dargestellt und werden im vorliegenden Bericht verwendet.

1.5.2 Planstraße A

Westlich der Heidelberger Straße wird derzeit das Baugebiet Lincoln Siedlung bebaut. Zur MIV-Erschließung beider Baugebiete, Ludwigshöhviertel und Lincoln Siedlung, ist trotz autoarmer Entwicklung eine neue Verbindungsstraße zwischen Heidelberger Straße und Karlsruher Straße südlich der Lincoln Siedlung notwendig. Dies wurde bereits als Ergebnis der verkehrstechnischen Untersuchung zur Rahmenplanung Besungen Süd nachgewiesen. Daher wird die Planstraße A geplant, welche anstelle der heutigen Franklinstraße und auf Höhe der zukünftigen Cooperstraße in die Heidelberger Straße münden wird.

Die Planung der Planstraße A befindet sich derzeit im Abschluss der Vorplanung und wird ein Planfeststellungsverfahren durchlaufen.

1.5.3 Haltestelle „Ludwigshöhstraße“ und Grunderneuerung der Infrastruktur entlang der Linie 3

Die heutige Haltestelle Ludwigshöhstraße muss barrierefrei ausgebaut werden. Dafür wurde ein Planfeststellungsverfahren durchgeführt, welches abgeschlossen ist, so dass Baurecht besteht. Der Umbau der Haltestelle ist Teil des Gesamtprojekts „Grunderneuerung der Infrastruktur entlang der Linie 3“, das zeitlich weitestgehend parallel mit der Umsetzung der „Anbindung Ludwigshöhviertel“ gebaut werden soll.

1.5.4 Vorlaufverkehr im Ludwigshöhviertel

Ab Mitte 2024 soll das Quartier durch einen öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) erschlossen werden. Um die Zeit bis zur Inbetriebnahme der Straßenbahntrasse zu überbrücken, ist als Vorlaufverkehr der Einsatz von Bussen vorgesehen. Im Bauzustand wird der Vorlaufverkehr über die Granitstraße (Achse 1) von der Ludwigshöhstraße aus in das Viertel auf die östliche Seite des Karl-Plagge-Platzes und über die Saturnstraße durch das Viertel in Richtung Süden auf die Cooperstraße geführt. Über die Sonnenstraße (Achse 10) gelangt der Vorlaufverkehr wieder auf die Ostseite des Karl-Plagge-Platzes. Damit wird während der Bautätigkeiten der Straßenbahntrasse die Promenade vom Vorlaufverkehr freigehalten.

1.5.5 Nutzen-Kosten-Untersuchung der Straßenbahnverlängerung

Die Durchbindung der Straßenbahntrasse kann in Anlehnung an das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) und Mobilitätsförderungsgesetz (MobFöG) gefördert werden, wofür ein Wirtschaftlichkeitsnachweis in Form einer Nutzen-Kosten-Untersuchung (NKU), angelehnt an das Verfahren der "Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs", durchzuführen ist. Eine vereinfachte NKU wurde bereits 2014 erstellt und 2016 fortgeschrieben, allerdings war – nicht zuletzt auch infolge des schnellen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzwachstums in der Wissenschaftsstadt Darmstadt – zunächst eine umfassende Aktualisierung der Untersuchung unter Anwendung der seit dem Jahr 2016 gültigen Version des Verfahrens der Standardisierten Bewertung erforderlich. Diese Aktualisierung setzt die Fortschreibung des Verkehrsmodells der Wissenschaftsstadt Darmstadt auf den Status quo 2019 und den Prognosehorizont 2030 voraus. Mit einem Ergebnis der endgültigen Nutzen-Kosten-Untersuchung, welche vom Aufgabenträger durchgeführt wird, ist Ende 2022 zu rechnen. Um eine möglichst weitgehende Kostensicherheit für die Investitionsberechnungen zu erlangen, wird bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung auf die jeweils aktuellen Erkenntnisse aus der vertieften Infrastrukturplanung zurückgegriffen.

2 Variantenabwägung

2.1 Vorangegangene Untersuchungen

Im Jahr 2020 ist im Rahmen der Vorplanung die Untersuchung einer verkehrlichen Anbindung des Ludwigshöhviertels an die umliegenden Verkehrswege in Varianten erfolgt.

Diese Varianten haben sich im Wesentlichen durch die Lage der Wendeanlage unterschieden, entweder im Bereich des Knotenpunktes Cooperstraße/Heidelberger Straße (Variante 1) oder in der Lage der bestehenden Wendeanlage an der Lichtenbergschule (Variante 2).

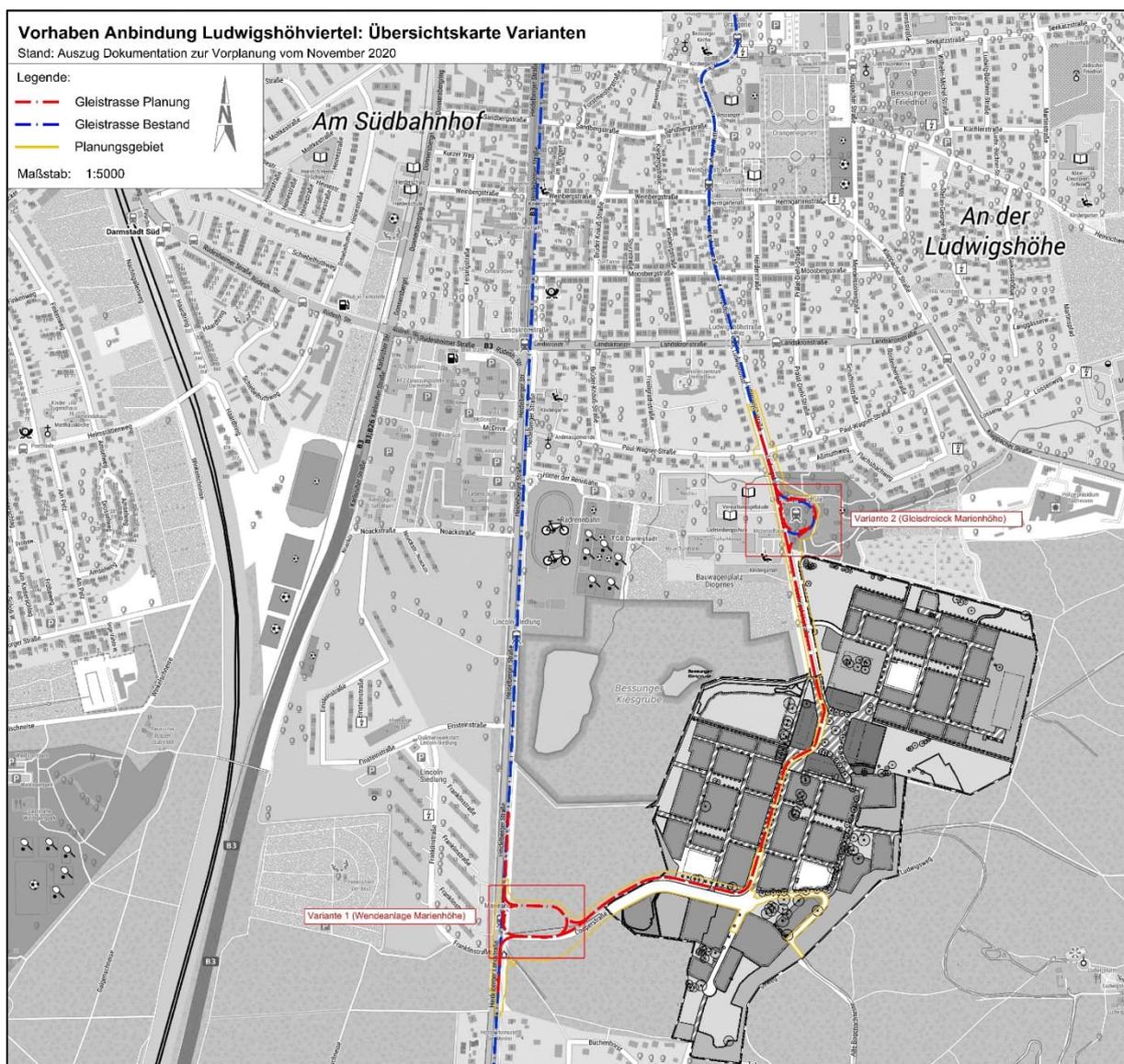


Abbildung 2: Übersichtskarte Variantenuntersuchung Vorplanung

Darüber hinaus wurden bereits in den vorherigen Jahren im Rahmen des damaligen Projektes „Verlängerung Linie 3“ Trassenführungen geprüft, die im Bereich des neuen Quartiers in einer Wendeschleife endeten. Da diese Varianten nicht mehr dem aktuellen Planungsziel entsprechen, wurden diese Planungen nicht weiterverfolgt. Auch Varianten mit einer durchgebundenen Strecke und Wendeanlage im Bereich des Quartiers wurden verworfen, da innerhalb vom Quartier gemäß Vorgaben der Stadt Darmstadt vorrangig für Wohnbebauung genutzt werden soll. Eine mögliche Lage einer solchen Wendeanlage südlich der Cooperstraße wäre eine vorhandene Waldfläche hoher Qualität gewesen, die aus umwelttechnischen Gründen nicht weiterverfolgt wurde.

2.2 Nullvariante

Die Nullvariante stellt eine Erschließung des Ludwigshöhviertels mittels reinem Busverkehr dar. Eine Kapazitätserweiterung des bestehenden Bussystems durch zusätzliche Busfahrten wird allerdings nicht als dauerhafte und zukunftsfähige Lösung einer hinreichend attraktiven, leistungsfähigen Erschließung des Ludwigshöhviertels bewertet.

Die Nullvariante sieht zudem eine Beibehaltung der bestehenden Verkehrsanlagenflächen vor. Vorangegangene verkehrstechnische Untersuchungen zeigen auf, dass aufgrund der deutlichen Belastungszuwächse in der Planstraße A und Cooperstraße die bestehende Cooperstraße nicht in ihrer Bestandslage verbleiben kann und ein vierarmer Knotenpunkt ohne Versatz bei Erschließung des Ludwigshöhviertels erfolgen muss.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Nullvariante als nicht machbar oder sinnvoll bewertet wird und die Erschließung des Ludwigshöhviertels durch die ÖPNV-Anbindung einer Straßenbahn mit entsprechender Anpassung der bestehenden Verkehrsanlagenflächen erfolgen soll.

2.3 Beschreibung der untersuchten Varianten

Bei den untersuchten Varianten (Variante 1 und Variante 2) erfolgt eine Durchbindung der Linie 3 mit der Bestandstrasse Heidelberger Straße.

2.3.1 Variante 1

Bei dieser Variante ist eine Wendeanlage nordöstlich des geplanten Gleisdreiecks an der Heidelberger Straße vorgesehen. Die bestehende Wendeanlage an der Lichtenbergschule wird zurückgebaut. Von da aus erfolgt die Lagetrassierung der Bahn in dem gemäß Bebauungsplan vorgesehenen Korridor entlang der Cooperstraße bis zum Knotenpunkt Cooperstraße/Jeffersonstraße, über die Sternentallee, den Karl-Plagge-Platz zwischen den denkmalgeschützten Mauerwerken vorbei und schließt dann im Norden an das südliche Ende der Ludwigshöhstraße an. Im weiteren Verlauf der Ludwigshöhstraße erfolgt die Anbindung der neuen Trassierung an die bestehende Trasse der Linie 3.

2.3.2 Variante 2

Bei dieser Variante ist im Knotenpunktbereich Heidelberger Straße/Cooperstraße lediglich das Gleisdreieck als verknüpfendes Element zwischen Bestand und Neuplanung vorgesehen, eine Wendeanlage wird hier nicht geplant. Die Trassenführung entlang Cooperstraße und Sternentallee verläuft analog zu Variante 1. In der Ludwigshöhstraße wird in der Lage der bestehenden Wendeanlage eine neue, zweigleisige Wendeanlage angesetzt und im Norden der Ludwigshöhstraße an die bestehende Trasse angeschlossen.

2.4 Beschreibung der untersuchten Untervarianten

Unabhängig von der Variante ergeben sich für die Wendeanlage und die umliegenden Verkehrsanlagen unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten. Um einen leicht verständlichen Aufbau der Kombinationen aus Varianten und Untervarianten aufzubauen, sind die Planungen in der Vorplanung abhängig von Ihrer Lage in Abschnitte unterteilt. Die Bezeichnungen der Planungen folgen demnach der Konvention „Abschnitt - Variante - Untervariante“.

Der Abschnitt 01 umfasst den Bereich Heidelberger Straße bis zur Grenze des bestehenden Bebauungsplans in der Cooperstraße.

Der Abschnitt 02 grenzt im Westen an die Grenze des Bebauungsplans, im Norden an die Marsstraße (Achse 16) der inneren Erschließung und im Osten führt der Abschnitt bis zur bestehenden Erschließungsstraße „Auf der Ludwigshöhe“.

Der Abschnitt 03 umfasst die zu errichtende Quartierspromenade und den im Norden liegenden Quartiersplatz.

Der Abschnitt 04 umfasst die Ludwigshöhstraße.

2.4.1 Vorab verworfene Untervarianten

Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Varianten und Untervarianten sind diverse Untervarianten vorab verworfen und in der finalen Variantenbewertung nicht betrachtet worden. Im Vergleich mit den weiter betrachteten Untervarianten weisen diese deutlich weniger Nutzen bei ungefähr gleichwertigen negativen Auswirkungen auf.

2.4.2 Weiterverfolgte Untervarianten

Die grundlegenden Merkmale der weiterverfolgten Untervarianten werden abschnittsweise in den nachfolgenden Unterkapiteln zusammengefasst.

In allen Varianten wird ein zweigleisiges Gleisdreieck am Knotenpunkt Heidelberger Straße/Cooperstraße vorgesehen, um die neue Gleistrasse an die Bestandstrasse anzuschließen. Das Gleisdreieck ist vom Knotenpunkt nach Norden abgerückt, um eine Koppelung und den hieraus resultierenden verkehrstechnischen Abhängigkeiten im Knotenpunktbereich zwischen Straßenverkehr und Straßenbahn sowie negative Auswirkungen auf die Wegeführungen des Fußverkehrs zu verhindern.

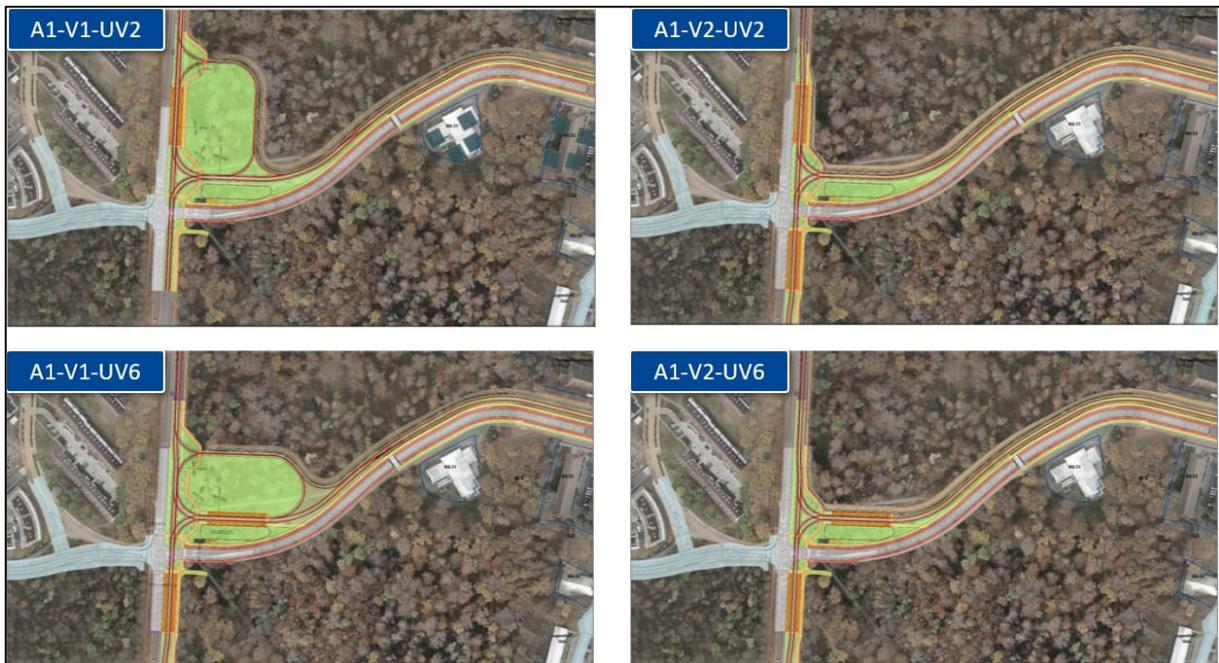
Abschnitt 01:

Abbildung 3: Übersicht der Untervarianten für Variante 1 und 2

V1-UV2: Die eingleisig gestaltete Wendeanlage ist aufgrund der Lage der geplanten Haltestelle durch eine Nord-Süd Ausdehnung gekennzeichnet. Die Wendeanlage ist dabei sowohl aus Richtung Eberstadt, aus Richtung Innenstadt und aus dem Ludwigshöhviertel nutzbar. Die Wendeanlage besteht neben dem zweigleisigen Gleisdreieck zur Anbindung an die Bestandstrasse aus zwei weiteren, eingleisigen Gleisdreiecken und kann nur im Uhrzeigersinn befahren werden. Während die nördlich gelegene Haltestelle „Lincoln-Siedlung“ etwa 450 m entfernt liegt, beträgt die Entfernung zur südlich gelegenen Haltestelle „Friedrich-Ebert-Straße“ ca. 620 m. Fahrbeziehungen zwischen dem Ludwigshöhviertel und Eberstadt erhalten hier keinen direkten Haltepunkt, sondern müssen die Wendeanlage durchfahren, um die Haltestelle anfahren zu können.

V1-UV6: Die Lage der ebenfalls eingleisig gestalteten Wendeanlage ist im Vergleich zu Untervariante 2 um ca. 90 Grad in Richtung Osten gedreht, wodurch die Wendeanlage möglichst kompakt realisiert werden kann. Die betriebliche Nutzung entspricht dabei der Wendeanlage aus Untervariante 1.

Die Ausdehnung in Richtung Osten ergibt sich aus der Lage der geplanten Bahnsteige: Insgesamt sind vier Bahnsteige vorgesehen. Die in der Heidelberger Straße gelegenen Bahnsteige dienen dabei der Andienung der Linien von Süden nach Norden bzw. Norden nach Süden und die parallel zur Cooperstraße gelegenen Bahnsteige dienen der Anbindung in und aus dem Ludwigshöhviertel. Die Anordnung der Lage der Bahnsteige rücken im Vergleich zur UV1-UV2 näher an den Knotenpunkt und erlangen hierdurch eine bessere Erreichbarkeit der Haltestellen über eine sichere Querung, insbesondere für den Fußverkehr aus der Lincoln-Siedlung.

V2-UV2: Bei dieser Trassenführung wird auf die Realisierung einer Wendeanlage nordöstlich des Knotenpunkts verzichtet. Die Höhenabwicklung und Trassierung der Cooperstraße erfolgt analog zu Variante 1 (identische Trassenführung). Analog zu V1-UV6 sind bei V2-UV2 vier Bahnsteige vorgesehen, wobei beide Haltestellen entlang

Anbindung Ludwigshöhviertel

der Heidelberger Straße platziert sind, um sowohl Fahrtbeziehungen zwischen Ludwigshöhviertel und Innenstadt als auch zwischen Ludwigshöhviertel und Eberstadt einen Halt zu ermöglichen. Aufgrund der Vergrößerung des fahrbahnseitigen Bahnsteigs der beiden Haltestellen gegenüber der Bestandshaltestelle erfolgt eine Verschwenkung unmittelbar vor den Haltestellen.

V2-UV6: Bei dieser Untervariante variiert im Vergleich zu *V2-UV2* die Lage der Haltestellen. Die südliche Haltestelle liegt an derselben Stelle wie bei *V2-UV2*, wohingegen die nördliche Haltestelle parallel zur Cooperstraße verläuft. Die Anordnung der Lage der Bahnsteige rücken im Vergleich zur *V1-UV2* näher an den Knotenpunkt und erlangen hierdurch eine bessere Erreichbarkeit der Haltestellen über eine sichere Querung, insbesondere für den Fußverkehr aus der Lincoln-Siedlung. Zusätzlich ist bei Betrachtung der Variante 2 (gilt somit für beide Untervarianten) eine Alternative Anordnung der Bahnsteige untersucht worden. Diese Alternative sieht eine Anordnung von nur drei Bahnsteigen vor, welche dennoch alle betrieblichen Anforderungen erfüllt. Hierbei erfolgt die Anordnung jeweils eines Bahnsteiges in jedem der drei Streckenäste. Eine solche Variante ist allerdings aufgrund zahlreicher Nachteile verworfen worden, wie z.B., dass durch die ungünstige Lage des dritten Bahnsteigs im nördlichen Streckenast die Umsteigebeziehungen deutlich erschwert werden oder dass durch zusätzlich erforderliche Furten signifikante Einschränkungen im Verkehrsablauf des Knotenpunkts Heidelberger Straße/Cooperstraße hervorgerufen werden.

Unabhängig von den Untervarianten hat zudem im Rahmen der Vorplanung eine Gegenüberstellung von verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten in Bezug auf die Fahrleitungsplanung stattgefunden. Betrachtet wurden hierbei eine Fahrleitung mit Auslegern an Mittelmasten, Fahrleitung mit 2-Gleis-Auslegern an Einzelmasten nördlich der Trasse sowie Fahrleitung mit 2-Gleis-Auslegern an Einzelmasten südlich der Trasse. Unter Berücksichtigung des reduzierten Flächeneingriffs (im Vergleich reduzierter Gleisabstand) und aus Instandhaltungsgründen ist sich für eine Fahrleitungsplanung mit Einzelmasten nördlich der Trassen entschieden worden.

Abschnitt 02:

Im Abschnitt 2 ergeben sich hinsichtlich der Trassenführung der Straßenbahn keine Unterschiede zwischen den Untervarianten. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Ausgestaltung und in der Höhenlage des Knotenpunkts, der sich auf die Notwendigkeit einer Böschung und Stützmauer zwischen Gleistrasse und Straße auswirkt. In beiden Untervarianten wird sowohl in der westlichen als auch in der östlichen Cooperstraße mit der gleichen Querschnittsaufteilung geplant. In Abbildung 4 sind die im vorliegenden Bericht untersuchten Untervarianten im Abschnitt 02 dargestellt.



Abbildung 4: Untervarianten im Abschnitt 02 - Trassenführungsunabhängig

V1/V2-UV2: Bei dieser Untervariante ist ein Kreisverkehr als Knotenpunktform betrachtet worden. Ein weiteres Merkmal ist eine höhengleiche Lage von Bahntrasse und Knotenpunkt. Hierdurch liegt der Knotenpunkt allerdings deutlich mehr im Einschnitt, was sich ungünstig auf die Höhenplanung der östlichen Cooperstraße und damit den Baumbestand auswirkt. In diesem Bereich werden aufgrund des Höhensturzes zwischen Bestands Gelände und Fahrbahnbereich Maßnahmen zur Geländesicherung benötigt.

V1/V2-UV3: Der Knotenpunkt Sternentallee/Cooperstraße ist in dieser Untervariante als vierarmige Kreuzung ausgestaltet. Im Zugangsbereich der Sternentallee findet eine Verjüngung aufgrund des einzuhaltenden Sicherheitsraums zwischen Gleis und Stützmauer statt. Die UV3 ist zudem durch einen Höhenversatz zur Gleistrasse im Knotenpunktbereich beginnend bei der inneren Erschließung gekennzeichnet. Der Geländesprung wird in diesem Bereich mittels einer abschnittswisen Kombination aus Böschung (Böschungsneigung 1/3) und Stützmauer gesichert. Die in dieser Alternative gewählte Höhenlage des Knotenpunkts erweist sich im Hinblick auf die östliche Cooperstraße als günstig, da dadurch in diesem Bereich kein größerer Geländesprung zwischen bestehender Baumallee im Norden und Verkehrsanlage zu erwarten ist.

Abschnitt 03:

Abbildung 5: Übersicht Planung Abschnitt 3

Im Abschnitt 3 verläuft die Straßenbahn innerhalb des Bebauungsplans des Ludwigshöhviertels. Für die Gleisstrasse und die beiden Haltestellen ist im B-Plan S26 ein fest vorgeschriebener Straßenbahnkorridor definiert. Daher haben sich für diesen Abschnitt keine unterschiedlichen Trassenführungen ergeben. Folglich werden keine Varianten oder Untervarianten betrachtet und in den Variantenvergleich eingestellt. Hinsichtlich der Fahrleitung sind verschiedene Ausführungsmöglichkeiten (Einfachfahrleitung an Mittelmasten mit 1-Gleis Auslegern, Einfachfahrleitung an Seitenmasten mit 2-Gleis-Auslegern, Einfachfahrleitung an Seitenmasten mit Querverspannung und Seilgleitern und Wandanker) betrachtet worden. Aus Sicht der Instandhaltung und im Hinblick auf die geplante Baumpflanzung der inneren Erschließung ist sich für eine Fahrleitungsplanung mit Mittelmasten entschieden worden.

Zusätzlich ist im Bereich des Karl-Plagge-Platzes die Machbarkeit einer Trassenführung westlich des Gebäudes MU4 untersucht worden. Diese Variante ist allerdings wegen des notwendigen Bedarfes der Anbindung des Gebäudes MU4 verworfen worden. Ferner wäre bei dieser Trassenführung die Haltestelle zu weit vom Karl-Plagge-Platz entfernt gewesen und damit die Attraktivität der Straßenbahn verringert worden.

Abschnitt 04:

In diesem Abschnitt wird für die Varianten 1 und 2 jeweils eine Untervariante betrachtet, die sich im Wesentlichen in der Ausgestaltung des Straßenbahnkörpers und der Lage der Fahrradwege unterscheiden.

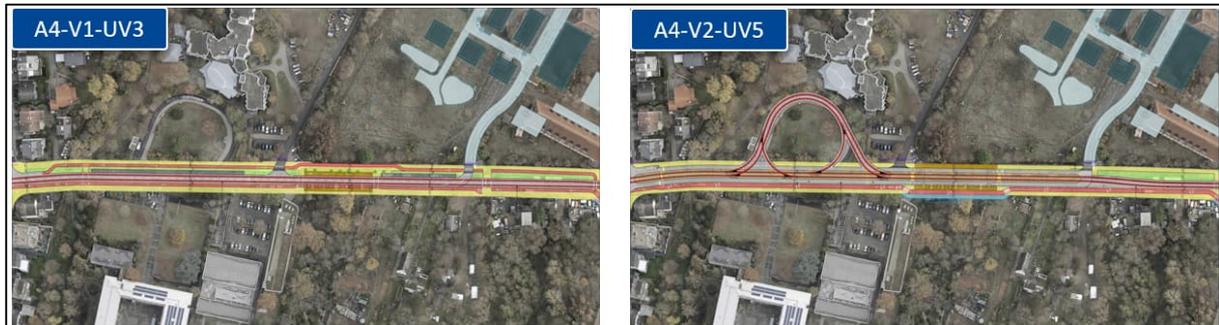


Abbildung 6: Übersicht der Untervarianten für Variante 1 und 2

V1-UV3: In dieser Variante ist im Abschnitt Ludwigshöhstraße keine Wendeanlage vorgesehen, die bestehende Wendeanlage wird rückgebaut. Die Straßenbahn wird auf straßenbündigem Bahnkörper geführt. Die Haltestelle „Lichtenbergschule“ wird im Bereich der bestehenden Wendeanlage rückgebaut und in der Ludwigshöhstraße südlich der Lichtenbergschule mit einer Nutzlänge der Bahnsteige von 45 m neu angeordnet. Der Radverkehr wird auf beiden Seiten auf einem Einrichtungsradweg stadtein- und stadtauswärts geführt. Der Einrichtungsradweg stadteinwärts wird parallel zur bestehenden Baumreihe geführt und im Bereich der Haltestelle entsprechend verschwenkt. Der gegenüberliegende Radweg Richtung Ludwigshöhviertel wird im Bereich der Haltestelle auf 1,60 m verjüngt.

V2-UV5: Für diese Variante ist eine Neuplanung einer zweigleisigen Wendeanlage im Bereich der bestehenden Wendeanlage auf Höhe der Lichtenbergschule vorgesehen. Aufgrund der Anordnung der Wendeanlage ergibt sich eine im Vergleich zur V1-UV3 geringfügig andere Trassierung. Damit die beweglichen Weichteile nicht im Fahrbahnbereich liegen und somit keine Gefahr für die Verkehrssicherheit des motorisierten Individualverkehrs (MIV) darstellen wird die Straßenbahn auf einem besonderen Bahnkörper in Mittellage geführt. Der Radverkehr wird auf einem Zweirichtungsradweg mit einer Breite von 3,00 m auf der gegenüberliegenden Seite der Wendeanlage geführt, um einen Konflikt mit der Bahn und der bahnseitigen Verkehrsanlage zu verhindern.

2.4.3 Variantenvergleich und Variantenbewertung

Die Variantenbewertung im Rahmen der Vorplanung ist durch vordefinierte Kriterien unter Berücksichtigung prozentualer Gewichtungen erfolgt. Folgende Kriterien sind berücksichtigt worden:

- Umwelt
- Betrieb
- Kosten
- Nahmobilität
- Stadtentwicklung

Die Untersuchungsergebnisse des Variantenvergleichs haben aufgezeigt, dass sich im direkten abschnittsbezogenen Vergleich durch eindeutige Punktedifferenzen zwischen den Untervarianten eine jeweils vorteilhafte Untervariante ableiten lässt. Die Ergebnisse sind im nachfolgenden Kapitel zusammengefasst.

2.5 Ergebnis des Variantenvergleichs/Ableitung der Vorzugsvariante

Abschnitt 01:

Betrachtet man die für Variante 1 relevanten Untervarianten UV2 und UV6 im Abschnitt 01, so erweist sich Untervariante 6 als vorteilhaft. Diese ist im Vergleich bei ungefähr gleichwertig negativen Auswirkungen aus der umweltfachlichen Betrachtung mit den leichten Vorteilen aus Sicht des Bahnbetriebs und insbesondere der Nahmobilität erklärbar. Gleiches gilt bei Betrachtung der Untervarianten für die Variante 2. Auch hier erweist sich aus gleichen Gründen die Untervariante 6 als vorteilhaft.

Abschnitt 02:

Die Wahl der Untervariante im Abschnitt 02 kann unabhängig von der Wahl des Standorts der Wendeanlage vollzogen werden. In diesem Abschnitt erweist sich gemäß der Bewertungsmatrix die Untervariante 3 als vorteilhafter. Besonders zweckmäßig erweist sich die Höhenlage des im Vergleich zum Bahnkörper höhenversetzten Knotenpunkts, wodurch sich eine günstigere Bewertung für Umwelt und Herstellkosten ergibt. Um die Vorteile der Knotenpunktgestaltung in Form eines Kreisverkehrs aus UV2 mit den bereits geschilderten Vorteilen der Höhenlage des Knotenpunkts aus UV3 zu kombinieren, wurde im Rahmen der weiteren Planungsphasen eine Untervariante mit höhenversetztem (aktuell UV3) Kreisverkehr (aktuell UV2) geplant.

Abschnitt 03:

Für diesen Abschnitt gibt es aufgrund des vorgegebenen Verkehrskorridors wenig Variationsmöglichkeiten, weshalb eine Bewertung entfällt.

Abschnitt 04:

Aus der Wahl der Variante ergibt sich für den Abschnitt 04 die jeweils einzig zu wählenden Untervarianten UV3 oder UV5. Unabhängig davon kann Untervariante 3 aufgrund der im Vergleich zu UV5 deutlich günstigeren Umweltbewertung und besseren Stellplatzbilanz als vorteilhafter erachtet werden. Unabhängig von der Untervariante hat sich bereits im Rahmen der Vorplanung im Hinblick auf die vorliegenden Rahmenbedingungen und u.a. aufgrund des erhöhten Flächenbedarfs, der komplizierten Linksabbiegerführungen und der Grundstückserschließungen sowie dem allgemein starken Einfluss auf den MIV die straßenbündige Variante als besonders vorteilhaft erwiesen.

Nach Abwägung aller im Rahmen der Vorplanung herausgearbeiteten Argumente ist sich für eine Vorzugsvariante (nach Wahl zwischen Variante 1 und Variante 2 mit den entsprechenden Untervarianten), bei der die Merkmale der beschriebenen Untervarianten miteinander kombiniert worden sind, entschieden worden.

2.6 Zusätzliche Variantenbetrachtung Abschnitt 04 Ludwigshöhstraße

Mit Wahl der Variante 2 als Vorzugsvariante wurden für den Abschnitt 04 Ludwigshöhstraße weitere Untersuchungen von Untervarianten erforderlich, da im weiteren Planungs- und Abstimmungsprozess die Planungsanforderungen an die Straßenraumteilung/-gestaltung hinsichtlich der Belange der Fußgänger, der Radmobilität der Fahrgäste und hinsichtlich des Baumerhalts für die Ludwigshöhstraße weiter konkretisiert wurden.

Besondere Aspekte hierbei waren:

- Sichere Führung im Bereich der Haltestelle
- Barrierefreiheit
- gesicherte Führung über die Straße und
- Trennung des Fuß- und Radverkehrs

Folgende zusätzliche Untervarianten wurden untersucht:

a) besonderer Bahnkörper mit einseitigem Einrichtungsrادweg

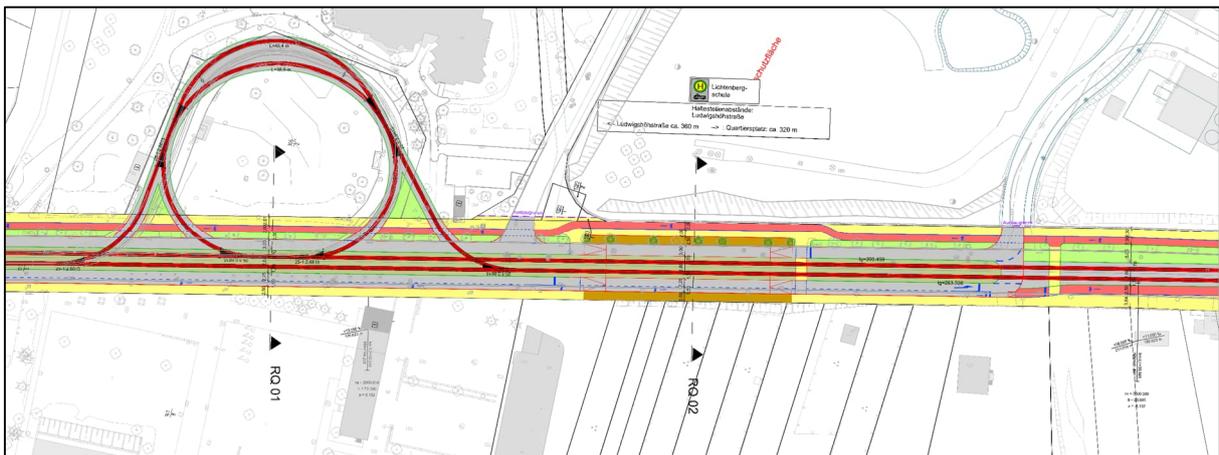


Abbildung 7: Untersuchte Untervariante der Variante 2, hier: bes. Bahnkörper

b) straßenbündiger Bahnkörper mit einseitigem Zweirichtungsrادweg

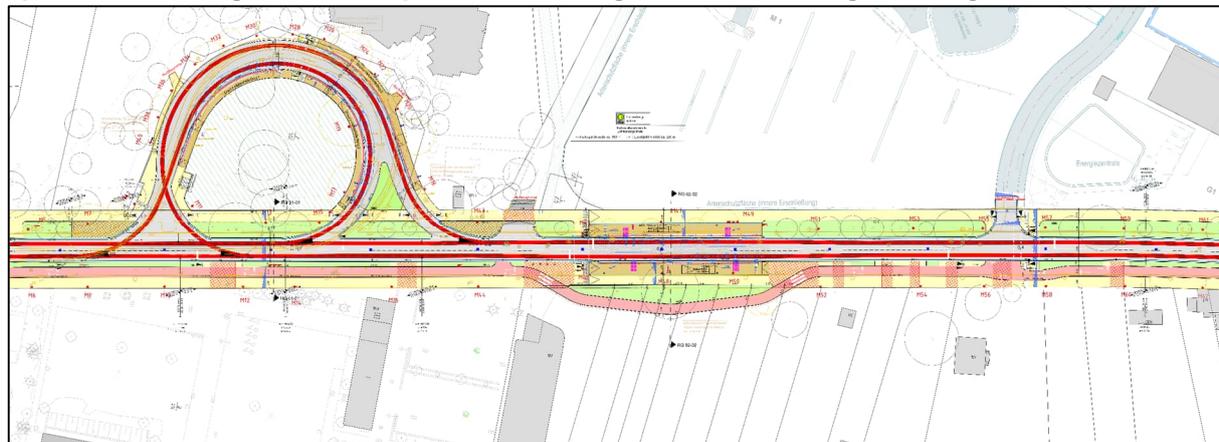


Abbildung 8: Untersuchte Untervariante der Variante 2, hier: straßenbündiger Bahnkörper mit Zweirichtungsrادweg

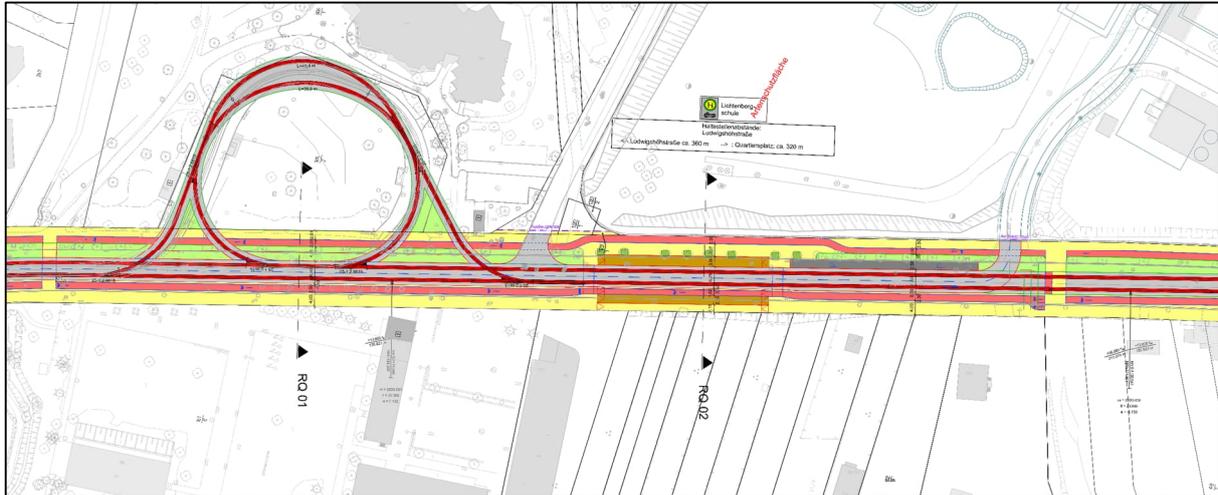
c) straßenbündiger Bahnkörper mit zweiseitigem Einrichtungsweg

Abbildung 9: Untersuchte Untervariante der Variante 2, hier: straßenbündiger Bahnkörper mit Einrichtungsweg

Unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen (Breite des Verkehrskorridors und Baumbestand) und den definierten Planungsanforderungen (Belange Nahmobilität und Baumerhalt) wurde sich für die Variante b) Straßenbündiger Bahnkörper mit einseitigem Zweirichtungsweg sowie sicherer und barrierefreier Führung von Fußgängern entschieden.

Grundsätzlich wird durch die straßenbündige Führung der Straßenbahn in der Ludwigshöhstraße kein zusätzlicher Flächenbedarf erforderlich. MIV und Straßenbahn teilen sich die Straßenverkehrsfläche. Der Baumerhalt in der Ludwigshöhstraße kann hierbei gewährleistet werden, auch die Anordnung eines zusätzlichen Radweges ist möglich.

Eine Ausnahme stellt der Bereich der geplanten Straßenbahnhaltestelle Lichtenbergschule dar. Für den gesonderten Bahnsteigbereich in Richtung Ludwigshöhviertel werden zusätzliche Flächen außerhalb des Verkehrskorridors erforderlich. Hier müssen im westlichen Seitenraum Haltestelle, Gehweg, Grünstreifen und Zweirichtungsweg untergebracht werden. Für den Bahnsteig in Richtung Darmstadt Innenstadt müssen Bestandsbäume aus dem Grünstreifen entfernt werden. In diesem Zusammenhang wurde die Lage der Haltestelle Lichtenbergschule in der Ludwigshöhstraße geprüft. Unter Berücksichtigung der Abstände zu der bestehenden Haltestelle Ludwigshöhstraße und der geplanten Haltestelle Ludwigshöhviertel sowie der technischen und örtlichen Randbedingungen, der Wendeanlage sowie der vorhandenen Zufahrten ist eine Verortung der Haltestelle Lichtenbergschule erst unmittelbar südlich der Wendeanlage möglich, so dass ein zusätzlicher Flächenbedarf entsteht. Hierzu müssen Flächenanteile mehrerer Flurstücke, welche sich im städtischen Eigentum befinden und von der Kita LUO Campus genutzt werden, in Anspruch genommen werden.

Die Notwendigkeit eine eigene Haltestellenfläche zu haben, welche nicht zusätzlich durch in Längsrichtung mit zu Fuß gehenden Personen in Anspruch genommen wird, bedingt die Ausweisung eines gesonderten Gehwegs. Aus diesem Grund wurde der

Anbindung Ludwigshöhviertel

Gehweg außerhalb der Haltestellenfläche weitergeführt. Ferner musste eine planerische Entscheidung gefällt werden, ob der Gehweg oder der Zweirichtungsradweg direkt an die Haltestelle anschließt. Die Führung des Gehweges direkt neben der Haltestelle hat den wesentlichen Vorteil, dass bei Schulbeginn und Schulende die Zu- und Abgänge der Haltestelle nicht über eine kleine Zugangsfläche im nördlichen Quersungsbereich Radweg / Zufahrt KITA erfolgt, sondern sich auf die gesamte Länge der Haltestelle verlagern kann. Weiterhin kann die Andienung der Grundstücke hinter dem westlichen Bahnsteig dadurch über den Zweirichtungsradweg erfolgen. Bei beiden Varianten (Haltestelle-Gehweg-Radweg oder Haltestelle-Radweg-Gehweg) muss der Zweirichtungsradweg auf dem Weg von der Haltestelle zur Schule gequert werden. Daher wurde die Variante Haltestelle-Gehweg-Radweg gewählt. Bei dieser Variante muss das Zufahrtstor zum Außengelände der KITA Luo Campus, welches nun direkt an den Zweirichtungsradweg angrenzt, in seiner Lage versetzt werden. Da diese Zufahrt nicht nur für Lieferverkehr genutzt wird, sondern auch als Zugang für die Eltern und Kinder der Waldkindergartengruppe dient, muss ein gesonderter Zugang für diese Personen außerhalb des angrenzenden Zweirichtungsradweges erfolgen. Diese Planungen werden mit dem Nutzer, der KITA Luo Campus, im Rahmen der weiteren Planungen abgestimmt.

Zum Erhalt einer stadtbildprägenden Bestandseiche mit herausragend großem Stammdurchmesser wurde weiterhin eine Grünfläche zwischen dem Gehweg und dem Zweirichtungsradweg vorgesehen.

Die grundlegenden Entwurfsmerkmale der gewählten Vorzugsvariante sind in Kapitel 3 erörtert.

Zusätzliche Betrachtung der Untervarianten zur Wendeanlage

Der Anbindung des Quartiers von Süden und von Norden und die damit ermöglichten neue Linienkonzepte erzeugen neue Anforderungen an die Ausgestaltung der Wendeanlage.

Eine neue Wendeanlage soll gewährleisten, dass

- Straßenbahnlinien im Bedarfsfall, z.B. Störungen in einem Streckenast, aus beiden Richtungen kommend hier gebrochen und als Kurzwenden wieder zurückfahren können.
- ein Umstieg in einen Schienenersatzverkehr ermöglicht wird. Dies bedingt eine gleichzeitige Nutzung der Wendeanlage mit Straßenbahnen und Bussen.

Hierzu wurden zwei weitere Untervarianten untersucht. Die erste Untervariante mit einem zweigleisigen Ausbau der Wendeanlage. Eine weitere mit einer eingleisigen Anlage inkl. einem Überholungsgleis (1,5 Gleise, siehe Abbildung 7 und Abbildung 9). Bei der Untervariante 1,5-gleisige Wendeanlage ist eine gleichzeitige Nutzung der Wendeanlage von Bussen und Bahnen nicht gewährleistet. Dagegen erfüllt eine zweigleisige Wendeanlage (siehe Abbildung 8) alle Anforderungen, erfordert durch die separate Führung der beiden Wendeschleifen lediglich 4 statt 8 Weichen und wurde als Vorzugsvariante weiter geplant.

Eine bestandsnahe Erneuerung der vorhandenen Wendeanlage mit nur einem Gleis wurde planerisch nicht im Detail untersucht. Zum Zusammenführen beider Wende-

schleifen auf ein Gleis wären 6 Weichen notwendig, was höhere Bau- und Instandhaltungskosten als die zweigleisige Variante verursacht hätte. Durch den notwendigen Flächenbedarf für eine zusätzliche Buswendemöglichkeit würde auch keine Flächeneinsparung erzielt. Somit bestehen keine Vorteile, sondern nur betriebliche und finanzielle Nachteile gegenüber der Variante 2.

2.7 Betrachtung favorisierte Fahrleitungsausführungen

Nachgespannte Hochkettenfahrleitung

Diese wird im Bereich der Heidelberger Str. und der Cooperstraße ausgeführt werden. Sie besteht aus einem Fahrdraht, der von einem bzw. zwei darüber angeordneten Tragseil(en) mittels Kettenwerkshänger getragen wird. Wegen des relativ einfachen Aufbaus und den günstigen Befahr Eigenschaften sollen Hochkettenfahrleitungen heutzutage bevorzugt verwendet werden. Im Vergleich zu Einfachfahrleitung können deutlich höhere Stützpunktabstände realisiert, der Verschleiß von Oberleitungskomponenten verringert und die Stromtragfähigkeit bzw. Leistungsfähigkeit der Strecke maßgeblich erhöht werden. Dies ist insbesondere im Bereich der Cooperstraße notwendig, da hier das Gelände in Richtung des Ludwigshöhviertels einen starken Anstieg aufweist, den die Straßenbahn mit einer Einfachfahrleitung nicht überwinden kann.

Folgende Parameter sind hier maßgebend:

Stützpunktabstand:	ca. 60 m
Systemhöhe:	1,20 -1,80 m
Hängerabstand:	8 m – 12 m
Fahrgeschwindigkeit:	bis 100 km/h

Die Maststandorte sind abhängig von dem Gleismittenabstand, von den Gleisabständen und der Objektplanung. Bei ausreichendem Gleismittenabstand wurden die Maste zwischen die Gleise positioniert. Bei zu geringem Gleismittenabstand wurden außenstehende Maste mit Zweigleisenauslegern verwendet.

In Bereichen, in denen die Maste nicht in unmittelbarer Nähe an die Gleise errichtet werden konnten oder mehr als zwei Gleise mit einer Hochkettenfahrleitung zu überspannen sind, bietet sich die Befestigung an außenstehenden Masten mit Querfeld an. Querfelder bestehen aus unterem und oberem Richtseil zur Aufnahme von Horizontalkräften aus Fahrdraht und Tragseil, sowie einem Quertragseil zur Aufnahme der auftretenden Vertikallasten.

Nachgespannte Einfachfahrleitungen

Diese wird im gesamten Ludwigshöhviertel sowie in der Ludwigshöhstraße und in der daran angrenzenden Wendeschleife zur Ausführung kommen. Aus wirtschaftlichen Gründen wird sie auch in den Abzweighbereichen des Gleisdreieckes an Kreuzung Heidelberger Straße und Cooperstraße verwendet werden.

Die Einfachfahrleitung ist ein Oberleitungssystem, das lediglich aus einem Fahrdrat besteht.

Folgende Parameter sind hier maßgebend:

Stützpunktabstand: ca. 25 m

Länge der Seilgleiter: max. 3 m.

Zur Aufrechterhaltung des nutzbaren Leiterquerschnittes und somit der Stromtragfähigkeit aus der Hochkettenfahrleitung, wird die Mitführung von Verstärkungsleitungen empfohlen. Möglich ist eine Verstärkungsleitung je Fahrleitung oder eine Verstärkungsleitung je Strecke.

Analog zur Hochkettenfahrleitung sind die Maststandorte für die Einfachfahrleitung abhängig von dem Gleismittenabstand, von den Gleisabstände und der Objektplanung. Die Maste können zwischen den Gleisen oder neben den Gleisen als außenstehende Maste gestellt werden, und die Befestigung als Einfachausleger, Zweigleisenausleger oder Querfelder ausgeführt werden.

Um den Mastabstand einer Einfachfahrleitung zu erhöhen, kann diese als Flachkettenverspannung aufgebaut werden. Hier werden mehrere Stützpunkte gemeinsam an einem Mast befestigt

Fahrleitungsmaste als Kombimaste

Diese Mastvariation wird insbesondere in der Ludwigshöhstraße zum Einsatz kommen, da hier die Straßenbeleuchtung mit der Fahrleitung kombiniert wird. In allen Haltestellenbereichen wurden Kombimaste wie möglich als Kombimaste zu realisieren vorgesehen, um die Anzahl von Einbauten auf den Haltestellen zu reduzieren. Grundsätzlich können alle Maste der Fahrleitungsanlage (FLA) bei Bedarf als Kombimaste mit Beleuchtung oder mit Lichtsignalen ausgerüstet werden. Die möglichen Kombimaste wurden in der Planung berücksichtigt.

3 Technische Gestaltung der Vorzugsvariante

3.1 ÖPNV-Maßnahme

Im folgenden Kapitel werden die grundsätzlichen Gestaltungsmerkmale der Verkehrsanlage Schiene vorgestellt.

3.1.1 Entwurfs- und Betriebsmerkmale

Als Planungsgrundlage dient die Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab), die Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs (EAÖ) sowie sonstige technische Richtlinien und VDV-Schriften. Für die Trassierung und sonstige Bemessungen dienen folgende Fahrzeuge als Grundlage: ST12, ST13, ST14 und mit dem in Darmstadt üblichen Beiwagen SB09.

Um eine zukünftige gemeinsame Nutzung mit dem restlichen Bestandsnetz sicher zu stellen, wird die Straßenbahn im Ludwigshöhviertel mit Meterspurweite geplant.

Im Hinblick auf diverse Zwangspunkte ist unter Beibehaltung der Entwurfsgeschwindigkeit die regelkonforme Spanne zwischen Regelwerten und Grenzwerten herangezogen worden. Eine Abweichung der Grenzwerte liegt bei der Trassierung nicht vor.

Im folgenden Kapitel werden die grundsätzlichen Gestaltungsmerkmale der Verkehrsanlage Schiene vorgestellt. In den darauffolgenden Kapiteln wird auf die technischen Details eingegangen. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Ausführungen sind die verwendeten Straßennamen in Abbildung 21 dargestellt.

Die Planung der Straßenbahn sieht ein Gleisdreieck am Knotenpunkt Heidelberger Straße/Cooperstraße vor. Das zweigleisige Gleisdreieck ist vom Knotenpunkt Heidelberger Straße/Cooperstraße nach Norden abgerückt, um eine Koppelung des Gleisdreiecks und Knotenpunktes und den hieraus resultierenden verkehrstechnischen und betrieblichen Abhängigkeiten im Knotenpunktbereich und negativen Auswirkungen auf die Wegeführungen des Fußverkehrs zu verhindern. Zudem soll eine Anordnung von Weichen im Fahrbahnbereich vermieden werden, weil die erforderliche regelmäßige Wartung der Weichen jeweils eine Teilspernung des Knotenpunktes inklusive der hieraus resultierenden Kosten und Aufwand (Anmeldung der Sperrung, Ausschilderung etc.) zur Folge hat.

Vom Gleisdreieck aus in Richtung Ludwigshöhviertel wird die Straßenbahn in besonderem Bahnkörper parallel zur Cooperstraße geführt. Straße und Bahnkörper liegen dabei fast durchgehend im Einschnittsbereich. Aufgrund des höhentechischen Zwangspunktes am Übergang Jupiterstraße (Achse 12) muss der Anstieg der Trasse mit einer Längsneigung von 4,8% bereits im Bereich des Bahnsteigs der nördlichen Haltestelle erfolgen, sodass diese nicht durchgehend barrierefrei gestaltet werden kann. Die Längsneigung von 4,8% übersteigt dabei die vorgesehene Regelneigung der BOStrab. Im Streckennetz der HEAG mobilo sind solche Steigungen bereits vorhanden, es wird entsprechend gewährleistet, dass die oben genannten Fahrzeuge die geplante Längsneigung von 4,8% ordnungsgemäß befahren können. Hintergrund der gewählten Neigung ist, dass östlich der Jupiterstraße die Cooperstraße eine höhere Längsneigung aufweist, als der parallel verlaufende Bahnkörper. Zur Sicherung des Höhenunterschieds ist eine Stützwand vorgesehen, auf die in Kapitel 3.6 des vorliegenden Berichts eingegangen wird.

Anbindung Ludwigshöhviertel

Im Bereich der darauffolgenden Sternenallee verläuft die Straßenbahntrasse geradlinig innerhalb des im B-Plan fest vorgeschriebenen Korridors. Bei Einfahrt in den Karl-Plagge-Platz ist der Bahnkorridor auf beiden Seiten durch denkmalgeschützte Mauern gekennzeichnet, wobei zur Einhaltung der seitlich verlaufenden Gehwegbreiten und unter Einhaltung des Sicherheitsraums eine denkmalgeschützte Mauer entsprechend versetzt werden muss. Die Erfordernisse dieser Versetzung ergeben sich demnach aus den Anforderungen der Nahmobilität und der Bahntrassierung und erfolgt im Rahmen einer Drittplanung.

Die Straßenbahn wird im Bereich der Ludwigshöhstraße auf einem straßenbündigen Bahnkörper geführt. Der Gleisabstand beträgt im Bestand und in der Anschlussplanung „Haltestelle Ludwigshöhstraße“ 3,00 m und wird im Zuge der Planung „Anbindung Ludwigshöhviertel“ auf 3,50 m verschwenkt. Die neu herzustellende Wendeanlage bleibt dabei in ihrer Bestandslage und wird zweigleisig gebaut. Zusätzlich sind insgesamt drei teilbarrierefreie SEV-Bahnsteige vorgesehen.

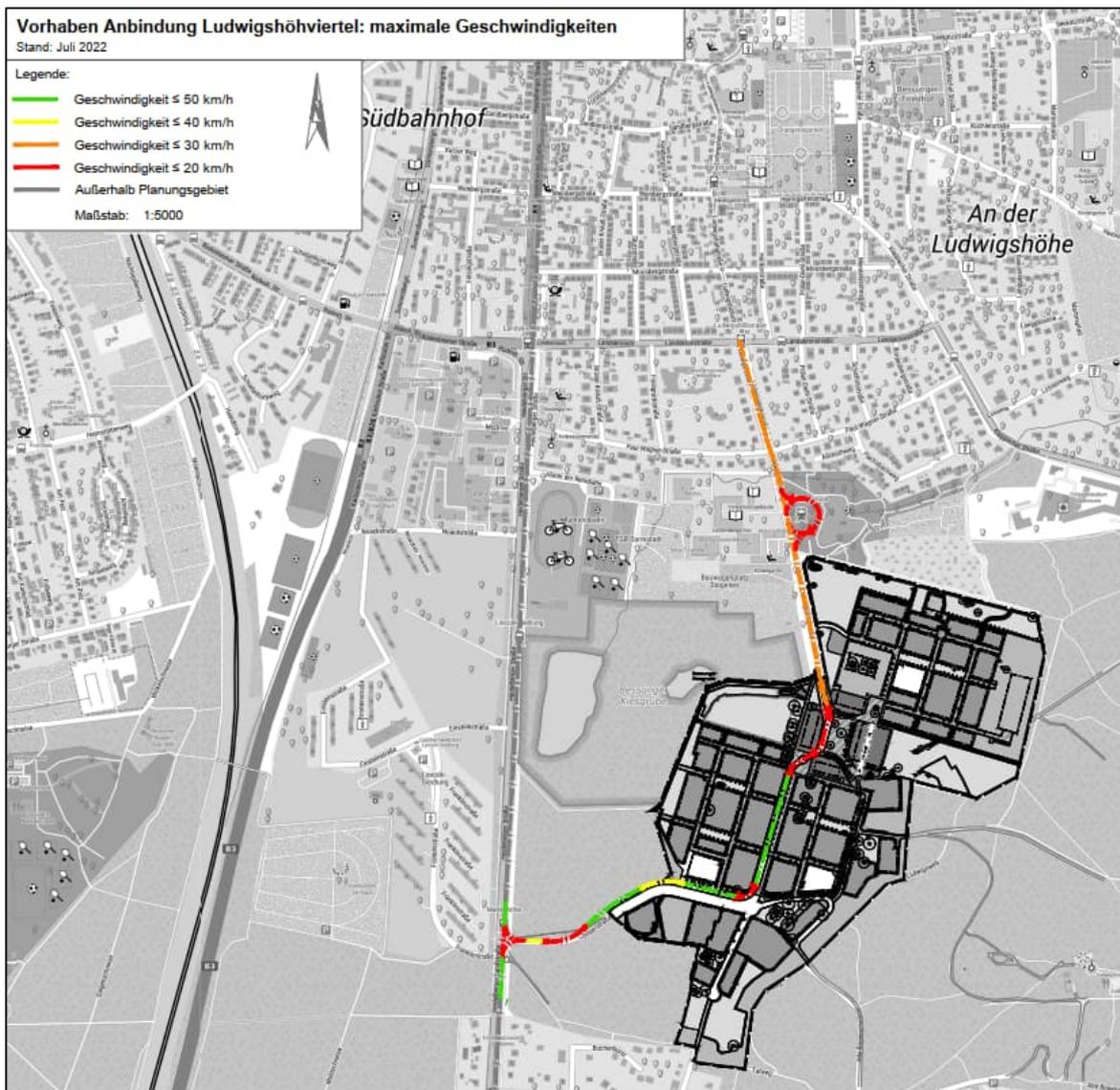


Abbildung 10: Fahrgeschwindigkeiten Vorhaben "Anbindung Ludwigshöhviertel"

Die Entwurfsgeschwindigkeit der Straßenbahn ist zu Planungsbeginn auf 50 km/h festgelegt. Aufgrund der in den nachfolgenden Kapiteln (3.1.2.1 ff.) geschilderten Zwangspunkte aus Drittplanung und Bestand sowie sonstigen Planungsparameter kann die zulässige Geschwindigkeit von mindestens 50 km/h allerdings nicht streckenübergreifend eingehalten werden. Die möglichen Fahrgeschwindigkeiten sind in Abbildung 10 dargestellt.

3.1.2 Trassierung

Im nachfolgenden Kapitel werden die lage- und höhentechischen Zwangspunkte sowie weiterführende Informationen zur Gleistrassierung vorgestellt. Die Gleistrassierung erfolgt nach Trassierungsrichtlinie der BOStrab.

3.1.2.1 Zwangspunkte

Die im Rahmen der Gleistrassierung zu betrachtenden Zwangspunkte ergeben sich sowohl aus dem Bestand, den Vorgaben des B-Plans und dem Schnittstellenprojekt der inneren Erschließung.

Im Geltungsbereich des B-Plans sind die Verkehrskorridor Grenzen der Straßenbahn vorgegeben, wodurch sich die Trassierung innerhalb des B-Plans ergeben hat. Diese Trassierung ist bereits 2014 im Rahmen der vorläufigen Nutzen-Kosten-Untersuchung festgelegt worden. Neben den vorgegebenen Grenzen ergibt sich die Führung zudem aus der erhaltenswürdigen Toranlage im Norden des Karl-Plagge-Platzes und im Süden aus der Lage der denkmalgeschützten Mauern. Im Bereich Ludwigshöhstraße sind die parallel verlaufenden Grundstücksgrenzen als Zwangspunkte für den gesamten Straßenquerschnitt und damit auch die Trassierung der Straßenbahn zu betrachten.

Bei der Trassierung im Höhenplan ergibt sich aus fahrzeugtechnischen Gründen das Erfordernis die Längsneigung auf 48 Promille zu begrenzen. Für die Höhentrasierung ergeben sich zudem Zwangspunkte aus der Höhe des Bestandsgleis Heidelberger Straße und Ludwigshöhstraße und den im Rahmen der inneren Erschließung geplanten Höhen der querende Jupiterstraße, Haltestelle Marienhöhe, Marsstraße, Sonnenstraße und Granitstraße. In der Ludwigshöhstraße sind die Bestandshöhen der parallel verlaufenden Grundstücksgrenzen sowie die Gradientenplanung der Drittplanung „Haltestelle Ludwigshöhstraße“ als Zwangspunkte anzusehen.

3.1.2.2 Trassierung im Lageplan

Im Bereich der Heidelberger Straße erfolgt eine geringfügige Verschiebung der neuen Gleistrasse, um den 3,00 m breiten Bahnsteig zwischen bestehenden Fahrbahnrand und Gleistrasse verorten zu können. Die Gleistrasse liegt dabei im Vergleich zu ihrer alten Lage um ca. 1,70 m versetzt. Der Versatz wird durch eine entsprechende Verziehung als Gleisschere (Überhöhungsrampe mit stetiger Veränderung der Überhöhung bei zwei aufeinanderfolgenden Übergangsbögen) ermöglicht.

Das nördlich der Haltestelle liegende Gleisdreieck ist vom Knotenpunkt entkoppelt. Neben den bereits beschriebenen Gründen erweist sich aus trassierungstechnischer Sicht diese Lage als erforderlich, da eine Verschiebung der Gleistrasse nach Süden

Anbindung Ludwigshöhviertel

zu einer Verkürzung der Geraden im Bereich der Haltestelle führt, wodurch eine Unterbringung der Haltestelle im geraden Gleisabschnitt nicht mehr erreicht werden kann. Im Bereich des Gleisdreiecks werden insgesamt 6 Weichenverbindungen erforderlich. Die Weichen stellen dabei Standardweichen der VDV600 dar. Die Weichen 308, 810 und 807 werden elektrisch, die Weichen 307, 809 und 808 mechanisch angetrieben. Bei den Weichen 308 und 307 handelt es sich um Weichen mit vorgezogener Zungenvorrichtung. Alle Weichen erhalten eine Weichenheizung.

Die Gleistrassierung im restlichen Planungsgebiet orientiert sich größtenteils an den voran beschriebenen lagetechnischen Zwangspunkten. Unter Beachtung dieser Zwangspunkte ergeben sich Bögen mit teilweise geringen Radien. Um in diesen Abschnitten den Querruck aus Instandhaltungs- und fahrdynamischen Gründen zu begrenzen, wird die Querbeschleunigung im Gleisbogen mit einer entsprechenden Überhöhung reduziert, wobei eine Überhöhung lediglich im Bereich des besonderen Bahnkörpers eingesetzt werden kann. Der Überhöhungsbetrag ist dabei so gewählt, dass kein Konflikt der Übergangsbögen mit den vorliegenden Zwangspunkten entsteht, wie beispielsweise südlich der Haltestelle Marienhöhe, wo eine größere Überhöhung einen längeren Übergangsbogen erfordert und die Haltestelle damit nicht mehr in einer Gerade liegen würde. In der vorliegenden Planung ist im Bereich zwischen Haltestelle Cooperstraße und Haltestelle Marienhöhe in insgesamt drei Bögen je eine Überhöhung (30 mm bzw. 35 mm) angesetzt. Im südlichen Anschlussbereich Heidelberger Straße ist Gleisschere mit Überhöhungen von 20 mm in beiden Gleisen vorgesehen.

Neben den Zwangspunkten aus dem im B-Plan vorgegeben Straßenbahnkorridor sind zusätzliche Zwangspunkte aufgrund erhaltenswürdiger Bestandsbauwerke im Rahmen der Trassierung zu beachten. So sind sowohl südlich als auch nördlich des Karl-Plagge-Platzes die Gleise der Straßenbahn durch diverse Zwangspunkte („Torhäuschen“ und „denkmalgeschützte Mauern“) hindurchzuführen. In Kombination mit der Unterbringung der Haltestelle „Ludwigshöhviertel“ ergibt sich im Bereich Karl-Plagge-Platz eine Trassierung mit zahlreichen Bögen/Gegenbögen mit Mindestradien von bis zu 25 m. Besonders kritisch ist hierbei die Engstelle der „denkmalgeschützten Mauern“ einzustufen, da zusätzlich zur Straßenbahntrasse eine Gehwegverbindung (Planung innere Erschließung) zwischen Karl-Plagge-Platz und Sternentallee beidseitig der Bahntrasse durch die Engstelle hergestellt werden muss, was eine Reduzierung des Sicherheitsraumes der Straßenbahn zur Folge hat (siehe Kapitel 3.1.4.2).

In der Weiterführung verläuft die Trassierung nach Norden bis zur geplanten Wendeschleife größtenteils gradlinig. Nach ca. 260 m erfolgt der Anschluss an die Wendeanlage, die im Vergleich zum Bestand zweigleisig ausgebaut wird. Aufgrund der Lage der Wendeanlage wird in geringem Umfang (ca. 100 m²) Grunderwerb erforderlich. Im Bereich der Wendeanlage sind insgesamt 4 Weichen (Weiche 303,304,605,306) eingeplant. Alle Weichen werden mit einer entsprechenden Weichenheizung vorgesehen. Die Weichen 303 und 306 werden elektrisch, die Weichen 304 und 305 werden mechanisch angetrieben. In der Ludwigshöhstraße wird an die Bestandsgleise nördlich der Paul-Wagner-Straße angeschlossen. Der Gleisabstand beträgt im Bestand und in der Anschlussplanung „Haltestelle Ludwigshöhstraße“ 3,00 m.

Anbindung Ludwigshöhviertel

Im Bereich südlich der Haltestelle Marienhöhe ist zusätzlich eine Sichtweitenprüfung durchgeführt worden, um zu untersuchen, inwiefern die parallel verlaufende Böschung ein Sichthindernis darstellt. In der untenstehenden Skizze (Abbildung 11) ist das Ergebnis dieser Untersuchung dargestellt.

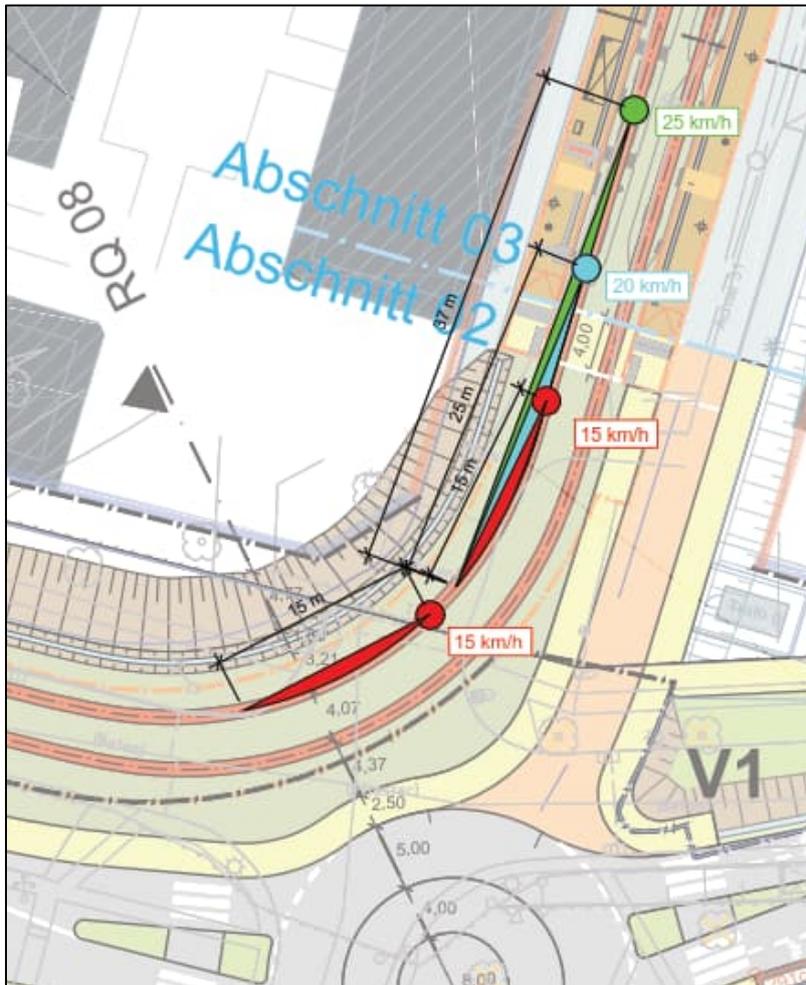


Abbildung 11: Untersuchung des Bremswegs / Sichtweiten stadtauswärts

Die unterschiedlichen Bremswege ergeben sich aus den verschiedenen Fahrge-
schwindigkeiten und den nachfolgend aufgelisteten angenommenen Parametern:

- Bremsverzögerung von 0,8 m/s, aufgrund der Längsneigung wird ein ungünstiger Wert angenommen als Regelfall (1,0-1,5 m/s)
- Reaktionszeit von 1 Sek.

3.1.2.3 Trassierung im Höhenplan

Die Trassierung im Höhenplan ist insbesondere durch den starken Anstieg der Bahn im Bereich Cooperstraße gekennzeichnet. Hintergrund sind zum einen die Anschluss-
höhen der Heidelberger Straße und zum anderen die Höhenlage der Haltestelle Marienhöhe, die höhengleich zur von der inneren Erschließung geplanten Sternentallee liegt. Aus fahrzeugtechnischen Gründen liegt die Längsneigung in diesem Bereich bei

Anbindung Ludwigshöhviertel

maximal 48 Promille. Zudem ist im Steigungsbereich der höhentechische Zwangspunkt der inneren Erschließung (Querung Jupiterstraße) berücksichtigt. Die Höhenplanung des Gleisdreiecks charakterisiert sich dadurch, dass alle Weichengruppen jeweils in einer Ebene liegen, die Weichen 808 und 807 liegen dabei in einer Ebene ohne Steigung. Zudem wird im Bereich des Gleisdreiecks der Mindestwert der Ausrundung ($r_a=625\text{m}$) angesetzt, damit die Ausrundung nicht in den entsprechenden Weichenbereichen liegt. Aufgrund der dargestellten Zwangspunkte ist es zudem erforderlich die Längsneigung von 48 Promille bereits auf einer Länge von ca. 36 m in der Haltestelle Cooperstraße beginnen zu lassen.

Die Gradienten aus der Ludwigshöhstraße ergibt sich aus den Bestandshöhen der parallel verlaufenden Grundstücksgrenzen und nördlich aus der Planungsgradienten der Drittplanung „Haltestelle Ludwigshöhstraße“.

Die Trassierung im Höhenplan ist in Anlage B 5.1, Anlage B 5.2 und Anlage B 5.3 dargestellt.

Anbindung Ludwigshöhviertel

3.1.3 Haltestellen

Unter Berücksichtigung der technischen und betrieblichen Belange sind entlang der Trassierung folgende Haltestellenstandorte festgelegt. Die Verortung der geplanten und bestehenden Haltestellen im Planungsgebiet ist in Abbildung 12 dargestellt.

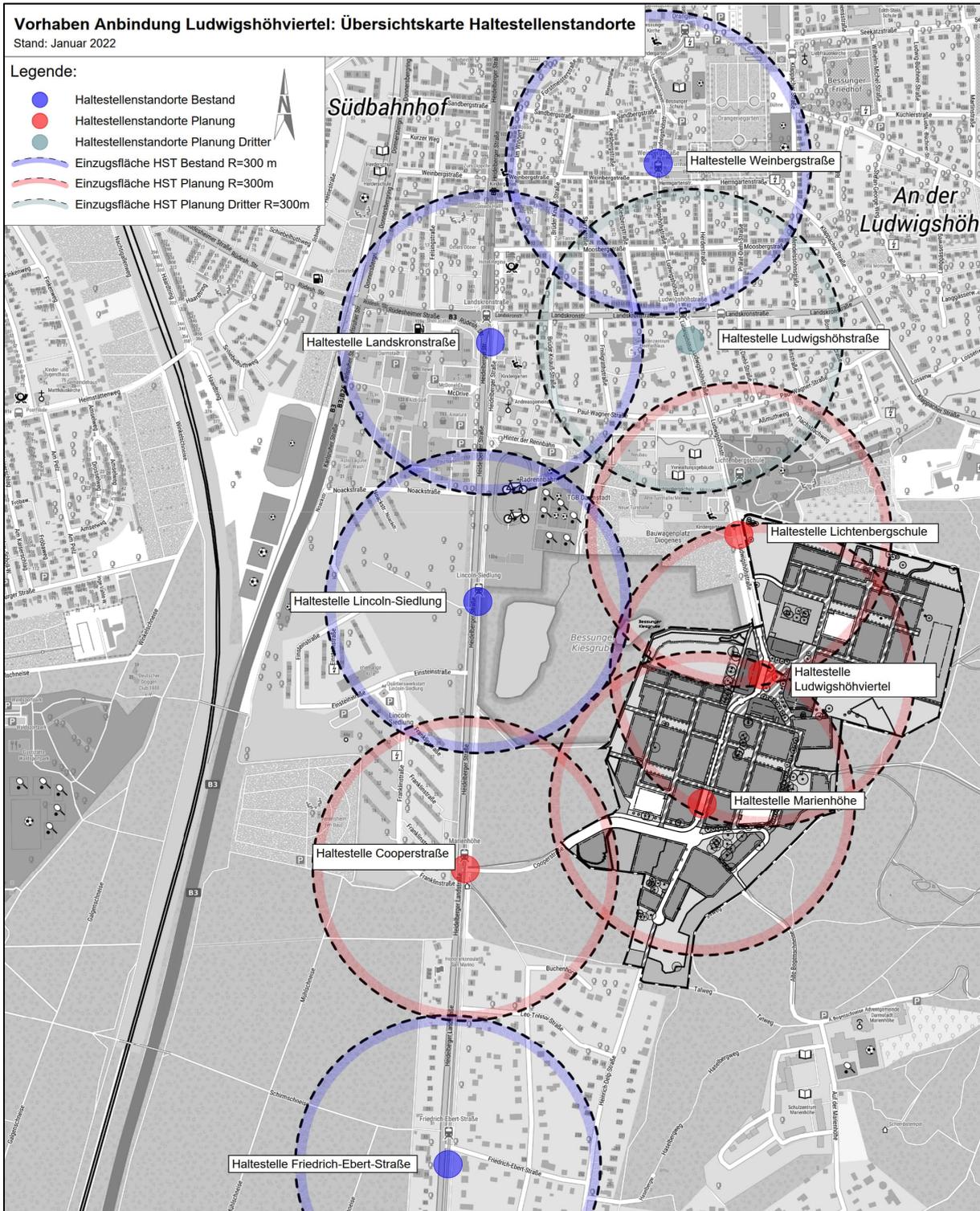


Abbildung 12: Übersicht Haltestellen

Anbindung Ludwigshöhviertel

Insgesamt sind vier Haltestellen im Rahmen der Maßnahme vorgesehen, wobei alle Haltestellen entsprechend der Trassierung der Gleise in geraden Abschnitten verortet sind. Die Bezeichnungen der Haltestellen sind in Tabelle 1 gelistet.

Nr.	Haltestellenbezeichnung	Bahnsteigtyp
1	Cooperstraße Bahnsteig Süd Bahnsteig Ost <i>Erläuterung: Kapitel 3.1.3.1</i>	Außenbahnsteig, Jeweils 2 Bahnsteige östlich und südlich des Knotenpunktes in Heidelberger Straße
2	Marienhöhe <i>Erläuterung: Kapitel 3.1.3.2</i>	Außenbahnsteig, Haltestelle wird zusätzlich vom SEV genutzt (Halt an Außenkante)
3	Ludwigshöhviertel <i>Erläuterung: Kapitel 3.1.3.3</i>	Außenbahnsteig, Haltestelle wird zusätzlich vom SEV genutzt
4	Lichtenbergschule <i>Erläuterung: Kapitel 3.1.3.4</i>	Außenbahnsteig, Haltestelle wird zusätzlich vom SEV genutzt

Tabelle 1: Haltestellenbezeichnungen und Bahnsteigtyp

Die Haltestellen werden gemäß dem Ausstattungsstandard der HEAG mobilo mit FGU mit Sitzmöglichkeiten, Fahrkartenautomaten, dynamischen Informationsanzeigern (DFI), Abfalleimern, Beleuchtungsanlagen, Vitrinen in FGU und Kameras ausgestattet. Die in der BO-Strab vorgesehene Mindestdurchgangsbreite von 1,50 m wird eingehalten.

3.1.3.1 Haltestelle Cooperstraße

Die Haltestelle Cooperstraße besteht aus insgesamt vier Bahnsteigen, sowohl in Nord-Süd-Ausrichtung als auch in Ost-West-Ausrichtung mit jeweils zwei Seitenbahnsteigen in Parallellage.

Bahnsteig Süd

Die Bahnsteighöhe beträgt 20 cm über Schienenoberkante (SO) auf einer Länge von 45 m zuzüglich Zugangsrampen. Die Längsneigung beträgt ca. 0,7 %. Die Bahnsteigkanten sowie die Rampen werden mit einem Rampenkantenstein geplant. Das Regelabstandsmaß von der Gleisachse zur Bahnsteigkante beträgt 1,25 m. Dieses Maß erhöht sich im Bereich Bahnsteiganfang/-ende um ca. 1 cm infolge der Trassierungszwangspunkte. Einschränkungen an die Barrierefreiheit resultieren daraus nicht. Die Oberfläche der Bahnsteige wird mit Betonsteinpflaster und einem Blindenleitsystem (taktiler Streifen) ausgeführt.

Der östliche Bahnsteig des Bahnsteigs Süd weicht von der Regelbreite (3,00 m) mit einer Breite von 2,50 m ab. Hintergrund ist, dass sich im angrenzenden Waldbereich erhaltenswerte Bäume befinden. Durch eine Verschmälerung des Bahnsteigs kann eine nach Abstimmung mit den städtischen Ämtern tolerierbare Gehwegbreite auch an entsprechenden Engstellen gewährleistet werden. Zudem wird bei diesem Bahnsteig von der Regelquerneigung gemäß Standardhaltestellenplan der HEAG mobilo von 2,5 % (gepl. Querneigung 1,5 %) abgewichen, um einen möglichst geringen Eingriff des Geh- und Radwegs in den Untergrund zu ermöglichen. Die Entwässerung des Bahnsteigs erfolgt über eine parallel verlaufende Rinne. Die Niederschlagsmengen werden der nördlich liegenden Boxrigole zugewiesen.

Anbindung Ludwigshöhviertel

Der westliche Bahnsteig des Bahnsteig Süd mit Querneigung von 2,5 % weist eine Breite von 3,00 m auf. Die parallel zur Hinterkante des Bahnsteigs verlaufende Fahrbahn der Heidelberger Straße wird durch einen Schrammbord mit einer Breite von 50 cm und einem Spritzschutz abgetrennt.

Bahnsteig Ost

Die Bahnsteighöhe beträgt 20 cm über SO auf einer Länge von 45 m zuzüglich Zugangsrampen. Die Bahnsteigkanten sowie die Rampen werden mit einem Rampenkantenstein geplant. Das Regelabstandsmaß von der Gleisachse zur Bahnsteigkante beträgt 1,25 m. Dieses Maß erhöht sich im Bereich Bahnsteiganfang/-ende um ca. 2 cm infolge der Trassierungszwangspunkte. Die Bahnsteige sind mit einer Breite von 3,0 m geplant. Die Oberfläche der Bahnsteige wird mit Betonsteinpflaster und einem Blindenleitsystem (taktiler Streifen) ausgeführt.

Hinsichtlich der Längsneigung stellen die beiden Bahnsteige eine Besonderheit für die Barrierefreiheit dar. Die Bahnsteige liegen im Ausrundungsbereich der Gradienten, woraus eine Längsneigung von 4,8 % resultiert.

3.1.3.2 Haltestelle Marienhöhe

Die Bahnsteighöhe beträgt 20 cm über SO auf einer Länge von 45 m zuzüglich Zugangsrampen. Die Längsneigung beträgt 0,8 %. Die Querneigung beträgt auf der Westseite 2,5 %. Auf der Ostseite beträgt sie jedoch nur 1,5 %, so dass die Promenade durch einen ausreichend hohen Anschlag des Hochbords von SEV-Bussen angefahren werden kann. Die Bahnsteigkanten sowie die Rampen werden mit einem Rampenkantenstein geplant. Das Regelabstandsmaß von der Gleisachse zur Bahnsteigkante beträgt 1,25 m. Dieses Maß erhöht sich im Bereich Bahnsteiganfang/-ende um ca. 2 cm infolge der Trassierungszwangspunkte. Die Oberfläche der Bahnsteige wird mit Betonsteinpflaster und einem Blindenleitsystem (taktiler Streifen) ausgeführt.

3.1.3.3 Haltestelle Ludwigshöhviertel

Die Bahnsteighöhe beträgt 20 cm über SO auf einer Länge von 45 m zuzüglich Zugangsrampen. Die Längsneigung beträgt ca. 1,3 %. Die Bahnsteigkanten werden aufgrund der Anfahrt von SEV mit Kasseler-Sonderbord geplant. Das Regelabstandsmaß von der Gleisachse zur Bahnsteigkante beträgt 1,25 m. Dieses Maß erhöht sich im Bereich Bahnsteiganfang/-ende um ca. 4 cm infolge der Trassierungszwangspunkte. Die Oberfläche der Bahnsteige wird mit Betonsteinpflaster und einem Blindenleitsystem (taktiler Streifen) ausgeführt.

Bei der Verortung der Fahrleistungsmasten und der Haltestellenausstattung ist bewusst darauf geachtet worden, den Sicht- und Eingangsbereich des Gebäudes MU4 freizuhalten. Die Bahnsteige sind mit einer Breite von 3,0 m geplant.

Die Gestaltung der Haltestelle und die Ausstattungselemente inkl. Blindenleitführung sind in einem gesonderten Abstimmungsverfahren zusammen mit der HEAG erfolgt.

Aufgrund der herausragenden Stellung des Karl-Plagge Platz im neuen Quartier und den dort angeordneten denkmalgeschützten Bauten wurde seitens des Stadtplanungsamtes und des Amtes für Denkmalschutz- und Denkmalpflege die Anordnung eines Fahrgastunterstandes mit besonderen gestalterischen Komponenten gewünscht. Ein vergleichbarer Ort zum künftigen Karl-Plagge Platz ist aus gestalterischer

Sicht das Schloss und der Marktplatz in der Innenstadt anzusehen. Die Fahrgastunterstände dort fügen sich sehr gut in das Gesamtbild des Marktplatzes, des Schlosses selbst und der Haltestelle Schloss ein. Aus diesem Grund sollen die dort verbauten Fahrgastunterstände auch in baugleicher Form an der Haltestelle Ludwigshöhviertel vorgesehen werden. Die Unterstände an der vergleichbaren Haltestelle bestehen aus einer Stahlkonstruktion mit eingespannten Rundstützen und einseitig auskragenden Dach. Die Dacheindeckung besteht aus Sicherheitsglas mit Gefälle nach hinten. In dem Unterstand wird eine Infovitrine für Fahrpläne und sonstige betriebliche Informationen angeordnet.

3.1.3.4 Haltestelle Lichtenbergschule

Die Bahnsteighöhe beträgt 20 cm über SO auf einer Länge von 45 m zuzüglich Zugangsrampen. Die Längsneigung beträgt ca. 3,6 %. Die Bahnsteigkanten werden aufgrund der Straßenbündigkeit und Anfahrt von SEV mit Kasseler-Sonderbord geplant. Das Abstandsmaß von der Gleisachse zur Bahnsteigkante beträgt 1,25 m. Die Bahnsteige sind mit einer Breite von 4,0 m geplant. Die Oberfläche der Bahnsteige wird mit Betonsteinpflaster und einem Blindenleitsystem (taktiler Streifen) ausgeführt. Die Ausleuchtung der Bahnsteige erfolgt über die städtische Beleuchtung.

3.1.3.5 Ersatzhaltestellen

Zusätzlich sind bei Betriebsstörungen SEV-Haltestellen vorgesehen. So sind im Bereich des Gleisdreiecks insgesamt drei SEV-Haltestellen in die Planung integriert. Die südliche SEV-Haltestelle entlang der Cooperstraße liegt dabei im Bereich des Radwegs und wird über entsprechende Rampen angedient, wohingegen die nördliche SEV-Haltestelle zwischen Radweg und Fahrbahn liegt. Eine zusätzliche SEV-Haltestelle ist stadtauswärts an der Heidelberger Straße vorgesehen (nicht Gegenstand des Vorhabens Anbindung Ludwigshöhviertel).

Zudem sind im Bereich der Wendeanlage drei SEV-Haltestellen vorgesehen. Diese sind aufgrund ihrer Lage im Bogen als teilbarrierefrei zu erachten. Taktile Elemente zur Blindenleitführung sind vorgesehen.

3.1.3.6 Barrierefreier Einstieg an Haltestellen

Die DIN 18040-3 sieht vor, dass Höhenunterschiede und Abstände zwischen der Bahneinstiegskante und der Bahnsteigkante grundsätzlich nicht mehr als 5 cm betragen sollen. Hiermit soll der Ein- und Ausstieg ohne besondere Erschwernis und grundsätzlich ohne fremde Hilfe ermöglicht werden. Wie auch in der BOStrab festgehalten, ist unter Berücksichtigung der Belastungs- und Verschleißparameter der Höhenunterschied zwischen Bahnsteig und Fahrzeugfußboden zu minimieren. Zur Verbesserung der Ein- und Ausstiegssituation an vorhandenen mit einer 20 cm Bahnsteigkante ausgebauten Haltestellen führt die HEAG mobilo in sehr enger Abstimmung mit den Behindertenbeauftragten der Wissenschaftsstadt Darmstadt (CBF – Club Behinderter und Ihrer Freunde e.V.) und des Landkreises Darmstadt Dieburg seit einigen Jahren Untersuchungen durch. Ziel der HEAG mobilo ist es, die Barrierefreiheit auch im Sinne der betrieblichen Abwicklung wesentlich zu verbessern. Zukünftige Fahrzeuge (ST15) werden einen 2 cm niedrigeren Fahrzeugboden haben und sollen mit einer Gummikante am Einstieg ausgestattet werden, welche das vertikale Spaltmaß nochmals reduziert und den Einstieg erleichtert. Der 5x5-Würfel

Anbindung Ludwigshöhviertel

soll mit diesen Fahrzeugen an den bestehenden und geplanten 20 cm hohen Bahnsteigen eingehalten werden können. Aus diesem Grund ergab sich der Bedarf für die im Bestand vorhandenen Niederflurfahrzeuge ST 13, ST 14 und Beiwagen SB 09 eine Lösung zu finden, die bis Ende ihrer Nutzungsdauer die Barrierefreiheit verbessert.

Im Extremfall kann der Fahrzeugboden der aktuellen Fahrzeuge ST13, ST14 und dem Beiwagen SB09 durch Kombination der Verschleißparameter und Beladung bis zu 9 cm niedriger liegen als bei einer unbeladenen Bahn mit neuen Radreifen auf neuem Gleis. Zur Gewährleistung, dass der Fahrzeugboden in keinem Betriebszustand unter Bahnsteigkante liegt, ergab sich im Bestand und auch in der aktuellen Planung die vorgesehene Bahnsteighöhe von 20 cm bei einer Fahrzeugbodenhöhe (unbeladen, ohne Verschleiß) von 30 cm.

Nach sorgfältiger Prüfung und Abwägung und in enger Abstimmung mit den Behindertenbeauftragten wurde ein Konzept für die Übergangszeit entwickelt, bis die ST13, ST14 und SB09 das Ende ihrer Nutzungsdauer erreicht haben (ca. 2038). In Anlehnung an die seit 2019 gültige neue BOStrab kann zur Verringerung des vertikalen Spaltmaßes bei den Bestandsfahrzeugen zugelassen werden, dass der Fahrzeugboden in einigen Betriebszuständen unterhalb der Bahnsteigkante liegt. Dies impliziert eine Erhöhung des Bahnsteigs, womit allerdings auch die ST15 oft unterhalb der Bahnsteigkante liegen werden. Daher, und um die Bestandshaltestellen zügig nachrüsten zu können, soll ein langlebiges Provisorium in Form glasfaserverstärkter Kunststofframpen auf den Bahnsteigen angeschraubt werden. In Versuchen mit Nutzenden wurde eine Höhe von 5 bis 7 cm als sinnvoll identifiziert (inklusive Unterfütterung der Rampe mit Bauschutzmatte gegen Kippen). Die Rampe soll den taktilen Leitstreifen frei lassen.

Durch eine Erhöhung des Bahnsteigs bzw. eine Aufstockung bündig mit der Bahnsteigkante entsteht jedoch ein technisches Problem. Die Gummiabdichtungen der Schwenkschiebetüren der vorhandenen Niederflurfahrzeuge, welche u.a. Sensoren zur Prüfung der Schließfähigkeit besitzen, setzen auf der Bahnsteigkante bzw. Aufstockung auf. Dieses führt zu Betriebsstörungen und Beschädigungen an den Fahrzeugen.

Um dieses Problem an Bestandsfahrzeugen zu lösen, wurde gemeinsam mit den Behindertenbeauftragten beschlossen, dass zugunsten der Verringerung des vertikalen Spaltmaßes das horizontale Spaltmaß vergrößert werden darf (Abbildung 13). Somit werden die Bahnsteigaufstockungen 2 cm von der Bahnsteigkante abgerückt. Statt dem 5x5-Würfel wird somit im Übergangszeitraum bis ca. 2038 in der Regel ein 5x7-Rechteck eingehalten. Damit befinden sich die Einstiege im Toleranzbereich gemäß VDV 7011 (Abbildung 14). Diese Abrückung ist ein weiteres Argument, die Bahnsteige zunächst nur provisorisch zu erhöhen, bis die aktuellen Bestandsfahrzeuge ihr Nutzungsende erreicht haben.

Anbindung Ludwigshöhviertel

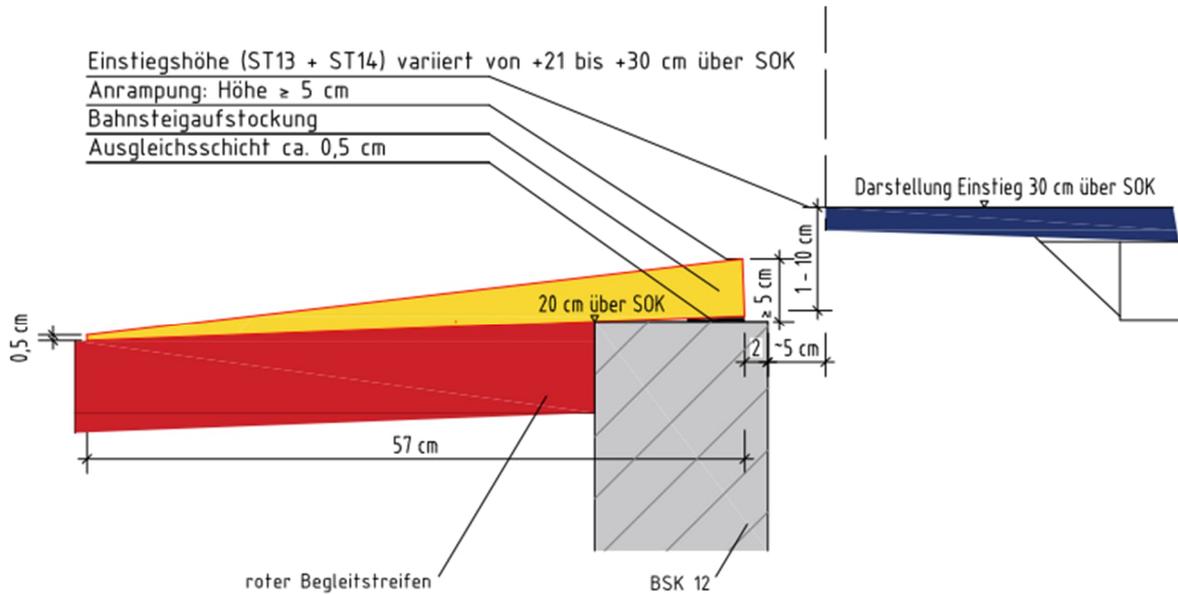


Abbildung 13: Idealisierte Detaildarstellung Bahnsteigaufstockung und Abstandsverhältnisse an der Bahnsteigkante und am Fahrzeugboden (ST13/ST14/SB09)

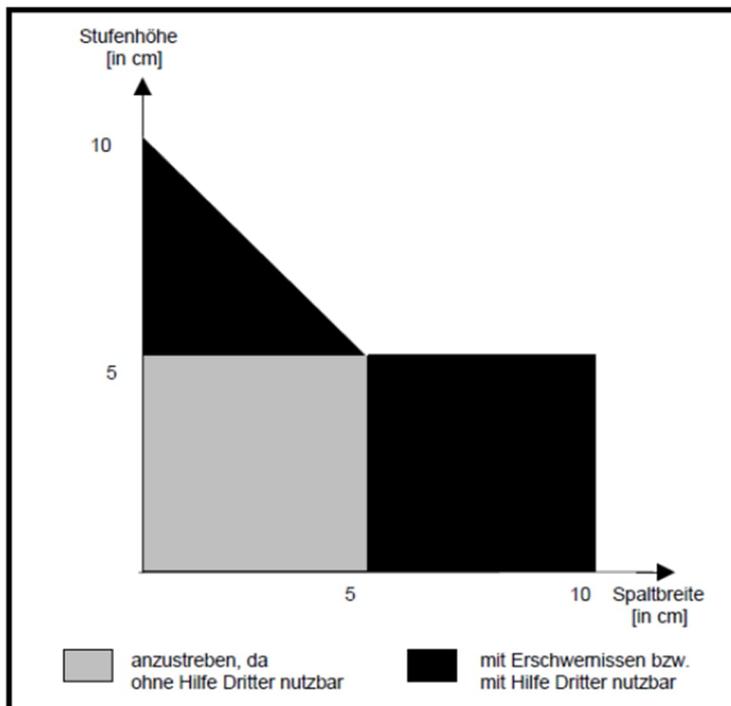


Abbildung 14: Auszug VDV 7011 Toleranzbereiche Abstände/Spaltmaße

Die Entwicklung des Konzepts mit rampenförmigen Bahnsteigaufstockungen erfordert die Berücksichtigung zahlreicher Faktoren, vor allem was die Nutzenden betrifft. Zu beachten sind unter anderem eine Vielzahl unterschiedlicher Rollstuhlarten, individuelle Faktoren der Nutzenden (Körperkraft, psychische Verfassung), externe Einflüsse wie Wetter, Zeitdruck, weitere Fahrgäste etc. sowie Interessenskonflikte mit den Bedürfnissen sehbehinderter Personen an die taktile Führung. Daher ist die Entwicklung des Konzepts sowie auch seine Validierung ein sehr zeitaufwendiger

Anbindung Ludwigshöhviertel

Prozess, der zum Zeitpunkt der Antragsstellung noch nicht abgeschlossen ist. Derzeit befindet sich die Bahnsteigaufstockung aus glasfaserverstärktem Kunststoff in einem Langzeittest an mehreren Haltestellen von September 2022 bis einschließlich Februar 2023. In dieser Zeit wird das Feedback mobilitäts- und sehbehinderter bzw. -eingeschränkter Personen gesammelt.

Die Konzeptentwicklung bzw. -validierung wird während der Planfeststellung weitergeführt. Die HEAG mobilo wird für alle neuen Haltestellen bei der Maßnahme „Anbindung Ludwigshöhviertel“ an mindestens einem Einstieg je Bahnsteig eine provisorische Erhöhung/Rampe vorsehen. Diese werden der mit der technischen Aufsichtsbehörde und den Behindertenbeauftragten abgestimmten Vorzugslösung zu diesem Zeitpunkt entsprechen und gegebenenfalls bei Weiterentwicklung des Konzepts weiter angepasst werden.

Ziel ist es, die Erkenntnisse aus den laufenden Tests in die Ausführungsplanung und somit in die vor Bauausführung zu beantragenden Zustimmungsanträge nach §60 BOStrab einfließen zu lassen. Falls zu einem späteren Zeitpunkt neue Erkenntnisse und Randbedingungen vorhanden sein sollten, werden die Lösungen angepasst.

3.1.4 Querschnittsgestaltung

Die Querschnittsaufteilung des Bahnkörpers ergibt sich im Wesentlichen aus dem Gleisabstand, den einzuhaltenden Sicherheitsräumen parallel zum Bahnkörper und im Einschnittsbereich aus entsprechenden Böschungsbereichen. Für nähere Ausführungen zur Querschnittsgestaltung wird auf die Regelquerschnitte in Anlage B 6 verwiesen.

3.1.4.1 Gleisabstand

Im Anschlussbereich der nördlichen Ludwigshöhstraße liegt ein Gleisabstand von 3,00 m vor. Durch die veränderte Querschnittsaufteilung in der Ludwigshöhstraße wird im Zuge der Planung „Anbindung Ludwigshöhviertel“ der Gleisabstand unmittelbar nach der Paul-Wagner-Straße auf 3,50 m verschwenkt. Der Gleisabstand von 3,50 m wird mit Ausnahme des südlichen Ausfahrtsbereich des Karl-Plagge-Platzes bis kurz nach der Haltestelle Marienhöhe fortgeführt, um die Fahrleitungsmasten in Mittellage verorten zu können. Im weiteren Verlauf der Cooperstraße ist ein Gleisabstand von 3,00 m vorgesehen. Im Bereich der Haltestelle Cooperstraße und im Gleisdreieck ist wieder ein 3,50 m breiter Gleisabstand vorgesehen. In den Anschlussbereichen Heidelberger Straße wird anschließend wieder auf ein Gleisabstand von 3,00 m zurück verschwenkt.

3.1.4.2 Sicherheitsräume

Hinsichtlich der parallel verlaufenden Sicherheitsräume sind die auf der BOStrab basierenden Vorgaben der HEAG mobilo (Dienstanweisung zur Unfallverhütung bei Arbeiten im Bereich von Gleisen) umgesetzt, eine Unterschreitung des Sicherheitsraums auf kurzer Länge (kleiner als 6 m) ist demnach als eingeschränkter Sicherheitsraum auszuweisen. Das Lichtraumprofil weist eine Breite von 2,40 m auf, der Sicherheitsraum beträgt grundsätzlich 70 cm. Die einzuhaltenden Abstände von der Gleisachse aus ergeben sich demnach wie folgt: $120 \text{ cm} + 15 \text{ cm} + 70 \text{ cm} = 205 \text{ cm}$ bzw. in Bereichen von Einbauten 180 cm.

Im Planungsgebiet wird dieser Sicherheitsraum im Bereich Karl-Plagge-Platz in der Engstelle Denkmalgeschützte Mauer auf einer Länge von ca. 8 m zwischen Fahrlei-

tungsmasten M83 und M85 unterschritten. Dies ist durch die Wichtigkeit der Wegeverbindung zwischen Karl-Plagge-Platz und Sternenallee begründet. Gemäß vorliegender Planung beträgt die Gehwegbreite 2,45 m und stellt dabei bereits eine Abweichung von der Regelbreite nach EFA 2,5 m betragen. Eine weitere Reduzierung der Gehwegbreite auf 2,25 ist im Hinblick auf die zu erwartenden Fußverkehr-Ströme innerhalb des Quartiers und zur Straßenbahnhaltestelle in diesem Bereich und den nicht vorhandenen Ausweichmöglichkeiten.

Im restlichen Planungsgebiet ist mittels durchgeführter Hüllkurvenprüfung eine Konfliktfreiheit des oben beschriebenen Sicherheitsraums nachgewiesen.

3.1.4.3 Böschungsneigungen

In Einschnittsbereichen ist eine Böschungsneigung von 1:1,8 gewählt, für nähere Ausführungen zur Böschungsentwässerung siehe auch Kapitel 3.3.1.

3.1.4.4 Oberbau

Im Hinblick auf die Oberbaugestaltung sind im Rahmen der Entwurfsplanung mit HEAG mobilo folgende Festlegungen getroffen worden:

Ludwigshöhstraße und Karl-Plagge-Platz

Schienenform: Rillenschiene

Eindeckung: Asphalt (Ludwigshöhstraße), Pflaster (Karl-Plagge-Platz)

Konstruktion: Feste Fahrbahn (Ludwigshöhstraße), Feste Fahrbahn mit Masse-Feder-System (Karl-Plagge-Platz)

Sternenallee und Cooperstraße

Schienenform: Vignolschiene, in Überwegen u. Haltestellenbereichen Vignolschiene mit Beischiene, in Bogenradien unter 50 m Vignolschiene mit Leitschiene

Eindeckung: hochliegende Vegetationsebene, Asphalt in Überwegen u. Haltestellenbereichen

Konstruktion: Feste Fahrbahn, abschnittsweise mit Masse-Feder-System

Gleisdreieck und Haltestelle Cooperstraße

Schienenform: Rillenschiene

Eindeckung: Asphalt

Konstruktion: Feste Fahrbahn

Anschlussbereiche Heidelberger Straße:

Schienenform: Vignolschiene

Eindeckung: offener Oberbau (Anschluss Nord), hochliegende Vegetationsebene (Anschluss Süd)

Oberbauform: offener Oberbau bzw. feste Fahrbahn

In den in den Lageplänen dargestellten Abschnitten ist gemäß erschütterungstechnischem Untersuchungsergebnis eine schwingungsmindernde Oberbauform vorzusehen.

3.1.5 Gestaltungsformen von Querungsstellen

Entlang der Straßenbahntrasse sind zahlreiche Querungsstellen der Bahn erforderlich. Diese ergeben sich aus der Planung der inneren Erschließung und aus den Vorgaben hinsichtlich der Querungsmöglichkeit vor und nach Haltestellen.

Die Querungsstellen erfolgen planungsübergreifend als geradlinige Führung. Hierbei liegen Aufstellfläche und Querungsstelle in einer Flucht. Bei der Gestaltung der Aufstellflächen sind die Vorgaben der VDV 738 „Leitfaden für Bahnübergänge nach § 20 BOStrab“ sowie der EAÖ und RASSt erfüllt, somit entsprechen die Planungen dem Leitfaden. Diese Vorgaben schreiben eine Länge der Mindestaufstellfläche von 2,50 m und eine Furtbreite von 4,00 m vor. Weiterhin werden die Querungsstellen mit taktilen Leitelementen ausgestattet und durch Bodenmarkierungen VZ 151 im Gleis ergänzt. Auf Querungsstellen für reinen Fuß- und Radverkehr wird in Anlehnung an die STVO §19 (1) auf das Stellen des Andreaskreuzes verzichtet. Alle Bahnübergänge werden zum Teil aus Gründen der Barrierefreiheit (Gewährleistung der Erkennbarkeit des Bahnübergangs (BÜ) für Sehbehinderte) technisch gesichert, obwohl in Teilbereichen die Querungsstellen und im Bereich der Haltestellen die ausreichende Sichtweite vorhanden wäre.

3.1.6 Technische Ausrüstung

Im nachfolgenden werden die grundsätzlichen Entwurfsmerkmale der technischen Ausrüstung vorgestellt.

3.1.6.1 Bahnstromversorgung

Die Bahnenergieversorgung beinhaltet die Gleichrichterunterwerke (GUW) mit Anschluss an das örtliche Mittelspannungsnetz und versorgt die Oberleitungsanlagen mit der erforderlichen elektrischen Energie.

Grundlagen:

Grundlage für die Planung und Errichtung der Bahnstromversorgung sind die aktuell gültigen DIN- und EN-Normen mit den zugehörigen Unterkapiteln, sowie die entsprechenden VDE-Bestimmungen.

Im Zuge der Planung wurden folgende Daten in Bezug auf den Fahrzeugtyp verwendet:

- Leistung: 360 kW bzw. 720 kW beim Doppeltraktionszug
- Max. Geschwindigkeit: 70 km/h
- Fahrdrahtspannung 750 V DC

Bei der Auslegung der GUW wurde eine Reserve von mindestens 30% berücksichtigt, so dass eine potenzielle zukünftige Erweiterung des Fahrplanes, das Betriebsprogramm nicht beeinträchtigt.

Planungsmerkmale/Allgemeines:

Die Bereitstellung der erforderlichen Energie für den Straßenbahnbetrieb erfolgt durch das GUW. Die Standorte der GUW befinden sich zum einen an der aktuellen Wendeschleife, hier wird das vorhandene GUW weiter genutzt, und ein weiteres an der Haltestelle Cooperstraße Ost. Dieses wird neu gebaut. Die Energieversorgung erfolgt aus dem 20 kV Mittelspannungsnetz der Entega.

Die Gleichstromsammelschiene wird mit der Fahrleitung statt mit den Schienen verbunden. Das heißt, der Strom fließt über die Schienen hin, speist die Verbraucher ein (Fahrzeuge) und fließt wieder zurück zum Unterwerk über die Fahrleitung.

Für den Fall, dass ein GUV ausfällt, übernimmt ein benachbartes GUV die Versorgungssicherheit des Netzes, um die Betriebsführung weiterhin zu gewährleisten. Dies vermindert Störungen im späteren Betriebsablauf z.B. bei Wartungsarbeiten oder sonstigen Ausfällen der Anlage. Bei einem Ausfall eines der GUV erfolgt die Versorgung entweder einseitig bis zum ausgefallenen Unterwerk oder zweiseitig über das längsgekuppelte Unterwerk. Hierbei erfolgt die entsprechende Schalthandlung des vorhandenen Längskupplungsschalters des ausgefallenen GUV.

GUV Ludwigshöhstraße 120a

Im Bestand ist das GUV Ludwigshöhstraße 120a vorhanden. Das GUV ist als Betonfertigteilgebäude Typ UF 3648 errichtet.

Das GUV Ludwigshöhstraße 120a wird weiter in Betrieb bleiben. Es speist die Fahrleitung über zwei neue Einspeisungspunkte ein. Der vorhandene Freiluft-Einspeisungsschrank mit dem Lasttrennschalter der momentan den Speisepunkt Bessunger Straße einspeist, wird weiterverwendet. Für die neue Einspeisung Ludwigshöhviertel ist ein neuer Freiluft-Einspeiseschrank mit Lasttrennschalter vorgesehen.



Abbildung 15: Bestehendes GUV Ludwigshöhstraße 120a

Anbindung Ludwigshöhviertel

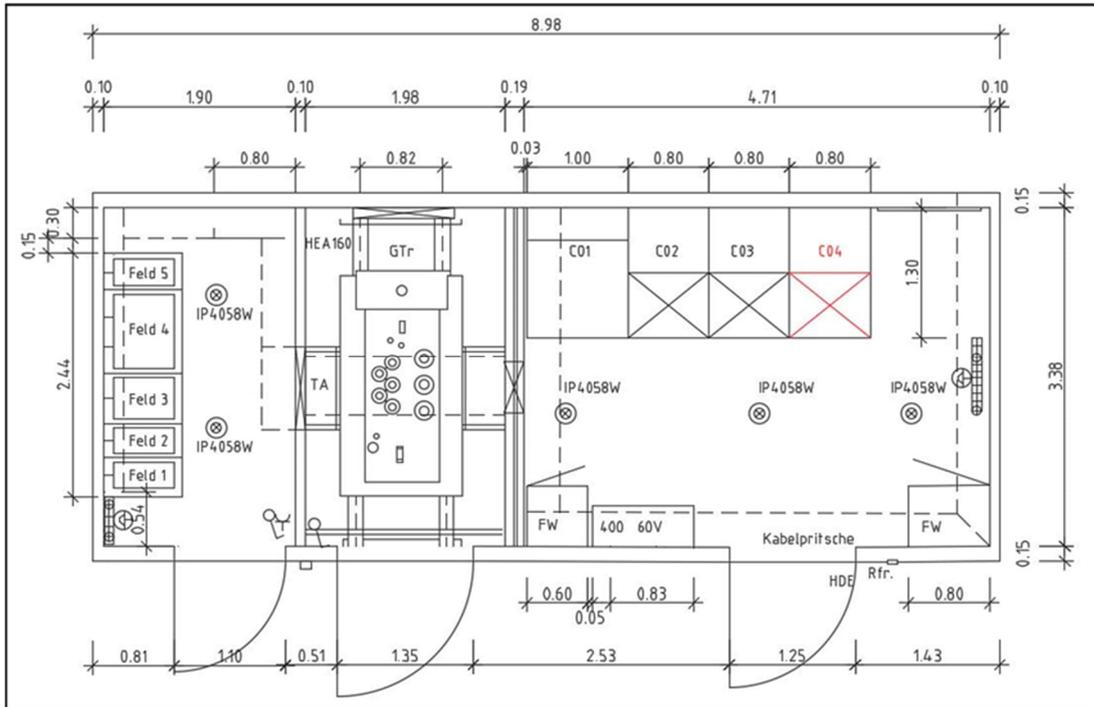


Abbildung 16: Grundriss G UW Ludwigshöhstraße 120a

G UW Heidelberger Straße 230

Das bestehende G UW Heidelberger Straße 230 wird zurückgebaut und durch ein neues Unterwerk ersetzt. Das neue G UW ist als Betonfertigteilegebäude im Bereich vom Gleisdreieck zu errichten.

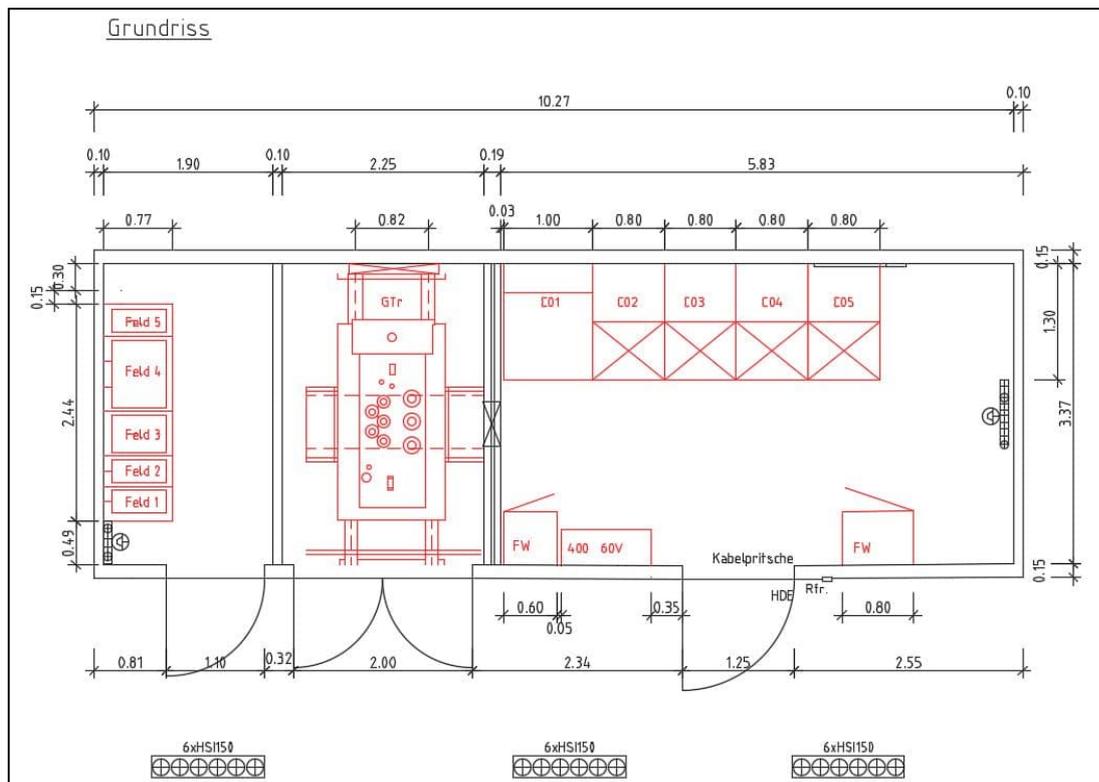


Abbildung 17: Grundriss G UW Heidelberger Straße 230

Mittelspannungsschaltanlage

In der Station kommt eine gasisolierte Normschaltanlage mit einer Nennspannung von 20 kV zum Einsatz. Die Anlage besteht aus 5 Feldern – zwei Ringeinspeisungen, dem Übergabefeld, einem Messfeld und einem Transformatorabgangsfeld für den Gleichrichtertransformator. Die MS-Einspeisung des G UW erfolgt über das MS-Netz der Fa. Entega.

Gleichrichtertransformator

Der Bahnstromtransformator für das G UW ist als hermetischer Öltransformator für Innenraumaufstellung vorgesehen. Er ist geeignet für den Anschluss eines 6-Puls-Gleichrichter.

Die technischen Daten des Gleichrichtertransformators lauten wie folgt:

- Oberspannung 21 kV
- Unterspannung 0,53/0,61 kV AC
- Nennleistung $S_n = 2.500$ kVA
- Belastungsklasse VI nach DIN EN 50329
- Kurzschlussspannung 6 %.

Gleichrichter und Gleichstromschaltanlage

Als Bahnstromgleichrichter kommt ein 6-Plus-Gleichrichter mit Siliziumdioden zum Einsatz.

Für die Versorgung der Station mit allen erforderlichen Steuerspannungen ist eine zentrale, batteriegestützte und unterbrechungsfreie Stromversorgung vorgesehen.

Niederspannungsschaltanlage

Die Versorgung der Niederspannungsanlagen des G UW erfolgt über einen Abgang der „Zählerverteilung Verbraucher HEAG mobilo“. Für die Versorgung der Station mit allen erforderlichen Steuerspannungen, ist noch eine zentrale Batterieanlage vorgesehen.

Schutzmaßnahmen

Aus Streustromgründen ist die Rückleitersammelschiene nicht direkt mit der Potentialausgleichsschiene der Bauwerkserde (BWE) zu verbinden. Bei Betriebsmitteln innerhalb des Oberleitungsbereichs muss der Potenzialausgleichsleiter (PE-Leiter) den entsprechenden Bahnfehlerstrom führen können. Für den Fall eines Erdschlusses der Fahrleitungsanlage muss zwischen HPAS und Rückleitersammelschiene eine Spannungsbegrenzungseinrichtung (Voltage limiting device, VLD) installiert werden.

Eine VLD ist ein Betriebsmittel, das gegen unzulässige Berührungsspannungen im Fehler- und Betriebsfall schützt. Die Einrichtung besitzt einen hohen Innenwiderstand, wenn die anliegende Spannung niedrig ist und wird leitfähig, sobald der spezifizierte Wert überschritten wird. Wenn die Spannung absinkt, kann sie wieder hochohmig werden.

Streuströme

Gleichstrombahnen können Streuströme verursachen, wenn die Isolation der Fahr-schienen gegen Erde nicht ausreichend ist. Die Bahnstromversorgungsanlage ent-spricht den Anforderungen und Maßnahmen der vorliegenden Europäischen Normen (DIN EN 50122-2), es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Anlage hin-sichtlich Streustromgefährdung ausreichend geschützt ist. Die im Betrieb tatsächlich auftretenden Streuströme sind nach der Inbetriebnahme der Anlage zu messen und zu überprüfen. Folgende Maßnahmen werden gem. VDV 507 ergriffen:

- Streustromwiderstand möglichst hoch (ideal unendlich) durch Isolierung von Schie-nen (Ummantelte Schiene mit isolierenden Befestigungen), Bewehrung der Bauwerke und Rückleitersammelschienen isoliert gegen Erde
- sauberer Schotter
- Rückleitungswiderstand möglichst gering (durchgängig leitende Schienen + eventuell zusätzliche Rückleiter)

Blitzschutzeinrichtung

Zum Schutz der Gleichspannungsanlage gegen Blitzeinschläge sowie Schalt-Über-spannungen sind gemäß VDV 525 an den Einspeisestellen der Fahrleitungen Über-spannungsableiter Typ A1 einzusetzen. Dadurch werden unzulässige Berührungs-spannungen vermieden und alle Anforderungen an den Überspannungsschutz von Geräten eingehalten.

Da die Fahrleitung und die Stützpunkte der Fahrleitungsmasten isoliert ausgeführt werden, hat die Ableitung der Überspannung über einen zusätzlichen Tiefenerder zu erfolgen.

Elektromagnetische Verträglichkeit

Elektromagnetische Felder im Bereich der Straßenbahnen

Nach 26.BImSchV ist kein Nachweis für Fahrleitungen mit einer Nennspannung von 750 Volt erforderlich. Der Grenzwert zur Nachweisführung liegt bei 1000 Volt.

Elektromagnetische Felder im Bereich der G UW

An den G UW in der Wendeschleife und am Gleisdreieck treten magnetische Wechsel-felder mit einer Grundfrequenz von 50 Hz und deren Oberwellen auf.

Hierbei werden die größten magnetischen Flussdichten an den Unterspannungsseiten der Fahrstromtransformatoren und den Gleichrichtern festgestellt. Daher werden die Fahrstromtransformatoren so aufgestellt, dass deren Unterspannungsseiten zur Ge-bäudeinnenseite gerichtet sind und die Kabelabgänge gebündelt zum Gleichrichter ge-führt werden. Messtechnische Untersuchungen in verschiedenen Städten zeigen, dass die dann auftretenden Maximalwerte der magnetischen Flussdichte deutlich klei-ner sind als der in der 26. BImSchV genannte Wert von 100 μ T.

Das elektrische 50-Hz-Feld wird u.a. durch das Unterwerksgebäude selbst abge-schirmt. Begünstigend kommt hinzu, dass es im Radius von 10 m der Unterwerke keine Bereiche zum dauerhaften Aufenthalt von Personen gibt.

3.1.6.2 Fahrleitungsplanung

Energieversorgung von Straßenbahnen über Fahrleitung

Straßenbahnen verfügen über einen elektrischen Antrieb. Die notwendige Energieversorgung der Straßenbahnen wird über Fahrleitungen gewährleistet.

Es wird ein einpoliger Fahrdraht zur Stromversorgung der Straßenbahnen mit Rückleitung über die Fahrschienen errichtet. Technologisch sind Fahrleitungssysteme gut ausgereift und lassen sich an die örtlichen Gegebenheiten optimal anpassen.

Die bestehende Straßenbahntrasse der Linie 3 verläuft in Mittellage innerhalb der Fahrbahnen des Individualverkehrs. Die bestehende Oberleitung ist als Einfachfahrleitung vorhanden und soll zukünftig als Einfachfahrleitung mit Verstärkungsleitung ausgeführt werden.

Die neue Strecke wird im Einmündungsbereich Cooperstraße/Heidelberger Straße zur bestehenden Strecke der Linien 1, 6, 7 und 8 durch ein Gleisdreieck geplant. Die Strecke in der Heidelberger Straße ist im Bestand als Hochkettenfahrleitung ausgeführt. Hier wird die Strecke an die Bestandsstrecke angeschlossen

Die Stromversorgung wird zukünftig von 600 V (DC) auf 750 V (DC) umgestellt.

Grundsätzlich hat die Fahrleitung die Aufgabe, in Abhängigkeit von erforderlichen Leitungsquerschnitten die Stromversorgung der Straßenbahnfahrzeuge sicherzustellen. Im Bereich der Cooperstraße, mit Ausnahme der beiden neuen Gleisbögen, werden die Fahrzeuge über eine Hochkettenfahrleitung bis hinter die Haltestelle Marienhöhe versorgt. Im Bereich der Bögen kommt eine Einfachfahrleitung ohne Verstärkungsleitung zur Ausführung. Im restlichen Verlauf der Strecke bis zur Wendeschleife Lichtenbergschule kommt eine Einfachfahrleitung mit Verstärkungsleitung zur Ausführung.

Soweit möglich sind Mittelmaste mit 1-Gleis-Ausleger, Seitenmaste mit 2-Gleis-Auslegern und Seitenmaste mit Querverspannungen vorgesehen. Wandanker an Bestandsgebäuden und neuen Gebäuden wurden im Rahmen der Entwurfsplanung untersucht. Für die Maßnahme sind keine Wandanker vorgesehen. Wenn möglich sind Fahrleitungsmaste als Kombimaste mit Beleuchtung oder Lichtsignalen zu planen, um die Anzahl der Maste im Straßenraum zu reduzieren.

Bei höhenversetzten Standflächen, die für die Nutzung von neuen Maststandorten genutzt werden, ist nach DIN EN 50122-1 der Schutz vor Berühren elektrisch aktiver Teile zu berücksichtigen. Der Schutz gegen direktes Berühren von spannungsführenden Teilen im Betriebsfall kann durch Abstand erreicht werden. Hierbei sind die in Abbildung 18: Abstandsmaße gemäß DIN EN 50122-1 festgelegten Abstände im öffentlichen und nichtöffentlichen Bereich einzuhalten.

Sind diese Abstände nicht einzuhalten, dann sind Maßnahmen mit Schutz durch Hindernis zu realisieren. Hindernisse sind entsprechend der DIN EN 50122-1, Kapitel 5 auszuführen. Nach jetzigem Kenntnisstand sind keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen durch Hindernisse erforderlich.

Die Planung erfolgt nach aktuellen und einschlägigen Regelwerken, Richtlinien, Normen und Vorschriften zum Zeitpunkt der Planerstellung.

Anbindung Ludwigshöhviertel

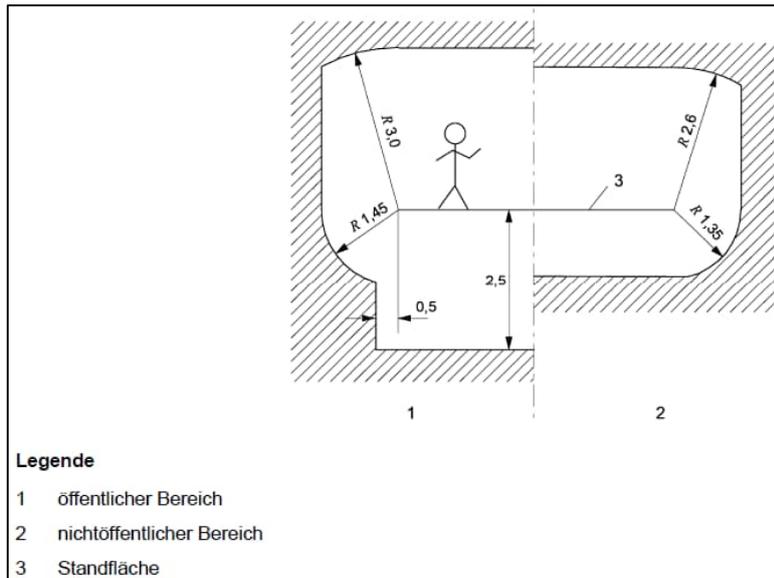


Abbildung 18: Abstandsmaße gemäß DIN EN 50122-1

Fahrleitungssysteme der Strecke

Von der Ludwigshöhstraße, inklusive der Wendeschleife, über den Karl-Plagge-Platz parallel der Sternentallee bis kurz vor die Haltestelle Marienhöhe ist eine Flachkette mit zwei Verstärkungsleitungen geplant. Diese werden im Bereich der Haltestelle Marienhöhe abgefangen. Im Wechselfeld nördlich der Haltestelle Marienhöhe beginnt die Hochkettenfahrleitung und verläuft entlang der Cooperstraße bis zur Haltestelle Cooperstraße. Im Bereich der neuen Bögen kommt eine Einfachfahrleitung zur Ausführung.

Entlang der Heidelberger Straße wird, wie auch im Bestand, eine Hochkettenfahrleitung ausgeführt, welche nördlich und südlich des Gleisdreiecks an den Bestand anschließt.

Beschreibung der technischen Systeme der Fahrleitungstechnik

Die Fahrleitungsanlage wird durch ein neu zu errichtendes GUV im Bereich des Gleisdreiecks zur Cooperstraße mit einer Nennspannung von jetzt 600 V, zukünftig 750 V DC versorgt.

Als Maste sind möglichst schlanke konisch-runde Fahrleitungsmaste und zylindrisch-runde Kombimaste (Fahrleitung und Signale) vorgesehen. Für die Mastauswahl sind die Typenzustimmungen der HEAG mobilo zu verwenden. Bei Kombimasten mit Straßenbeleuchtung sind konisch-Runde Maste mit Öffnung auszuwählen. Kombimaste mit Lichtsignalanlagen werden als zylindrische Maste mit Öffnungen und Möglichkeit zur Befestigung von Peitschenauslegern ausgeführt. Sind größere Maste erforderlich sind hierfür statische Nachweise erforderlich.

Bevorzugt werden Stahlrohrgründungen. Diese sind aufgrund des vorhandenen Untergrundes durch ein Bohrverfahren einzubringen. Die Maste werden in der Rohrgründung eingesandet. Als Abschluss der Rohrgründung wird eine Betonkappe hergestellt. Rohrlänge, Durchmesser und Wandstärke der Rohrgründung werden entsprechend der abzutragenden Belastung bemessen. Im Vergleich zu Ortbetongründungen lässt

Anbindung Ludwigshöhviertel

sich der Eingriff in den Baugrund und die Herstellungskosten (bei hoher Stückzahl) reduzieren.

Aus dem Baugrundgutachten ergibt sich, dass die Mastgründungen nicht in allen Bereichen im Bohr-Drehverfahren hergestellt werden können. Die Rohrgründungen müssen teilweise durch Bohren ins Granodiorit eingebracht werden.

Übliche Rohrlängen liegen zwischen 3,5 m und 7 m mit einem Rohrdurchmesser zwischen 610 mm und 812 mm. Übliche Einsetztiefen der Maste betragen 2 m. Bei Rohrgründungen ist eine nichttragende Schicht von 1,50 m ab Fundamentoberkante zu berücksichtigen.

Im Vorfeld muss an der Gründungsstelle die zweifelsfreie Spartenfreiheit durch "Vorschachten" festgestellt werden. Dazu wird an jeder Gründungsstelle je ein Schacht mit ca. 1,5 m bis 2 m Tiefe hergestellt.

Für die Herstellung der Ausleger, werden glasfaserverstärkte Ausleger vorgeschrieben.

Für alle Oberleitungsanlagen ist jeweils ein Rillenfahrdraht aus gewöhnlicher und hochfester Kupfer-Silber-Legierung mit einem Leitungsquerschnitt von 120 mm² gemäß DIN EN 50149 vorgesehen. Tragseile und Verstärkungsleitungen aus Kupfer sind jeweils mit einem Leitungsquerschnitt von 150 mm² gemäß DIN 48201-2 geplant. Die Regelfahrdrahthöhe beträgt 5,50 m über der SO. Bei Hochkettenfahrleitung ist eine Systemhöhe von 1,8 m an den Stützpunkten vorgesehen. Die maximale Seitenverschiebung des Fahrdrahtes zur gleichmäßigen Abnutzung der Schleifleisten auf dem Stromabnehmer beträgt +/- 35 cm.

Fahrdrähte und Tragseile werden über Nachspanneinrichtungen mit Zugkräften von jeweils 10 kN beweglich nachgespannt. Dafür werden Spiral-Nachspannfedern (Tensorex) verwendet. Diese werden über Traversen an den Fahrleitungsmasten befestigt.

Verspannungs-, Richt- und Quertragseile aus Kupfer- bzw. Kupferknetlegierung werden abhängig von der Belastung in unterschiedlichen Querschnitten (Bz35, Bz50, Bz70 oder Bz95) nach DIN 48201-2 geplant. Zur Ausführung kommen stromfeste Hänger aus Kupfer.

Die Einspeisung in die Fahrleitung erfolgt in den Bereichen der GUW über Kupferkabel mit Leitungsquerschnitten von jeweils 120 mm². Die einzelnen Oberleitungsabschnitte werden elektrisch voneinander getrennt, können aber über Kuppelschalter durchverbunden werden. Die Streckentrenner müssen die Anforderungen gemäß VDV 550 erfüllen.

Die Isolierung der Fahrleitung ist nach EN 61140 2-fach gegen Erde auszuführen. Der erste Isolator ist ab Schienenkopfaußenkante seitlich um 1,50 m versetzt einzuplanen. Die Isolatoren sind im Abstand von 1,50 m zu montieren. Damit kann, gemäß VDV 500, auf die Erdung von Stützpunkten einschließlich der Maste verzichtet werden. Nur Maste mit elektrischen Betriebsmitteln werden geerdet. Zwischen Gleis und Bohrrohr ist ein A2 Ableiter anzuordnen und zwischen Fahrleitung und Bohrrohr ein A1 Ableiter (das Bohrrohr dient als Tiefenerder). Die Fahrschienen dienen als Rückleitung und sind nach DIN EN 50122-2 isoliert gegenüber dem Erdreich zu verlegen. Die Schienenquerverbinder und Gleisverbinder sind isoliert auszuführen. Im gesamten Streckenverlauf sind ca. alle 100 m Schienenverbinder und ca. alle 200 m Gleisverbinder

Anbindung Ludwigshöhviertel

vorzusehen. Jedes Unterwerk muss über mindestens vier Rückleiterkabeln mit den Fahrstienen verbunden werden. Bei Ausfall eines Rückleiters dürfen die anderen Rückleiter nicht unzulässig belastet werden.

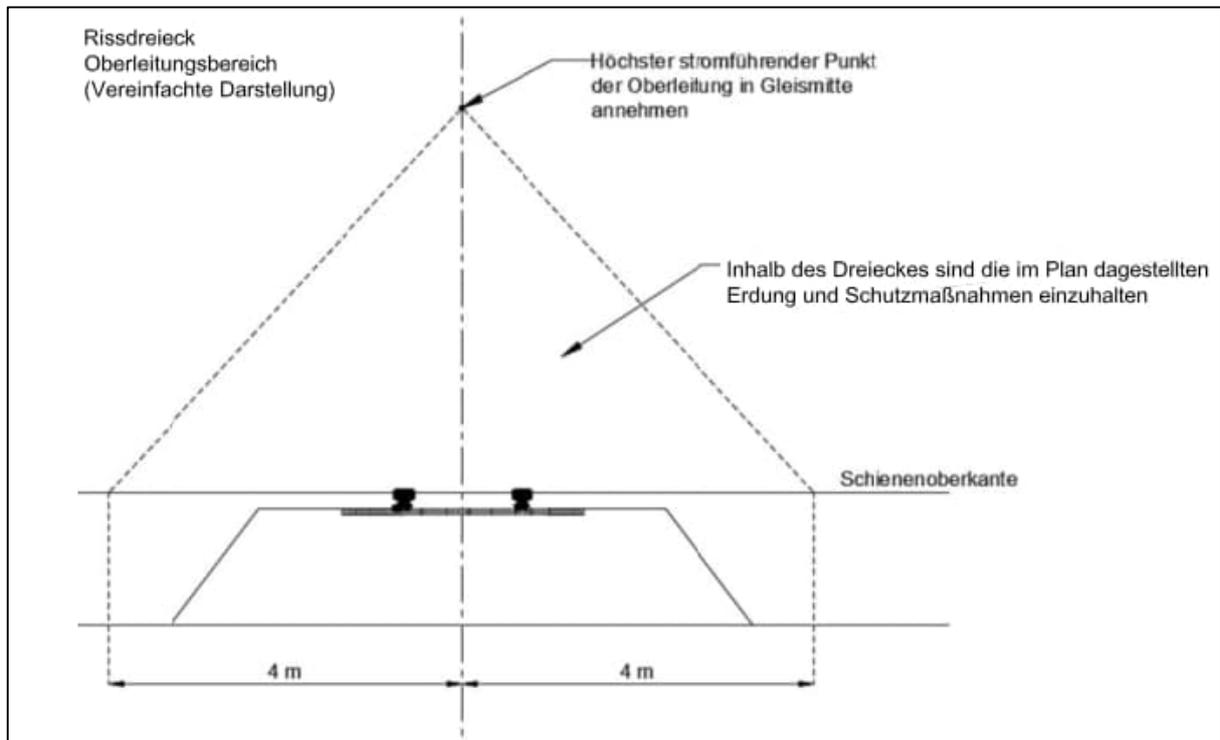


Abbildung 19: Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich/Spannungsdreieck

3.1.6.3 50 Hz-Anlagen

Beleuchtung Haltestellen

Die Haltestelle Lichtenbergschule wird durch die Straßenbeleuchtung beleuchtet. Die Haltestellen Ludwigshöhviertel, Marienhöhe, Cooperstraße OST, Cooperstraße Süd sowie die Ersatzhaltestelle Wendeanlage bekommen eigene Beleuchtungsanlagen. Die Beleuchtung wird soweit möglich mit den Fahrleitungsmasten kombiniert. In Teilbereichen werden separate Beleuchtungsmaste gestellt, da die Abstände zwischen der Beleuchtung geringer sind als die der Fahrleitungsmaste.

Ersatzhaltestelle Wendeanlage

Bei der Ersatzhaltestelle Wendeanlage sind 7 Lichtmaste mit LED-Technik geplant. Um die Anzahl an Masten zu reduzieren, werden wo möglich Kombimaste realisiert.

Steuerung der Beleuchtung

Das Schalten der Beleuchtungsanlagen auf den Haltestellen und der Fahrgastunterstände erfolgt über einen Rundfunksteuerempfänger. Das Signal wird über eine Niederspannungsleitung von der Querverbundleitstelle der e-netz Südhessen AG in Darmstadt, Dornheimer Weg manuell gesteuert.

Erdung Haltestellen

Die Bahnsteigausstattungs-elemente werden über Erdungsleitungen verbunden.

Rückbau

Nicht mehr benötigte Energieversorgungsleitungen und Leuchten der Haltestellenausstattung werden zurückgebaut.

Weichenheizungs- und Steuerungsanlagen

Alle Weichen bekommen eine Weichenheizung.

Alle spitz befahrenen Weichen bekommen elektrische Antriebe und eine Weichensteuerung.

Zählerverteilungen

Zur Reduzierung der Anschlüsse des Versorgungsnetzbetreibers wurden Zählerverteilungen geplant, um mehrere Verteiler mit Elektroenergie zu versorgen.

Energieversorgung Schmieranlagen

Entlang der Strecke wurden 17 Schmieranlagen von der HEAG mobilo geplant. Diese werden von dem jeweils naheliegenden Verteiler mit Elektroenergie versorgt.

Energieversorgung Weichensteuerschränke

Für die Wartung und Funktionsprüfung spitz befahrener Weichen wurden Weichensteuerschränke von der HEAG mobilo geplant. Die Weichensteuerschränke werden von der jeweils naheliegenden Zählerverteilung mit Elektroenergie versorgt.

3.1.6.4 Signaltechnik

Die Ausgestaltung der Signalanlagen orientieren sich an den Technischen Regeln für Straßenbahnen (TRStrab SIG) und den gültigen VDV-Schriften. Grundsätzlich lassen sich im Planungsabschnitt folgende drei Typen von signalisierten Querungsstellen unterscheiden:

- a) Signalisierung Überwege an den Haltestellen
- b) Signalisierung Bahnübergänge
- c) Signalisierung Lichtsignalanlagen

Für alle signalisierten Querungsstellen bzw. Knotenpunkte werden LSA-Steuergeräte verwendet. Die Anmeldung der ÖPNV-Fahrzeuge an den Anlagen erfolgt in der Regel über Funktelegramme und in der Rückfallebene mit der Betätigung eines Schlüsseltasters am Signalmast.

A) Signalisierung Überwege an den Haltestellen

Alle Haltestellen sind vor und hinter den Bahnsteigen mit signalisierten Überwegen ausgestattet, mit Ausnahme die der Haltestelle Lichtenbergschule, für die nur ein Überweg vorgesehen ist.

Nähert sich keine Straßenbahn, so ist die Anlage für Fußgehende bzw. im Falle der Querung westlich der Haltestelle in der Cooperstraße auch für Radfahrende dunkel. An der Haltestelle Lichtenbergschule wird der Überweg mittels rot und grün gesichert, da hier auch der MIV ebenfalls signalisiert werden muss. Bei entsprechender Anmeldung eines ÖPNV-Fahrzeuges wird der Überweg vor Freigabe mittels F1 durch das Rot aufleuchten der Signale für Fuß/Rad gesichert. Zusätzlich sind diese Überwege mit taktilen Leitelementen und akustischen Signalen und Tastern ausgerüstet.

Die Signalgeber der Straßenbahn erhalten neben den Fahrsignalen F0, F1 und F5 die Quittierungssignal „S“ und das Abfertigungssignal „T“ bei der Ausfahrt aus den Haltestellen. Durch das „T“ wird die in Kürze zu erwartender Freigabe am Signal angekündigt. Für die Busse des SEV wird im Bereich des Quartiersplatzes auch F3 signalisiert, wenn diese den Bahnkörper verlassen.

B) Signalisierung Bahnübergänge (BÜ)

Wendeanlage an der Lichtenbergschule

An der Lichtenbergschule werden die Bahnen, welche in bzw. aus der Wendeanlage fahren gegenüber dem MIV gesichert. Zusätzlich wird für die jeweilige Relation auch der Fußverkehr angehalten, wenn Bahnen aber auch Busse des SEV die Wendeanlage befahren. Die Steuerung der Wendeanlage wird zusammen mit der städtischen LSA am nördlichen Ende der Haltestelle Lichtenbergschule durch ein Steuergerät realisiert.

BÜ 10/Venusstraße/SEV Ausfädelung/Haltestelle Ludwigshöhviertel:

Im Bereich des BÜ 10 Sternenallee wird der SEV von und auf den besonderen Bahnkörper geführt. Der Bahnübergang ist als Teilknoten zusammen mit der Sicherung der Haltestelle Ludwigshöhviertel vorgesehen. Hier erfolgt eine Sicherung der Bahnen und Busse gegenüber querendem Fuß- aber auch Radverkehr. Der Bahnübergang als Teilknoten stellt für den Radverkehr eine besondere Bedeutung dar, da hier der gesamte Radverkehr aus dem Ludwigshöhviertel und der Sternenallee über den Bahnkörper in Richtung Innenstadt geführt wird. Auch einzelne Verkehre zur Andienung des MIV und der Fußverkehr nutzen diesen Bahnübergang. Aus diesem Grund ist er mit Signalgebern des MIV/Radverkehrs vor dem Übergang „Gelb/Rot“ aber auch mit Signalen für den Fußverkehr hinter dem Überweg „Dunkel/Rot“ ausgerüstet.

Der Bahnübergang wird ausschließlich durch die Straßenbahn entlang des Bahnkörpers genutzt. Der SEV fädelt bereits davor aus, weshalb die Abgrenzung zwischen dem Vorplatz vor dem Bahnübergang und dem Bahnkörper zwischen der Haltestelle Ludwigshöhviertel und dem BÜ 10 unterbrochen ist. Die Anlage sieht einen weiteren Signalgeber für den SEV in der Venusstraße vor. Dieser ist in Grundstellung dunkel und sperrt die Vorbeifahrt für Busse nur, insofern ein entgegenkommender Bus auf die Sternenallee ausfädeln möchte oder sich Straßenbahnen in eine der beiden Fahrrichtungen bewegen. Damit wird sichergestellt, dass es zu keinen Konflikten zwischen den ÖPNV-Fahrzeugen kommt, da sich nur Straßenbahnen zwischen dem BÜ 10 und der Haltestelle Ludwigshöhviertel begegnen können.

BÜ 9: Querung für Rad-/Fußverkehr

Die Achse 13 bietet die Möglichkeit die Trasse der Straßenbahn für den Rad- und Fußverkehr zu queren. Bei Annäherung der Straßenbahn wird eine entsprechende Freigabe für die Bahn ermöglicht, wenn die Querung mittels „Rot“ gesichert ist. In Grundstellung ist die Anlage Dunkel und die Signalgeber der Bahnen zeigen F0.

BÜ 8/Sonnenstraße:

Der BÜ 8 ermöglicht die Querung der Sternenallee und der Bahntrasse auch für den MIV. Der Übergang ist als Teilknoten geplant neben dem südlichen Überweg der Haltestelle Marienhöhe als zweitem Teilknoten und dem BÜ 6 als drittem Teilknoten. Dementsprechend ist das Steuergerät mittig am Teilknoten 2 vorgesehen.

Hauptaufgabe dieses Bahnübergangs ist die Sicherung der Bahn gegenüber allen übrigen Verkehrsteilnehmern. Zusätzlich wird zum Freihalten der Sternenallee der Verkehr von Osten aus der Sonnenstraße kommend bereits vor der Sternenallee angehalten. Dies ermöglicht einen behinderungsfreien Verkehr parallel zur Straßenbahn, sobald die Signale, welche den Verkehr entlang der Sternenallee angehalten hatten, erlöschen.

Die Signale entlang der Sternenallee halten den Radverkehr und ggf. den SEV an beim Einschalten des Bahnübergangs, um das Räumen des Gleisbereichs sicherzustellen. Nach Ablauf der Räumzeit kann der Verkehr parallel zur Straßenbahn wieder freigegeben werden.

Entsprechend der im Bogen zulässigen Geschwindigkeit, sowie den Sichtbeziehungen zwischen Straßenbahnfahrer/in und Signal ist ein rechtzeitiges Wahrnehmen des Signals 58/1 gewährleistet.

BÜ 6/Jupiterstraße:

Die Straßenbahn quert in diesem Abschnitt die Jupiterstraße, welche von der Cooperstraße abzweigt. Hier wird der Kreuzungspunkt durch den BÜ 6 gesichert. Die Sicherung erfolgt mit Lichtzeichen Gelb/Rot für den Individualverkehr, sowie durch Signalgeber Dunkel/Rot für die zu Fuß gehenden.

Zusätzlich ist es notwendig über vorgeschaltete Lichtzeichen den Verkehr auf der Cooperstraße anzuhalten, um Fahrzeugen, welche sich auf dem Bahnübergang befinden ein Räumen zu ermöglichen, wenn sich eine Straßenbahn nähert. Diese Lichtzeichen erlöschen jedoch nach kurzer Zeit und nur die Signalisierung zur Querung des Bahnübergangs bleibt eingeschaltet, solange der Bahnübergang gesichert ist.

Fußgängerquerungen werden mittels Signalgebern Dunkel/Rot gesichert.

Entsprechend der im Bogen zulässigen Geschwindigkeit, sowie den Sichtbeziehungen zwischen Straßenbahnfahrer/in und Signal ist ein rechtzeitiges Wahrnehmen des Signals 55 gewährleistet.

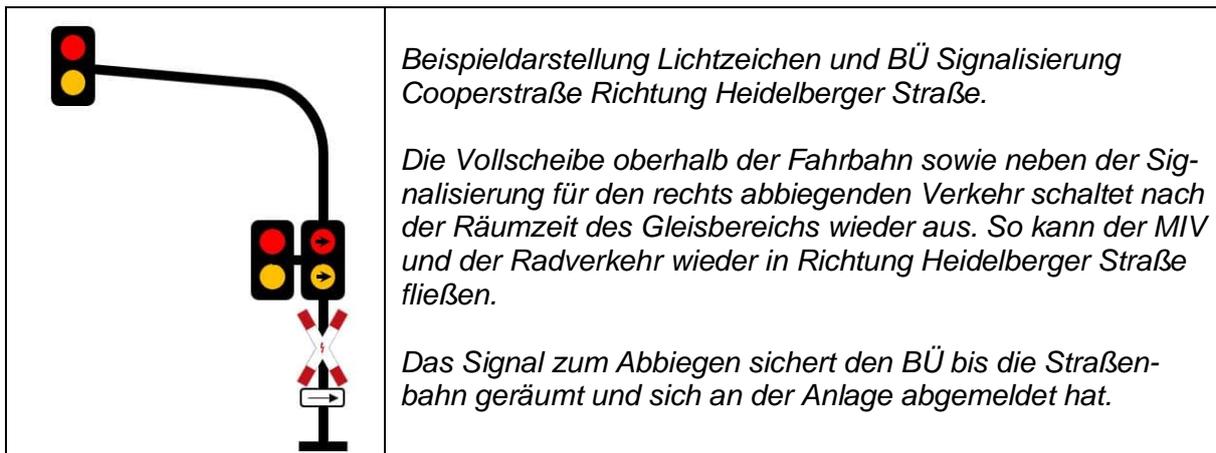


Abbildung 20: Beispieldarstellung Lichtzeichen und BÜ-Signalisierung Cooperstraße Ri. Heidelberger Straße

C) Lichtsignalanlagen

Vollsignalisierte Knotenpunkte mit Integration des öffentlichen Verkehrs werden mit Lichtsignalanlagen ausgerüstet. Die genaue Beschreibung ist in Kapitel 3.2.6.3 zu finden.

3.1.6.5 Schienenschmieranlagen

Die HEAG mobilo beabsichtigt als freiwillige Maßnahme Schmieranlagen entlang der Strecke einzubauen. Diese dienen vor allem der Reduzierung des Verschleißes der Schienen in Bögen. Darüber hinaus tragen die Schmieranlagen dazu bei, dass vermehrtes Kurvenquietschen infolge des Rad-Schiene-Kontaktes nicht entstehen. Da in der Wendeanlage an der Ludwigshöhstraße derzeit keine Regelfahrten geplant sind, werden hier Anlagen zum Schienenschmieren lediglich vorinstalliert, aber nicht technisch ausgestattet. Hiermit kann der Aufwand für einen eventuellen späteren Bedarf minimiert werden.

Die Anlagen sind auf der Strecke so angeordnet, dass das erforderliche Traktionsverhalten im Rad-Schiene Kontakt in Bezug auf Steigung und Gefälle gewährleistet bleibt. Es ist geplant, dass Anlagentypen verwendet werden, die bereits im Netz der HEAG mobilo jahrelang genutzt werden und sich bewährt haben.

3.2 Verkehrsanlage Straße

3.2.1 Entwurfs- und Betriebsmerkmale

Für die Planung der Verkehrsanlage Straße sind entsprechend der Vorgaben der Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06), Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA), Empfehlungen für die Anlagen des ruhenden Verkehrs (EAR), Richtlinien für die Markierung von Straßen (RMS) und Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) berücksichtigt. Zur besseren Nachvollziehbarkeit sind die im Rahmen der nachfolgenden Erläuterung verwendeten Straßen- und Abschnittsbezeichnungen in Abbildung 21 dargestellt. Die blau gekennzeichneten Straßenbezeichnungen stellen Planungsabschnitte des Vorhabens Anbindung Ludwigshöhviertel dar, die im Geltungsbereich des B-Plans S26 liegen. Damit sind die entsprechenden Abschnitte nicht Gegenstand des vorliegenden Antrags auf Planfeststellung und werden in der nachfolgenden Erläuterung nicht weiter beschrieben.

Anbindung Ludwigshöhviertel

Im folgenden Kapitel werden die grundsätzlichen Gestaltungsmerkmale der Verkehrsanlage Straße vorgestellt.

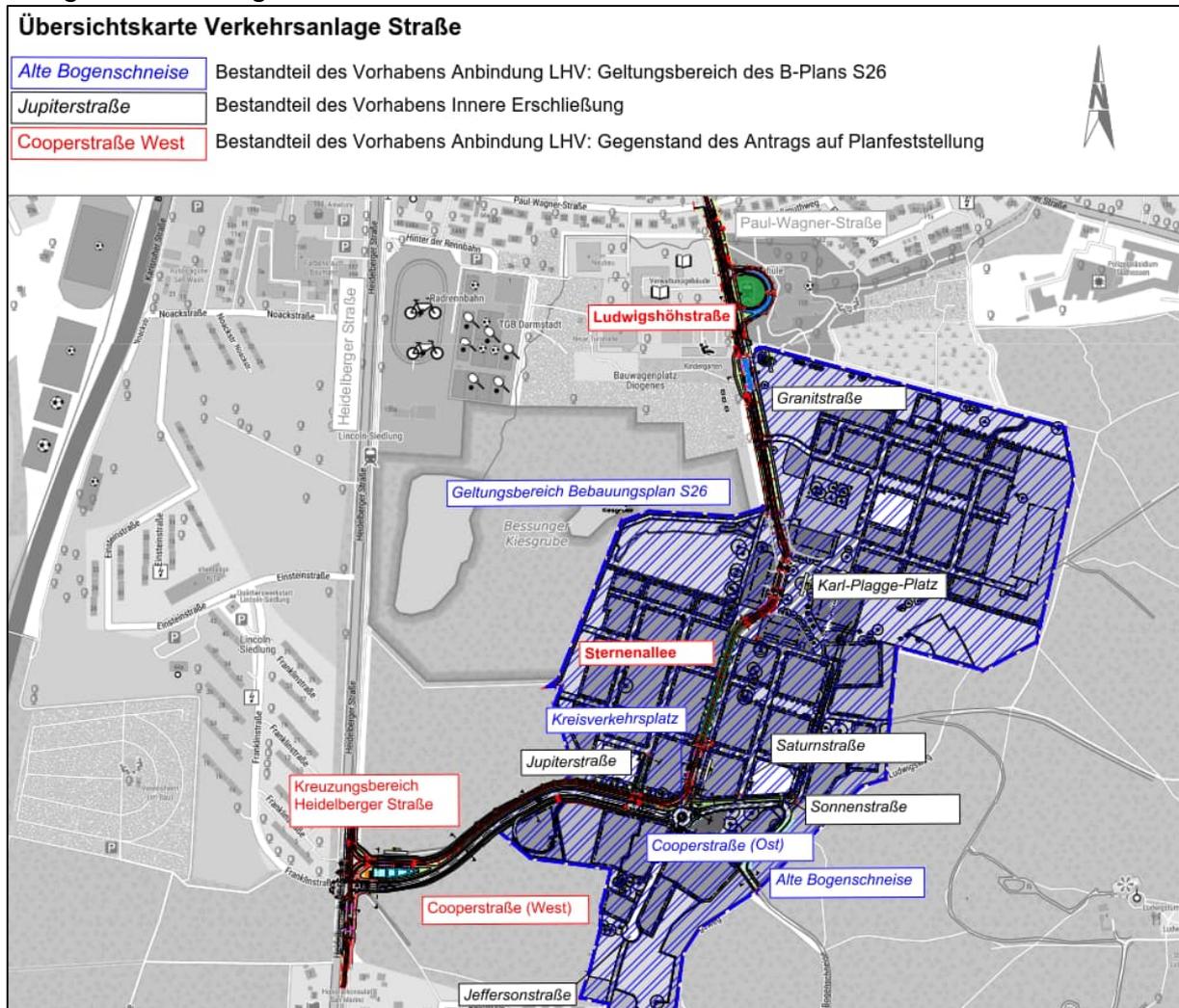


Abbildung 21: Übersichtskarte Abschnittsbezeichnungen mit Darstellung des Geltungsbereichs des B-Plans S26

Kreuzungsbereich Heidelberger Straße

Bei der Knotenpunktgestaltung (Heidelberger Straße, Cooperstraße, Planstraße A) ist sich an den grundsätzlichen Planungsansätzen, die der verkehrstechnischen Untersuchung/Leistungsfähigkeitsbetrachtung von März 2020 zu Grunde liegt, orientiert worden. Bei der Bemessung der notwendigen Fahrstreifenbreiten und Aufstelllängen im Anschlussbereich der Cooperstraße sind die Vorgaben der Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06) berücksichtigt. Im Bereich der Heidelberger Straße sind zudem in Folge der Herstellung eines neuen Bahnkörpers und entsprechender Bahnsteige der Haltestelle „Cooperstraße“ Anpassungsmaßnahmen an dem parallel verlaufenden Geh- und Radweg erforderlich. Die Breite des Geh- und Radwegs beträgt 3,50 m. Zudem ist der Radweg aufgrund der angrenzenden Bäume abschnittsweise in Hochlage geplant, um einen möglichst geringen Eingriff in den Untergrund zu ermöglichen.

Anbindung Ludwigshöhviertel

In Bereichen des gemeinsamen Geh- und Radwegs, in denen taktile Elemente zur Blindenleitführung vorgesehen sind, wird der Geh- und Radweg entsprechend aufgeweitet in einen eigenständigen Gehweg mit parallel verlaufendem Radweg. Die Breiten des Geh- und des Radwegs betragen jeweils 2,50 m. Ziel dieser Trennung ist, dass zum Schutz des Radfahrers eine Überfahung der taktilen Leitelemente vermieden wird.

Zur Gewährleistung der allgemeinen Verkehrssicherheit im Knotenpunktbereich soll der Radfahrer, der im südlichen Verlauf der Heidelberger Straße gemeinsam mit dem motorisierten Individualverkehr geführt wird, separat geführt werden. Hintergrund ist zum einen die zur Verfügung stehende Fahrstreifenbreite, bei der kein zusätzlicher Schutzstreifen untergebracht werden kann, und zum anderen soll vermieden werden, dass der in die Cooperstraße abbiegende Radverkehr in ungünstigem Winkel die Schienenkörper quert. Aus diesem Grund ist ein zusätzlicher Radweg am südlichen Ende der Haltestelle Cooperstraße vorgesehen, um den Radfahrer auf den gemeinsamen Geh- und Radweg zu führen.

Die Verkehrsanlagen des Vorhabens Anbindung Ludwigshöhviertel werden vor der Herstellung Planstraße A fertiggestellt sein. Aus diesem Grund ist zur Aufrechterhaltung des Verkehrsablaufes am Knotenpunkt zunächst ein Interimszustand herzustellen. Dieser berücksichtigt im Vergleich zum Bestand eine angepasste Fahrbahnmarkierung im gesamten Knotenpunktbereich, geringe Änderung des bestehenden Bordverlaufs und eine im Vergleich zum Endzustand leicht verschobene Lage der Signalmasten.

Cooperstraße:

Die Cooperstraße ist aufgrund der vorgegebenen Topographie durch eine starke Längsneigung gekennzeichnet und liegt insbesondere im Bereich Cooperstraße West fast durchgehend im Einschnittsbereich. Die Cooperstraße verläuft von der Heidelberger Straße bis zur Jupiterstraße auf dem gleichen Höhenniveau wie der parallel verlaufende Straßenbahnkörper, ab Jupiterstraße erfolgt ein Höhenversatz von Straße zu Gleisanlage. Hintergrund dieses Höhenversatzes ist die Begrenzung der Straßenbahngradienten auf maximal 48 Promille bei gleichzeitig weiter steigender Längsneigung der Cooperstraße. Wie im Regelquerschnitt 11 ersichtlich, beträgt der Höhenunterschied auf Höhe des Kreisverkehrsmittelpunkts ca. 2,10 m.

Entlang der Cooperstraße lassen sich zwei unterschiedliche Querschnittsaufteilungen in den Bereichen westliche Cooperstraße und östliche Cooperstraße beschreiben:

In der westlichen Cooperstraße befindet sich aufgrund der hohen Längsneigung der Radfahrverkehr auf einem separat geführten Radweg. Auf beiden Seiten der Fahrbahn befindet sich ein Gehweg, wobei der südlich liegende Gehweg zur Minimierung des Flächeneingriffs auf Höhe des Grundstücks WA D1 endet. Der Fußgänger kann den Gehweg in den Wald mittels eines Fußgängerüberwegs wechseln.

Aufgrund des im Bebauungsplan vorgegebenen Verkehrskorridors in der östlichen Cooperstraße ergibt sich ab dem Kreisverkehr eine verringerte Querschnittsaufteilung. In diesem Abschnitt sind statt Radwegen auf beiden Seiten Schutzstreifen an-

Anbindung Ludwigshöhviertel

gelegt, um dem Radverkehr eine sichere und komfortable Verkehrsführung anzubieten und gleichzeitig eine Erweiterung der nutzbaren Fahrbahnfläche für den Kraftfahrzeugverkehr in seltenen Fällen zu ermöglichen. Unmittelbar vor Erreichen der Kurve auf Höhe der Sonnenstraße verjüngt sich die Fahrbahn, da nun am westlichen Fahrbahnrand ein Gehweg und Parkstände vorgesehen sind. Der Gehweg muss dabei bereits vor Kurvenbeginn beginnen, da zu Fuß Gehende auf dem parallel verlaufenden nördlichen Gehweg eine Zuwegung zur „Alten Bogenschneise“ ermöglicht werden soll. Der parallel zur Fahrbahn liegende Gehweg schließt am Ende des Planungsabschnitts an den bestehenden Waldweg „Auf der Ludwigshöhe“ an.

Ludwigshöhstraße:

In der Ludwigshöhstraße findet eine gemeinsame Nutzung von IV und ÖV in Form eines straßenbündig geführten Bahnkörpers statt.

Die Fahrbahnbreite beträgt durchgehend 6,50 m. Im Süden der Ludwigshöhstraße wird der von Norden kommende MIV auf eine im Rahmen der inneren Erschließung geplanten Erschließungsstraße, der Granitstraße, geleitet. Der Abschnitt zwischen Granitstraße und Einfahrt in das Ludwigshöhviertel wird lediglich für den SEV und zur Erschließung der anliegenden Grundstücke freigegeben.

Die Nebenanlagen sind durch einen beidseitig 3,00 m breiten Gehweg und einen 3,00 m breiten Zweirichtungsradweg auf der Westseite gekennzeichnet. Dieser wird in der Regel parallel zur Fahrbahn geführt. In Bereichen von Fußgängerüberwegen (Knotenpunkt Granitstraße und Überweg Paul-Wagner-Straße) findet zur Gewährleistung der Aufstellflächen von zu Fuß Gehenden und Radfahrenden (Mindestmaß: 2,50 m) ein entsprechender Verschwenk statt.

Im Bereich des westlichen Bahnsteigs der Haltestelle Lichtenbergschule befindet sich zur Erhaltung einer erhaltenswerten Eiche ein zusätzlicher Verschwenk des Zweirichtungsradwegs, bei dem entsprechender zusätzlicher Grunderwerb (Fläche ca. 391 m²) erforderlich wird. Der Baum wird im Baumschutzgutachten (SVB Leitsch 2022, Anlage C 3.9) als kritisch zu erhalten eingestuft. Für alle kritisch zu erhaltenden Bäume werden in dem Gutachten weitere Untersuchungen (z.B. Wurzelsuchgrabungen) im Vorfeld der Baumaßnahmen empfohlen, die Aufschluss über die konkrete Durchwurzelungssituation des Baumes geben und mögliche Anpassungen der Planung nach sich ziehen können. Aus diesem Grund ist es möglich, dass in diesem Bereich in weiteren Leistungsphasen ggf. die Breite der Umfahrung noch angepasst werden muss. Der erforderliche Grunderwerb bleibt durch die Beibehaltung des westlichen Fahrbahnrandes der Umfahrung von einer Anpassung unberührt.

Analog zur Charakteristik des autoarmen Ludwigshöhviertel wird durch die gewählte Querschnittsaufteilung auf, die sich im Bestand auf der Westseite befindlichen Parkstandplätze entlang der Fahrbahn verzichtet und die entsprechenden Flächen den Nebenanlagen für Fußgänger und Radfahrer zugewiesen. Es ergibt sich eine Parkflächenbilanz von minus 118 Stück. Zwischen Zweirichtungsradweg und Fahrbahn ist ein zusätzlicher Grünstreifen mit einer Breite von ca. 1,30 m verortet, um die Gefahr von entgegengesetzt und gleichzeitig unmittelbar nebeneinander fahrendem Verkehr zu verhindern.

Die bestehende Baumreihe kann durch die Herstellung der Grünfläche östlich der Fahrbahn größtenteils erhalten bleiben.

3.2.2 Trassierung

Aufgrund der Straßenbündigkeit des Bahnkörpers in der Ludwigshöhstraße ergibt sich die Trassierung in Lage- und Höhenplan aus der Straßenbahnplanung, weswegen im nachfolgenden Kapitel auf die Ludwigshöhstraße nicht näher eingegangen wird.

3.2.2.1 Zwangspunkte

Lagetechnische Zwangspunkte resultieren innerhalb des Geltungsbereichs des B-Plans aus den vorgegeben Verkehrskorridor Grenzen des B-Plans, südöstlich aus der Anforderung eines bündigen Anschlusses an die Planstraße A und in der Ludwigshöhstraße an der Breite der bestehenden Verkehrsanlage.

Höhentechnische Zwangspunkte ergeben sich aus der Planung der Straßenbahngradienten (maximale Längsneigung 4,8%), den Schnittstellen zur inneren Erschließung (Jupiterstraße, Saturnstraße, Sonnenstraße, Jeffersonstraße) und den Anschlussbereichen an den Bestand (Alte Bogenschneise und Heidelberger Straße).

3.2.2.2 Trassierung im Lageplan

Die Trassierung der Cooperstraße ergibt sich im Geltungsbereich des B-Plans aus dem vorgegebenen Verkehrskorridor. Im weiteren Verlauf in Richtung Heidelberger Straße wird gemäß dem verkehrstechnischen Erfordernis aus der verkehrstechnischen Untersuchung/Leistungsfähigkeitsbetrachtung von März 2020 die Cooperstraße im Vergleich zu ihrer Bestandslage in Richtung Süden versetzt, damit ein bündiger Anschluss an die Drittplanung der Planstraße A ermöglicht werden kann. Die Trassierung der Ludwigshöhstraße orientiert sich an den im Bestand bestehenden Grenzen, hier wird lediglich die Querschnittsaufteilung verändert.

Aufgrund der Fahrbahnbreite, der Führung des Radfahrverkehrs und ihrer Funktion als Verbindungsstraße zwischen Heidelberger Straße und Ludwigshöhviertel wird die Trassierungsgeschwindigkeit für die westliche Cooperstraße mit 50 km/h festgelegt. Im weiteren Verlauf nach dem Knotenpunkt mit der Heinrich-Delp-Straße liegt die Trassierungsgeschwindigkeit analog zum Bestand bei 30 km/h. Die genannten Trassierungsgeschwindigkeiten bilden die Grundlage für die verwendeten Trassierungselemente (Mindestradius = 80 m) gemäß den Vorgaben der Richtlinien für die Anlagen von Stadtstraßen (RASt 06).

3.2.2.3 Trassierung im Höhenplan

Bei der Höhentrasse ist sich hinsichtlich der Vorgabe zur Höhentrasse (Quer- und Längsneigungen, Ausrundungshalbmesser) an die RASt 06 gehalten worden.

Durch die Topografie des Bestandsgeländes und die eingangs geschilderten Zwangspunkte der Gradienten ergeben sich überwiegend Abtragsbereiche, lediglich im Kreuzungsbereich zur Heidelberger Straße Auftragsbereiche. Die daraus resultierenden Geländeböschungen werden jeweils mit einer Regelneigung von 1:1,5 ausgeführt.

Durch die Beachtung diverser zu beachtender Zwangspunkte ergibt sich zudem die Höhenführung des Kreisverkehrs. So muss entlang der Achse entlang Cooperstraße im Westen der höhentechische Zwangspunkt im Einmündungsbereich Jupiterstraße eingehalten werden. Im Osten ergibt sich die Anschlusshöhe aus der bestandsnahen Trassierung zur Erhaltung der nördlich liegenden Baumallee. Der nördliche Anschlusspunkt Jeffersonstraße/Sternenallee mit dem Außenring des Kreisverkehrs ergibt sich aus der Höhenlage des Überwegs am südlichen Ende des Bahnsteigs der Haltestelle Marienhöhe. Aus diesen Zwangspunkten ergibt sich die in den Höhenplänen dargestellte Zwangspunktgradienten des Kreisverkehrsplatzes.

Die Höhenplanung der Cooperstraße kann der Anlage B 5.4 entnommen werden.

3.2.2.4 Querschnittelelemente und Querschnittsbemessung

Für die Verkehrsflächen der äußeren Erschließung sind in Abstimmung mit der Stadt Darmstadt folgende Breiten und Einfassungen vorgesehen:

Cooperstraße West:

2,50 m	Gehweg Nord, Oberbau Pflaster, Randeinfassung Tiefbordstein mit 6 cm Anschlag
6,50 m	Fahrbahn, Oberbau Asphalt, Randeinfassung mit Hochbordstein
2,00 + 0,50 m Sicherheitsraum	Radweg, Oberbau Asphalt, Randeinfassung Tiefbordstein

Ludwigshöhstraße:

3,00 m	Gehweg, Oberbau Pflaster
ca. 5,00 m	Grünfläche
6,50 m	Fahrbahn, Oberbau Asphalt, Randeinfassung mit Hochbordstein
3,00 m	Zweirichtungsradweg, Oberbau Asphalt

Sämtliche Querneigungen in den Fahrbahnen, Parkstandflächen und Gehwegen sind in der Regel mit 2,5 % ausgeführt.

3.2.2.5 Fahrbahnbefestigung

Oberbau:

Der Oberbau der Fahrbahn und den Nebenanlagen ist auf Grundlage der Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12) bemessen. Hierbei wurden die unterschiedlichen Straßenquerschnitte den jeweiligen Kategorien nach RAST 06 zugewiesen, auf deren Grundlage die jeweilige Belastungsklasse angenommen worden ist. Aufgrund starker Längsneigungen und damit einhergehenden erhöhten Schubkräften ist im Bereich der Cooperstraße in Abstimmung mit der Stadt Darmstadt die jeweils höhere Belastungsklasse gewählt worden.

Unterbau:

Gemäß Geotechnischem Bericht (Anlage C 2.1) wird auf Grundlage der überwiegend angetroffenen Bodenverhältnisse davon ausgegangen, dass die Regelaufbaustärken

und eine entsprechende tiefenwirksame Nachverdichtung ausreichen und keine Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich sind.

3.2.3 Gestaltung und Bemessung der Knotenpunkte

Wie in Tabelle 2 ersichtlich, sind im Rahmen der äußeren Erschließung zahlreiche Knotenpunkte geplant, wobei die Mehrheit der Knotenpunkte einfache Einmündungen darstellen. Die Lage der Knotenpunkte sind hierbei durch die Planung der inneren Erschließung vorgegeben. Bei der Planung der Einmündungen sind im Planungsprozess hinsichtlich der zu erwartenden Schleppkurve und Sichtverhältnisse geeignete Ein- und Abbiegeradien gewählt worden.

Knotenpunkt	Knotenpunkttyp
Cooperstraße/Heidelberger Straße/Planstraße A	vierarmiger Knotenpunkt
Cooperstraße/Jupiterstraße	Einmündung
Cooperstraße/Jeffersonstraße/Sternenallee	Kreisverkehr
Cooperstraße/Saturnstraße	Einmündung
Cooperstraße/Sonnenstraße	Einmündung
Ludwigshöhstraße/Granitstraße	Einmündung
Ludwigshöhstraße/Erschließungsstraße Tonakademie	Einmündung
Ludwigshöhstraße/Paul- Wagner-Straße	vierarmiger Knotenpunkt

Tabelle 2: Übersicht Knotenpunkte äußere Erschließung

Für den Knotenpunkt Cooperstraße/Jeffersonstraße/Sternenallee ist sich im Rahmen der Variantenabwägung für einen Kreisverkehr mit einem Außendurchmesser von $D=26,0$ m entschieden worden. Gemäß FGSV-Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren ergeben sich aufgrund des Außendurchmessers für die verschiedenen Entwurfselemente des Kreisverkehrs einzuhaltende Mindestmaße. Hieraus resultiert für den geplanten Kreisverkehr die Breite des Kreisrings mit $9,00$ m und die Fahrstreifenbreiten der Kreiszufahrten und -ausfahrten (Zufahrten: $3,75$ m, Ausfahrten $4,00$ m). Da der Knotenpunkt auch von Langholzfurwerken und Gelenkbussen genutzt werden soll, ist nach entsprechenden Schleppkurvenuntersuchungen in Bereichen von Fahrbahnteilern für die Fahrstreifenbreite ein höheres Maß als das empfohlene Mindestmaß (Zufahrten: $3,25$ m und Ausfahrten: $3,50$ m) gewählt worden. Die Kreisinsel muss infolge der Nutzung der Langholzfurwerke überfahrbar gestaltet werden.

Wie bereits in Kapitel 3.2.1 geschildert, orientiert sich die Planung des Knotenpunkts Heidelberger Straße/Cooperstraße u.a. an den Gestaltungsmerkmalen, die der verkehrstechnischen Untersuchung/Leistungsfähigkeitsbetrachtung von März 2020 zu Grunde liegt. Auf Basis einer nochmals im Rahmen der Entwurfsplanung durchgeführten verkehrstechnischen Untersuchung des Knotenpunktes ist die in der Leistungsfähigkeitsbetrachtung angenommene Fahrstreifenaufteilung verifiziert und ausdrücklich auf einen separaten Linksabbieger verzichtet worden. Bei der Bemessung der notwendigen Fahrstreifenbreiten und Aufstelllängen im Anschlussbereich der Cooperstraße sind die Vorgaben der Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06) berücksichtigt.

Die Kreuzung Ludwigshöhstraße/Paul-Wagner-Straße wird in seiner ursprünglichen Knotenpunktform belassen. Durch die geänderte Querschnittsaufteilung der Ludwigshöhstraße ändern sich lediglich die südlich liegenden Ein- und Ausbiegeradien zur Ludwigshöhstraße.

3.2.4 Führung von Wegeverbindungen in Knotenpunkten und Querungsstellen, Zufahrten

Querungsstellen für zu Fuß gehende oder Radfahrende sind sowohl in der Cooperstraße als auch in der Ludwigshöhstraße in Bereichen der jeweiligen Knotenpunkte möglich. Die Furtbreite beträgt jeweils richtlinienkonform 4,0 m.

In der Cooperstraße ist auf Höhe des Grundstücks WA D1 ein zusätzlicher Fußgängerüberweg eingeplant. Dieser ist höhengleich ausgebaut und entspricht damit den Anforderungen einer barrierefreien Planung.

Im Knotenpunktbereich Cooperstraße/Jeffersonstraße/Sternenallee sind entlang der Cooperstraße Fahrbahnteiler vorgesehen. Die gewählte Breite der Aufstandsfläche erfüllt hierbei das nach dem entsprechenden Merkblatt empfohlene Mindestmaß von 2,00 m.

3.2.5 Anlagen des ruhenden Verkehrs

Durch das im Erschließungsgebiet vorliegende Parkkonzept, dass Anwohner vornehmlich ihre Fahrzeuge in den zentralen Parkhäusern abstellen, sind im Rahmen der äußeren Erschließung lediglich in der alten Bogenschneise Parkstände vorgesehen. Die Abmessungen der insgesamt fünf Längsparkstände (Breite 2,50 m und Länge 6,70 m) sind gemäß den Empfehlungen für die Anlagen des ruhenden Verkehrs (EAR) gewählt.

Zur Reduzierung des Versiegelungsgrades und Steigerung der Versickerung von Niederschlagswasser ist im Rahmen der weiteren Planungsphasen eine entsprechende Ausführung zu wählen (Rasengittersteinen, Schotterrasen, Kiesbeläge oder Pflastersteinen mit offenen Fugen).

3.2.6 Straßenausstattung

3.2.6.1 Straßenbeleuchtung

Die Planung der Straßenbeleuchtung erfolgt direkt von der Stadt Darmstadt. Teilweise werden die Beleuchtungselemente in die Fahrleitungsplanung integriert, siehe hierfür Kapitel 3.1.6.2.

3.2.6.2 Markierung und Beschilderung

Die Planung der Markierung und Beschilderung erfolgt in der Ausführungsplanung. Die in der vorliegenden Planung enthaltene Markierung ist zum besseren Planverständnis dargestellt.

3.2.6.3 Lichtsignalanlage

An diversen Knotenpunkten ist die Ausstattung mit Lichtsignalanlagen erforderlich. Vollsignalisierte Knotenpunkte mit Beteiligung aller Verkehrsteilnehmer ÖV, MIV, Rad, Fuß werden mit Lichtsignalanlagen ausgerüstet. Folgende Knoten bzw. Querungen zählen hierzu:

- Überleitung des Radverkehrs stadteinwärts in der Ludwigshöhstraße vom Zweirichtungsradweg auf die korrekte Fahrbahnseite
- Überweg an der Haltestelle Lichtenbergschule
- Sicherung des Knotenpunkts an der Einmündung der Granitstraße
- Knoten Heidelberger Straße/Cooperstraße

Auch an diesen LSA erfolgt eine Anmeldung der ÖPNV-Fahrzeuge. Somit ist die Berücksichtigung im Signalzeitenplan sichergestellt. Die entsprechende Ermittlung der jeweiligen LOS (Level of Service) wird für jeden Knotenpunkt und Verkehrsträger in den folgenden Leistungsphasen ermittelt und die Steuerung geplant.

Für die Granitstraße ist bereits vorgesehen eine Zwei-Phasen-Steuerung umzusetzen.

- FV2/8 mit S52/58 und FG35
- FV5 mit FG38

Die Bezeichnung der Signalgruppen ist den Lageplänen vermerkt.

Städtische Lichtsignalanlagen

Vollsignalisierte Knotenpunkte mit Beteiligung aller Verkehrsteilnehmer ÖV, MIV, Rad, Fuß werden mit Lichtsignalanlagen ausgerüstet. Folgende Knoten bzw. Querungen zählen hierzu:

- Signalanlage A 50: Knoten Heidelberger Straße/Cooperstraße
- Signalanlage A 187: Kreuzung Granitstraße/Ludwigshöhstraße
- Signalanlage A 186: Überweg an der Haltestelle Lichtenbergschule inkl. der Bahnüberwege im Bereich der Wendeanlage und des Überweges südlich der Paul-Wagner-Straße

Auch an diesen LSA erfolgt eine Anmeldung der ÖPNV-Fahrzeuge.

Verkabelung der Anlagen

In den Lageplänen der Signalanlagen sind entsprechende benötigte Trassen für die Verrohrung in blau dargestellt. Die Lage ist soweit bereits möglich mit bestehenden oder geplanten Rohrtrassen gebündelt worden. Die Standorte der Steuergeräte können im Zuge der weiteren Planungen noch optimiert werden, wenn sich die Notwendigkeit auf Grund der weiteren Planungen anderer Gewerke ergibt. Eine Kombination mit anderen Rohrtrassen ist möglich in Abstimmung mit dem AG.

Steuergerätenahe Fahrbahnquerungen sollten mit mindestens 4 Einzelrohren DN 110 geplant werden.

Anbindung Ludwigshöhviertel

Zwischen Signalmast und Abzweigkasten genügt ein biegsames Rohr DN 75, welches in die Maste eingeführt werden kann.

Im Bereich des Knotenpunkts Heidelberger Straße/Cooperstraße ist ein Ringschluss der Verrohrung in den Plänen dargestellt. Dieser ist nicht zwingend erforderlich, jedoch muss von jedem Signalgeber zum Steuergerät eine Kabelverbindung möglich sein.

3.2.6.4 Ausstattungselemente zur Barrierefreiheit

Im Rahmen der bisherigen Planungen sind die Belange mobilitätseingeschränkter Personen berücksichtigt. So ist nach entsprechender Abstimmung mit dem Behindertenbeauftragten der Stadt Darmstadt die Blindenleitführung konzeptionell in die Planung aufgenommen, eine detailgetreue Planung des taktilen Leitsystems sowie weitere Orientierungssysteme werden in der Ausführungsplanung geplant. Schnittstellen zur inneren Erschließung sind zu berücksichtigen.

3.3 Entwässerungsmaßnahmen

3.3.1 Regenwasserableitung

Das Konzept der Regenwasserableitung ist in Abbildung 22 grafisch zusammengefasst und wird im nachfolgenden Kapitel abschnittsweise beschrieben.

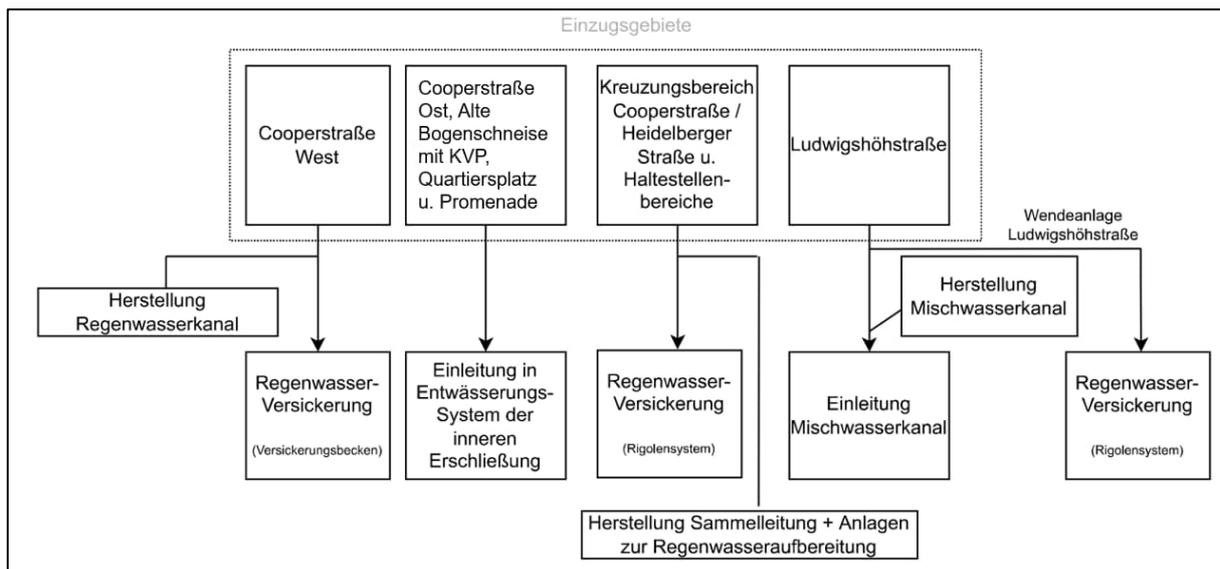


Abbildung 22: Entwässerungskonzept Niederschlagswasser

3.3.1.1 Einzugsgebiet „Cooperstraße West“

Aufgrund des im Bestand fehlenden Vorfluters, in dem die aus der Oberfläche der Cooperstraße West anfallenden Niederschlagsmengen entwässert werden könnten, erfolgt die Entwässerung über eine dafür vorgesehene Versickerungsfläche nordwestlich des Knotenpunkts Heidelberger Straße/Cooperstraße. Hierzu wird das Wasser am Fahrbahnrand über Sinkkästen (Einzugsfläche pro Sinkkasten= ca. 250 m²) gesammelt und über einen Regenwasserkanal der Versickerungsfläche zugeführt. Die Dimensionierung des Regenwasserkanals erfolgt gemäß DWA-A 138. Die Bemessungshäufigkeit ist dabei entsprechend DIN EN 752-4 für Wohngebiete mit einmal in zwei

Anbindung Ludwigshöhviertel

Jahren ($n=0,5^{a-1}$) und die Niederschlagsspende gemäß KOSTRA DWD 2010R Rasterfeld Spalte 24, Zeile 70 mit $173,5 \text{ l/ (s x ha)}$ gewählt. In Tabelle 3 sind die sich aus der Verkehrsanlage ergebenden Niederschlagswassermengen dargestellt.

Fläche/Haltung	Gesamt	Fahr- bahn	Y	Geh- weg	Y	A_{res}	Q_{RW}	$Q_{\text{RW,kummuli.}}$
	[m ²]	[m ²]	-	[m ²]	-	[ha]	[l/s]	
101-102	1042	719	0,9	323	0,75	0,09	15,43	<u>15,43</u>
102-103	750	512	0,9	239	0,75	0,064	11,09	<u>26,52</u>
103-104	251	172	0,9	79	0,75	0,021	3,71	<u>30,32</u>
104-105	531	359	0,9	172	0,75	0,045	7,84	<u>38,08</u>
105-106	752	565	0,9	187	0,75	0,065	11,26	<u>49,33</u>
106-107	751	608	0,9	143	0,75	0,065	11,35	<u>60,69</u>
107-108	751	611	0,9	140	0,75	0,065	11,36	<u>72,05</u>
108-109	250	206	0,9	44	0,75	0,022	3,79	<u>75,84</u>

Tabelle 3: Niederschlagswassermengen Cooperstraße West

Aufgrund der teilweise hohen Längsneigung der Cooperstraße sind nach Vorgabe der Stadt Darmstadt sechs Absturzschächte angesetzt, wodurch die maximale Längsneigung der Haltungen 2,0 Prozent beträgt. Die durchgehende Nennweite des Regenwasserkanals ergibt gemäß hydraulischer Bemessung DN 300. Die Froude-Zahlen der einzelnen Haltungen betragen wie vorgegeben einem Kennwert von unter 2,0. Für weiterführende Details zur Bemessung des Regenwasserkanals wird nachrichtlich auf Anlage B 7.1 verwiesen. Der Längsschnitt des Regenwasserkanals ist nachrichtlich in Anlage B 5.5 dargestellt.

Die Dimensionierung des Versickerungsbeckens erfolgt ebenfalls gemäß DWA-A 138. Als Eingangswert der angeschlossenen Fläche wird $A_U=0,5 \text{ ha}$ analog zur Bemessung des Regenwasserkanals angesetzt. Der Durchlässigkeitsbeiwert der Beckensohle wird gemäß geotechnischem Gutachten für diesen Bereich mit $k_f=6,6 \cdot 10^{-6}$ angegeben. Um den erforderlichen Erdaushub zu reduzieren ist aufgrund der vorliegenden topografischen Verhältnisse eine Unterteilung des Versickerungsbeckens in insgesamt 4 Becken erfolgt, die je nach Regenereignis nacheinander volllaufen. Aufgrund der Lage des Beckens im Einschnitt bzw. den vorliegenden Topographischen Verhältnissen/Höhenunterschiede ist eine Einzäunung des Beckens aus Gründen der Verkehrssicherheit erforderlich.

Die entsprechenden Berechnungsverfahren des DWA-A 138 ergeben als erforderliches Beckenvolumen 185 m^3 . Der Nachweis der einzelnen Versickerungsbeckens mit einer Einstauhöhe von 30 cm bzw. im westlichen Becken Einstauhöhe von 50 cm ergibt ein gesamtes Beckenvolumen von 186 m^3 . Grundlage für die Bemessung ist ein 5-jährlicher Regen ($r_{D(0,2)}$). Für weiterführende Details zur Bemessung des Beckens und dem Nachweis der Versickerungsrate wird nachrichtlich auf B 7.2 verwiesen.

Die sich aus den Böschungsbereichen ergebende Niederschlagsmengen werden über Versickerungsmulden entwässert. Die Reinigungsfunktion erfolgt analog zum Versickerungsbeckens über Sedimentation im Speicherraum bzw. Filtration im Boden. Die

Versickerungsmulden sind als Rasenmulden vorgesehen, durch entsprechende Querriegel bzw. Schwellen werden aufgrund des Längsgefälles entlang der Cooperstraße entsprechende Speicherräume geschaffen. Die Bemessung erfolgt gemäß DWA-A 138. Es ergibt sich in Abhängigkeit der erforderlichen Speichervolumen und der sich daraus ergebenden Einstauhöhe eine Muldenbreite von 80 cm.

3.3.1.2 Einzugsgebiet „Kreuzungsbereich Cooperstraße/Heidelberger Straße und eingedeckte Gleisbereiche“

Aufgrund der Höhenlage der Cooperstraße zum Versickerungsbecken lässt sich nicht die gesamte Cooperstraße über das Versickerungsbecken entwässern. Aufgrund des fehlenden Vorfluters erfolgt die Entwässerung von Teilen der Cooperstraße, des Kreuzungsbereichs, Haltestellenbereiche und der befestigten Bereiche des Gleisdreiecks über ein Boxrigolensystem.

Regenwasserbehandlung:

Bei der Aufnahmekapazität der Regenwasseraufbereitungsanlagen ist sich an den Herstellerangaben gängiger Regenwasseraufbereitungsanlagen orientiert worden. Da Filtrationsschächte ohne Sedimentationsanlagen i.d.R. eine maximal anschließbare Fläche von bis zu 500 m² aufnehmen können, werden für Flächen bis zu 2000 m² modular aufgebaute Reinigungssysteme, bestehend aus Sedimentationsanlage und Filtrationsschacht, eingesetzt. Aufgrund der nur begrenzt möglichen Aufnahmekapazität der Anlagen zur Regenwasseraufbereitung sind für das Einzugsgebiet der Boxrigole folgende unterschiedlich große Einzugsflächen angesetzt worden:

- Regenwasseraufbereitungsanlage „Cooperstraße“: 1250 m²
- Regenwasseraufbereitungsanlage „Nord“: 1773 m²
- Regenwasseraufbereitungsanlage „Süd“: 1820 m²

Zur Prüfung, ob die für die jeweilige Fläche bzw. die für den zu erwartenden Verschmutzungsgrad angesetzte Behandlung ausreichend ist, ist eine Bewertung gemäß DWA Merkblatt M153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“ durchgeführt worden. Hierbei ergibt sich die Abflussbelastung B aus dem eingangs bestimmten Verschmutzungsgrad. Für die Bestimmung des Verschmutzungsgrads ist für die Luftverschmutzung Typ L1 und Flächenverschmutzung Typ F4 gewählt worden. Analog zur Aufnahmekapazität ist sich bei der Annahme der Durchgangswerte an Herstellerangaben gängiger Anlagen orientiert worden (hier: Filtration und Sedimentation als kombinierte Anlage: D=0,25). Wie in Anlage B 7.3 ersichtlich, gilt für alle Einzugsflächen Belastung * Durchgangswert= E < G, womit der veranschlagte Anlagentyp als ausreichend erachtet werden kann. Für weiterführende Details wird nachrichtlich auf Anlage B 7.3 verwiesen.

Regenwasserversickerung:

Die Bemessung der Box-Rigole erfolgt gemäß DWA Arbeitsblatt A138. Hierbei ergibt sich für die zu entwässernde Fläche von ca. $A_{u,ges} = 4840 \text{ m}^2$ (Unterteilung der Einzugsgebiete nach Abflussbeiwert) und dem k_f -Wert= $6,6 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ ein erforderliches Einstauvolumen von ca. 180 m³. Mit einer Boxrigolenhöhe von 66 cm ergibt sich damit

eine Boxrigolenfläche von 286 m². Die Abmessungen betragen in der Länge 25,60 m und in der Breite 11,60 m. Für weiterführende Details wird nachrichtlich auf Anlage B 7.3 verwiesen.

3.3.1.3 Einzugsgebiet „Cooperstraße Ost, Kreisverkehrsplatz und Alte Bogenschneise“

Die sich aus der Oberfläche der oben genannten Abschnitte ergebenden Niederschlagsmengen werden analog zur Cooperstraße West über Sinkkästen (Einzugsfläche pro Sinkkasten= 250 m²) gesammelt. Während die Regenwassermengen in der Cooperstraße West über ein dafür vorgesehenes Versickerungsbecken versickert werden, erfolgt in der Cooperstraße Ost eine Einleitung in den im Rahmen der inneren Erschließung geplanten Regenwasserkanal.

3.3.1.4 Einzugsgebiet „Ludwigshöhstraße“

Die sich aus der Oberfläche des oben genannten Abschnitts ergebenden Niederschlagsmengen werden über Sinkkästen (Einzugsfläche pro Sinkkasten= 250m²) gesammelt und in den in Kapitel 3.3.2.1 beschriebenen Mischwasserkanal eingeleitet.

3.3.1.5 Gleisentwässerung

Im Zuge der Maßnahme wird das anfallende Oberflächenwasser im Bereich der durchlässigen Oberbauarten (Grüngleis) versickert. Die im Bodengutachten genannten kf-Werte des anstehenden Bodens lassen eine Versickerung zu. Im Bereich zwischen der Haltestelle Marienhöhe und Haltestelle Cooperstraße tangiert der Oberbau des Bahnkörpers abschnittsweise eine nur schlecht versickerungsfähige Felsschicht. Hier ist ein Rigolensystem aus zwei außenliegenden Sickersträngen mit einer Abmessung b/h= 50 cm/50 cm mit Filterkies und Geotextil erforderlich.

In den Bereichen von versiegeltem Oberbau wird das Oberflächenwasser über Gleisentwässerungskästen gefasst und der städtischen Kanalisation zugeführt. Bei der Bemessung der Gleisentwässerungskästen ist die jeweilige Anschlussleitung der begrenzende Faktor bzw. maßgebend. Für die Anschlussleitungen der Gleisentwässerungskästen ist Durchmesser von DN125 gewählt. Gemäß vereinfachter Bemessung analog EN12056-2 in Verbindung mit DIN1986 und einer Niederschlagsspende gemäß KOSTRA DWD 2010R Rasterfeld Spalte 24, Zeile 70 mit 173,5 l/ (s x ha) ergibt sich für einen Durchmesser von DN125 je nach Gefälle der Leitung eine Einzugsfläche von ca. 200 m² pro Entwässerungsstelle.

Zusätzlich wird der Bereich der Wendeschleife und der Haltestellenbereiche über ein Boxrigolensystem entwässert. Die Bemessung der Box-Rigole erfolgt gemäß DWA Arbeitsblatt A138. Hierbei ergibt sich für die zu entwässernde Fläche von ca. $A_{u,ges} = 1005$ m² (Unterteilung der Einzugsgebiete nach Abflussbeiwert) und dem k_f -Wert= $6,6 \cdot 10^{-6}$ m/s ein erforderliches Einstauvolumen von ca. 40 m³. Mit einer Boxrigolenhöhe von 66 cm ergibt sich damit eine Boxrigolenfläche von 77 m². Die Abmessungen betragen in der Länge 9,60 m und in der Breite 8,00 m. In Abhängigkeit der Grünplanung im Inneren der Wendeanlage kann die Geometrie der Boxrigole noch variieren. Für weiterführende Details wird nachrichtlich auf Anlage B 7.4 verwiesen.

3.3.2 Schmutzwasserableitung

Im Rahmen des Vorhabens „Anbindung Ludwigshöhviertel“ ist in der Cooperstraße ein reiner Schmutzwasserkanal (reiner Transportkanal, keine Zuflüsse im Planungsgebiet) vorzusehen. In der Ludwigshöhstraße wird der bestehende Mischwasserkanal verlegt.

3.3.2.1 Mischwasserkanal Ludwigshöhstraße

In der Ludwigshöhstraße befindet sich der bestehende Mischwasserkanal unter der geplanten Bahntrasse, womit eine Verlegung des Kanals erforderlich wird. Unter Berücksichtigung diverser Zwangspunkte von Bestandsleitungen ist in einer gemeinsamen Abstimmung zwischen der Stadt Darmstadt und den Leitungsbetreibern der Kanal unter dem Radweg verortet. Durch diese Lage können zahlreiche Bestandsleitungen verschiedener Leitungsträger in ihrer Bestandslage beibehalten werden. Bei der Neuplanung des Kanals ist sich sowohl bei den Haltungslängen als auch bei der Höhenplanung des Kanals (unter Beachtung der ankommenden Haltungshöhen der inneren Erschließung) am Bestand orientiert worden. Im Bereich Paul-Wagner-Straße ist zusätzlich eine Umplanung der bestehenden Schachtbauwerke erforderlich. Das Schachtbauwerk L109 verknüpft hierbei den neu herzustellenden Kanal aus der Ludwigshöhstraße mit dem bestehenden Kanal aus der Paul-Wagner-Straße. Aus sicherheitstechnischen Gründen ist ein Mindestabstand von 2,05 m zwischen Außenkante Schachtzugang und Gleisachse einzuhalten. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, wird aufgrund der Bestandslage des Schachtzugangs das Schachtbauwerk M30166 zurückgebaut und durch ein neues Schachtbauwerk L110 ersetzt. Die beiden Schachtbauwerke werden durch eine neu herzustellende Haltung DN 350 verbunden, die bestehende Haltung EI 600/1220 wird zurückgebaut.

Angaben zum Verlauf des Mischwasserkanals in der Ludwigshöhstraße sind der Anlage B 5.6 im Längsschnitt und in Anlage B 4.1, B 4.2 und B 4.3 im Lageplan zu entnehmen.

3.3.2.2 Schmutzwasserkanal Cooperstraße

Bei dem nachfolgend beschriebenen Schmutzwasserkanal handelt es sich um eine Parallelmaßnahme.

In der Cooperstraße wird an den Schmutzwasserkanal der inneren Erschließung (Schacht S39615) angeschlossen. Grundlegende Aufgabenstellung bei der Planung des Schmutzwasserkanals ist der Lückenschluss zwischen der Kanalplanung der inneren Erschließung und der Bestandskanalisation in der Lincoln-Siedlung. Hinsichtlich des Anschlusses an die Bestandskanalisation der Lincoln-Siedlung ist wie folgt zu differenzieren:

a) Anschluss an Bestandsschacht S39105 („Anschluss Endzustand“):

Durch die aus Ludwigshöhviertel und Marienhöhe stammende Schmutz- bzw. Mischwassermenge von 240 l/s und die sich daraus ergebende Nennweite von DN 400 des anzuschließenden Kanals der inneren Erschließung ist ein Anschluss an die westliche Bestandhaltung der Lincoln-Siedlung nicht ohne weiteres möglich, da diese eine Nennweite von DN300 aufweist und damit einen Dimensionswechsel erfordert. Aus diesem Grund ist nach entsprechender Abstimmung mit der Stadt Darmstadt an die

Anbindung Ludwigshöhviertel

nächsterreichbare Haltung mit einer Mindestnennweite von DN 400 anzuschließen, wobei die entsprechende Kanalführung zu dieser Haltung unter der geplanten Fahrbahn der Drittplanung „Planstraße A“ erfolgen soll. Zwar weisen die darauffolgenden Haltungen 39102 und 39103 eine Nennweite von DN 400 auf, allerdings ergeben hydraulische Nachrechnungen, dass aufgrund der vorliegenden Längsneigungen 39102 (DN 400 mit 4,67 ‰) und 39103 (DN 400 mit 5,62 ‰) die Schmutzwassermengen aus dem Ludwigshöhviertel nicht aufgenommen werden können (Teilfüllungsdurchfluss $Q_t > \text{Durchfluss der Volfüllung } Q_v$). Die Planung sieht daher vor die beiden Haltungen 39102 und 39103 durch entsprechende Erhöhung der Neigung auf 13,50 ‰ bzw. 15 ‰ bei gleichbleibender Lage anzupassen. An das bestehende Kanalnetz wird demnach erst an Bestandsschacht S39104 angeschlossen. Die nachfolgende Bestandshaltung 39104 mit der im Bestand vorliegenden Längsneigung von 4,56 ‰ kann die Schmutzwassermenge von 240 l/s aufnehmen. Hinsichtlich des Bauablaufs erweist sich die vorher beschriebene Anschlussplanung an die Lincoln-Siedlung als ungünstig, da das Vorhaben Anbindung Ludwigshöhviertel zum derzeitigen Kenntnisstand vor der Planstraße A fertiggestellt sein wird. Die in den Lage- und Höhenplänen als „Anschluss Endzustand“ deklarierte Kanalplanung ist daher nachrichtlich dargestellt und ist als Planungsansatz bei weiterführenden Planungsschritten der Planung der Planstraße A zu verstehen. Aus diesem Grund ist im Zuge der Kanalplanung des Projektes „Anbindung Ludwigshöhviertel“ ein provisorischer Anschluss vorgesehen.

b) Anschluss an Bestandsschacht S39100 („Anschluss provisorisch“):

In dieser Planung ist vorgesehen, den Kanal bis Schacht S308 herzustellen und an die Bestandshaltung S39100 über eine zusätzliche Haltung provisorisch anzuschließen, in den entsprechenden Unterlagen als „Anschluss provisorisch“ dargestellt. Die entsprechenden Wassermengen aus dem Ludwigshöhviertel werden nach Herstellung der Cooperstraße über das entsprechende Provisorium in die Bestandskanalisation der Lincoln-Siedlung geleitet. Nach Fertigstellung der Planstraße A und des entsprechenden Kanalbaus können die provisorische Haltung und die beiden anschließenden Bestandshaltungen zurückgebaut werden und die Ableitung des Schmutzwassers aus dem Ludwigshöhviertel erfolgt wie unter a) beschrieben.

Aufgrund der teilweise hohen Längsneigung der Cooperstraße sind nach Vorgabe der Stadt Darmstadt fünf Absturzschächte angesetzt, wodurch die maximale Längsneigung der Haltungen 22,50 ‰ beträgt. Die durchgehende Nennweite des Regenwasserkanals ergibt gemäß hydraulischer Bemessung eine Nennweite von DN 400, die Froude-Zahl der einzelnen Haltungen betragen wie vorgegeben einen Kennwert von unter 2,0.

3.4 Baugrund / Erdarbeiten

Allgemein:

Das Ludwigshöhviertel befindet sich innerhalb des kristallinen Odenwaldes, der sich überwiegend aus magmatischen Gesteinen, hier Granodiorit, zusammensetzt. Die kristallinen Festgesteine werden nach Westen hin von zunehmend mächtigeren pleistozänen Sanden überlagert. Westlich der Heidelberger Straße, an der parallel dazu die Grabenflanke des Oberrheingrabens verläuft, treten die Festgesteine erst in einer

Anbindung Ludwigshöhviertel

Tiefe > 15 m auf. Oberflächennah treten aufgrund bestehender Bebauung anthropogene Auffüllungen auf.

Ludwigshöhstraße bis Cooperstraße:

Unterhalb des bestehenden Straßenbelags aus Asphalt bzw. Verbundsteinpflaster treten im Bereich der Ludwigshöhstraße und Cambrai-Fritsch-Kaserne anthropogene Auffüllungen auf. Vereinzelt wurden quartäre Sande und Kiese angetroffen. Die Basis bildet bereits ab ca. 1,0 m u. GOK ein sandig-kiesiger Felsersatz, der als Verwitterungsgrus des Granodiorits zu interpretieren ist. Dieser geht mit zunehmender Tiefe in kompakten, unverwitterten Granodiorit über.

Cooperstraße bis Heidelberger Straße:

Im Bereich der Cooperstraße treten unterhalb der Straßenbefestigungen geringmächtige Auffüllungen über deutlich mächtigeren quartären Sanden und Kiesen auf.

Der Felshorizont des Granodiorits ist hier erst in größerer Tiefe > 2,0 m u. GOK zu erwarten. Im Übergangsbereich zur Heidelberger Straße wurde kein Granodiorit aufgeschlossen.

Erdarbeiten:

Die angetroffenen Böden liegen in lockerer, als auch in dichter Lagerung vor. Anfallende Baggerarbeiten können in der Regel bis zum Übergang des Verwitterungsgrus in kompakteren Felsen ohne besondere Einschränkungen durchgeführt werden. Bei der Entsorgung von Aushubmaterial ist auf eine sortenreine Trennung zu achten.

Geplante Rammarbeiten können innerhalb der Lockergesteine und innerhalb des Verwitterungsgrus durchgeführt werden. Bei dichter Lagerung ist jedoch mit Vorbohrarbeiten zu rechnen. Ein Einrammen in den unverwitterten, kompakten Granodiorit ist nicht möglich.

Anfallende Bohrarbeiten können ohne besondere Anforderungen durchgeführt werden. Innerhalb des unverwitterten, kompakten Felsens ist jedoch aufgrund des erhöhten Quarzanteils mit einem erhöhten Materialverschleiß zu rechnen.

Für weiterführende Details wird auf Anlage C 2 verwiesen.

3.5 Leitungen

Im Zuge des Vorhabens werden in Bezug auf zahlreiche Leitungen diverse Umverlegungsmaßnahmen erforderlich, die sich u.a. auch aus der Verkehrsanlagenplanung ergeben. Die Leitungsträger wurden seit Beginn der Entwurfsplanung in die Planung eingebunden, die bereitgestellten Medienplanungen sind in einem Gesamttrassenplan (Anlage B 4) übernommen und abgestimmt. Der Bestand ist in den Anlagen B 3 dargestellt. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind folgende Abstimmungen getroffen:

3.5.1 Trinkwasserversorgung

Die Planung der Trinkwasserleitung in Cooperstraße und Ludwigshöhstraße sind abgeschlossen und im Rahmen der Leitungs koordinierung abgestimmt. Es erfolgt eine Leitungsumplanung im Bereich des Schachtbauwerks L110, die Trinkwasserleitung

unter dem geplanten Radweg bleibt bis ca. 20 m vor Beginn der Haltestelle Lichtenbergschule erhalten, im weiteren Verlauf ist eine Neuplanung einer TW-Leitung bis zum Anschluss an die TW-Planung der inneren Erschließung geplant. Die Maßnahme wird bereits im Jahr 2022 stattfinden, sodass ein übergangsweiser Anschluss an die bestehende Trinkwasserleitung erfolgt. Für die Umverlegungsmaßnahme am Schachtbauwerk L110 sind Kosten von ca. 50.000 € vorzusehen.

3.5.2 Gasversorgung

Die Planungen der Gasleitung in der Ludwigshöhstraße sind abgeschlossen und im Rahmen der Leitungs koordinierung abgestimmt. Die Mitteldruckgasleitung unter dem geplanten Radweg auf der Westseite der Ludwigshöhstraße bleibt bis ca. 20 m vor Beginn der Haltestelle Lichtenbergschule erhalten, im weiteren Verlauf ist eine Neuplanung einer MG-Leitung 180 PERC geplant und endet auf Höhe Flurstück 47/1. Die Maßnahmen sind für die innere Erschließung notwendig. Der Versorger plant die Umsetzung im Jahr 2022.

3.5.3 Trassenpaket Entega

Die Koordination der Sparten Beleuchtung (Stadt Darmstadt), Fernmelde (Medianet, Stadt Darmstadt) und Strom sind innerhalb der Entega intern abgestimmt und im Rahmen der Trassenkoordination als ein gesamtes Trassenpaket übernommen worden. Dieses Trassenpaket befindet sich beidseitig in der Ludwigshöhstraße, in Bereichen der östlichen Cooperstraße und entlang der Heidelberger Straße.

3.5.4 Straßenbeleuchtung

Die Leitungen zur Straßenbeleuchtung sind bereits im Trassenpaket Entega berücksichtigt (siehe Kapitel 3.5.3). Die Beleuchtung der Haltestelle Lichtenbergschule erfolgt über die städtische Beleuchtung.

3.5.5 Telekommunikation

Unity-Media: Entgegen der Trassenauskunft der Unity-Media/Vodafone aus dem Jahr 2020 sind die Leitungen in der Ludwigshöhstraße laut Mitteilung des Versorgers vom 03.02.22 nicht mehr aktiv. In der Cooperstraße werden alle Leitungen aufgegeben.

Telekom: Die genaue Bestandslage der Telekomleitungen ist im Rahmen der Trassenauskunft nicht zu eruieren gewesen, weshalb seitens der Telekom Suchschlitze im Kreuzungsbereich Paul-Wagner-Straße durchgeführt werden sollen, um einen Konflikt mit den Schachtbauwerken L109 und L110 ausschließen zu können. Nach Kenntnis über die genaue Lage werden ggf. erforderliche Umplanungsmaßnahmen in der Ausführungsplanung festgelegt. Im Verlauf der Ludwigshöhstraße müssen gemäß Aussage von Telekom vom 03.02.22 die Einzelkabel der Telekomleitung nicht erhalten bleiben. In der Cooperstraße werden alle Leitungen aufgegeben.

3.5.6 Fernmeldeversorgung US-Army

Die Verlegung des Fernmeldekabels der US-Army lässt sich in zwei nachfolgende Maßnahmen untergliedern:

a) Die aktuelle Abstimmung mit dem Leitungsträger des US-Kabels in Cooper- und Ludwigshöhstraße sehen vor, das bestehende US-Army Fernmeldekabel auf Höhe Cooperstraße zu trennen und über eine Leerrohrtrasse der Entega bis an das Bestandsnetz auf Höhe Noackstraße anzuschließen. In dem westlichen Abschnitt der Paul-Wagner-Str. wird ein derzeit nicht genutztes US-Army-Kabel verwendet. Im weiteren Verlauf ist sowohl im Bereich Noackstraße als auch in der Ludwigshöhstraße eine entsprechende Brückung notwendig. Hierdurch kann die Bestandsstrasse zwischen Knotenpunkt Heidelberger Straße, bis Knotenpunkt Paul-Wagner-Straße entlang der Cooperstraße und beidseitig entlang der Ludwigshöhstraße stillgelegt werden.

b) Aufgrund der neuen Gleislage entlang der Heidelberger Straße erfolgt ein Verswenk der US-Trasse in Richtung Osten, wodurch die Trasse unter dem geplanten Geh- und Radweg verläuft. Die entsprechenden Leerrohrtrassen werden im Zuge der Umverlegung im Bereich Heidelberger Straße seitens Medianet berücksichtigt. Die entsprechenden Abstimmungen sind derzeit noch nicht finalisiert.

3.5.7 Geothermie

Der Planungsstand für die Geothermieleitung und Nahwärmeleitung sind seitens ENTEGA zugearbeitet worden und im Gesamttrassenplan eingetragen. Die entsprechende Trassenkonfliktprüfung hat keine Konflikte mit geplanten oder bestehenden Leitungen ergeben.

3.5.8 Leitungen der BVD

Der Leitungsbestand bzw. die geplanten Medien der inneren Erschließung queren teilweise die Verkehrsanlage der äußeren Erschließung. Diese Leitungen stehen in keinem Konflikt, da bereits bei der Gradientenentwicklung der Bahn die Höhenlage der geplanten Leitungen der inneren Erschließung inkl. entsprechender Überdeckung berücksichtigt worden sind.

3.6 Ingenieurbauwerke

Aufgrund der vorliegenden Zwangspunkte im Bereich des Kreisverkehrs wird ein Höhenversatz zwischen straßenseitiger Verkehrsanlage und Bahnkörper erforderlich. Zur Geländesicherung gibt es aus ingenieurtechnischer Sicht mehrere Gestaltungs- und Ausführungsmöglichkeiten, die im Rahmen der Entwurfsbearbeitung den entsprechenden Entscheidungsträgern in Form von Variantengegenüberstellungen vorgelegt worden sind.

Der Höhenversatz zwischen straßenseitiger Verkehrsanlage und Bahnkörper wird durch eine Stützwand abgefangen. Es erfolgt keine zusätzliche Geländesicherung über eine Böschung, die Stützwandhöhe entspricht dementsprechend der Höhe des jeweiligen Höhenversatzes zwischen Gehwegrand und Bahnkörper bis zu einem Höhenunterschied von 15 cm und endet damit ca. 3 m vor dem Überweg der Haltestelle bzw. der Jupiterstraße. Entlang Gehwegabschnitten mit einem Höhenversatz von über 1,00 m ist eine entsprechende Absturzsicherung vorzusehen. Entlang der Stützwand zwischen Bahnkörper und Kreisverkehrsplatz sind zudem mögliche Schnittstellen zur

Fahrleitungsplanung zu berücksichtigen. Aus Instandhaltungsgründen sowohl hinsichtlich des Reinigungsprozesses des Bahnkörpers als auch der Wartung der Masten wird von einer Verortung der Masten zwischen Stützwand und Sicherheitsraum abgesehen. Im Bereich der Fahrleitungsmasten werden bewehrte Blockfundamente mit Köchern in die Stützwand integriert, in welche die Maste eingestellt werden.

3.7 Brandschutz

Ziel des Brandschutzkonzeptes ist es die Brandschutzorganisation, sowie die Planungen auf die baurechtlichen Vorgaben der Hessischen Bauordnung (HBO) und weiterer baulicher (Brandschutz-) Vorschriften abzustimmen, so dass sie den bauordnungsrechtlichen Anforderungen hinsichtlich des Brandschutzes entsprechen, bzw. keine Bedenken wegen des Brandschutzes bestehen.

Die hierzu erforderlichen Maßnahmen für den baulichen, anlagentechnischen und organisatorischen Brandschutz sind im Detail im Brandschutzkonzept (Anlage C 4.1) dargestellt.

Alle darin enthaltenen Punkte entsprechen den Richtlinien über Flächen für die Berufsfeuerwehr Darmstadt diese wurden im Vorfeld mit der Berufsfeuerwehr Darmstadt besprochen und abgestimmt.

Aus Sicht des Brandschutzkonzepterstellers bestehen keine Bedenken gegen die vorliegende Planung. Für weiterführende Details wird auf Anlage C 4.1 verwiesen.

3.8 Schall-/ Erschütterungsschutz

3.8.1 Schalltechnische Untersuchung 16. BImSchV Schienenverkehrslärm (Anlage C 1.1)

Durch den Betrieb von Verkehrswegen kommt es zu Geräuschimmissionen auf im Einwirkungsbereich befindliche Siedlungsflächen. Schallimmissionen zählen gemäß § 3 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit zu den Immissionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Gemäß § 41 (1) BImSchG ist beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Verkehrswegen sicherzustellen, dass durch diese keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche hervorgerufen werden können, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Nach § 41 (2) BImSchG kann von diesem Grundsatz abgewichen werden, falls die Kosten von Schutzmaßnahmen außer Verhältnis zu dem angestrebten Schutzzweck stehen würden.

Eine Konkretisierung der im Bundes-Immissionsschutzgesetz genannten unbestimmten Rechtsbegriffe zum Schallschutz wurde vom Gesetzgeber in der 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vorgenommen. Hierin werden Immissionsgrenzwerte genannt, bei deren Einhaltung davon ausgegangen werden kann, dass die Verkehrslärmimmissionen des neuen oder wesentlich geänderten Verkehrsweges nicht zu schädlichen Umwelteinwirkungen führen. Soweit im Falle einer wesentlichen Änderung Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte festgestellt werden, sind geeignete Schallschutzmaßnahmen zu dimensionieren.

Anbindung Ludwigshöhviertel

Die Ergebnisse der schalltechnischen Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die schalltechnische Untersuchung befasst sich mit der Durchbindung der Linie 3 durch das neu geplante Ludwigshöhviertel, mit Anbindung an die Bestandsstrecke in der Heidelberger Straße. Es wurde geprüft, ob der vorgesehene erhebliche bauliche Eingriff in den Schienenverkehrsweg zu einer wesentlichen Änderung nach Maßgabe der Verkehrslärmschutzverordnung (**16. BImSchV**) führt, bzw. ob die wesentliche Änderung, die aus dem Neubauabschnitt resultiert einen Anspruch auf Lärmvorsorge dem Grunde nach auslöst.

Die schalltechnische Untersuchung für den Schienenverkehrslärm hat ergeben, dass an insgesamt 11 bestehenden Gebäuden der Sachverhalt der wesentlichen Änderung nach der 16. BImSchV erfüllt ist und ein Anspruch auf Lärmvorsorge dem Grunde nach daher besteht:

- IP 53 - Kindergarten an der Lichtenbergschule (SOS)
- IP 57 / IP 59 - Ludwigshöhstraße 131 (MI)
- IP 90 - Ludwigshöhstraße 137a (MI)
- IP 101 - Ludwigshöhstraße 139 (MI)
- IP 119 / IP 134 - Bestandsgebäude im Plangebiet MU 1
- IP 120 / IP 160 / IP 176 - Bestandsgebäude im Plangebiet MU 4
- IP 177 / IP 171 - Bestandsgebäude im Plangebiet MU 3
- IP 305 / IP 306 - Franklinstraße 5 (WA)
- IP 308 / IP 309 - Franklinstraße 11 (WA)
- IP 311 - Franklinstraße 17 (WA)
- IP 292 - Heidelberger Landstraße 2 (WR)

Darüber hinaus wurde auch an 7 der geplanten Baugebiete innerhalb des Ludwigshöhviertels (Bebauungsplan S26), an einzelnen Baugrenzen, ein Anspruch auf Lärmvorsorge dem Grunde nach ausgewiesen, wobei hier maßgebend bzgl. des Anspruchs auf Lärmvorsorge ist, ob die Festsetzungen im Bebauungsplan S26 des Ludwigshöhviertels ausreichend sind:

- IP 178 / IP 200 - B1 (WA)
- IP 179 / IP 180 / IP 184 - A9 (WA)
- IP 190 / IP 197 - A10 (WA)
- IP 218 / IP 228 - A11 (WA)
- IP 229 - B2 (WA)
- IP 231 / IP 238 / IP 254 / IP 259 - A12 (WA)
- IP 232 / IP 237 / IP 240 - B3 (WA)

Die Durchführung von aktiven Schallschutzmaßnahmen ist im vorliegenden Fall auf Grund der Trassenführung und der Lage und Höhe der betroffenen Gebäude und Gebiete als nicht zielführend eingestuft worden.

Daher werden die gegebenenfalls vorhandenen Konflikte mit passiven Schallschutzmaßnahmen gelöst.

3.8.2 Schalltechnische Untersuchung 16. BImSchV Straßenverkehrslärm (Anlage C1.2)

Durch den Betrieb von Verkehrswegen kommt es zu Geräuschimmissionen auf im Wirkungsbereich befindliche Siedlungsflächen. Schallimmissionen zählen gemäß § 3 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) je nach Stärke und Wahrnehmbarkeit zu den Immissionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Gemäß § 41 (1) BImSchG ist beim Neubau oder der wesentlichen Änderung von Verkehrswegen sicherzustellen, dass durch diese keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Verkehrsgeräusche hervorgerufen werden können, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Nach § 41 (2) BImSchG kann von diesem Grundsatz abgewichen werden, falls die Kosten von Schutzmaßnahmen außer Verhältnis zu dem angestrebten Schutzzweck stehen würden.

Eine Konkretisierung der im Bundes-Immissionsschutzgesetz genannten unbestimmten Rechtsbegriffe zum Schallschutz wurde vom Gesetzgeber in der 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV) vorgenommen. Hierin werden Immissionsgrenzwerte genannt, bei deren Einhaltung davon ausgegangen werden kann, dass die Verkehrslärmimmissionen des neuen oder wesentlich geänderten Verkehrsweges nicht zu schädlichen Umwelteinwirkungen führen. Soweit im Falle einer wesentlichen Änderung Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte festgestellt werden, sind geeignete Schallschutzmaßnahmen zu dimensionieren.

Die Ergebnisse der schalltechnischen Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Es ist zu prüfen, ob der vorgesehene erhebliche bauliche Eingriff in den Straßenverkehrsweg der Umplanung der Cooperstraße an der Heidelberger Straße zu einer wesentlichen Änderung nach Maßgabe der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV) führt und daraus gegebenenfalls einen Anspruch auf Lärmvorsorge dem Grunde nach auslöst.

Die schalltechnische Untersuchung hat ergeben, dass lediglich an einem untersuchten Immissionsort der Sachverhalt der wesentlichen Änderung zu einem Anspruch auf Lärmvorsorgemaßnahmen, dem Grunde nach, führt. Dabei handelt es sich um einen Immissionsort, der an der Baugrenze des Plangebietes D2 im Ludwigshöhviertel berücksichtigt wurde. Demnach handelt es sich dabei um kein bestehendes Gebäude. Es ist bei der Überplanung des Gebietes D2 auf eine entsprechende Ausrichtung und Ausstattung der Nordfassaden geplanter Gebäude zu achten. Gegebenenfalls sind Schutzziele, die im Bebauungsplan definiert sind, noch zu verschärfen.

An allen anderen Immissionsorten im Umfeld der geänderten Anbindung der Cooperstraße an die Heidelberger Straße liegen keine Ansprüche auf Lärmvorsorge nach der 16. BImSchV vor.

3.8.3 Schalltechnische Untersuchung Gesamtlärm (Anlage C1.3)

Die Verkehrslärmerhöhung, die durch den Bau oder durch die wesentliche Änderung eines Verkehrsweges entsteht, darf der Rechtsprechung des Bundes-Verwaltungsgerichtes (BVerwG, Urteil vom 21.03.1996 – 4 C 9.95) zufolge zu keiner Gesamtbelastung führen, die eine Gesundheitsgefährdung darstellt. Bereits in früheren Entscheidungen (BVerwG, Urteil vom 14.12.1979, 4 C 10.77) wurde ausgeführt, dass bei einer beträchtlichen Vorbelastung durchaus eine besondere Empfindlichkeit gegenüber weiteren Erhöhungen bestehen könne. Allerdings wird dabei vorausgesetzt, dass die Wahrnehmungsschwelle überschritten ist. Erst dann, wenn die Erhöhung der Immissionen wahrnehmbar sei, könnte sich die Frage stellen, ob eine zu vermeidende bzw. ausgleichsbedürftige Belastung vorliegt. Nach allgemeiner Auffassung werden Schallpegelreduzierungen bzw. -erhöhungen um 3 dB(A) als Veränderung der Geräuschbelastung gut wahrgenommen.

Die durchgeführte schalltechnische Untersuchung zur Ermittlung der Gesamteinwirkungen aus Verkehrslärm haben zu den folgenden Ergebnissen geführt:

Im Untersuchungsbereich sind sowohl Zusatzbelastungen als auch Pegelminderungen auf Grund der geänderten Verkehrssituation der Schienen- und Straßenverkehrswege zu erwarten.

Deutliche Zusatzbelastungen sind im Bereich des Ludwigshöhviertels zu erwarten, welches erschlossen werden soll und durch welches daher künftig von Schienenverkehrslärm betroffen sein wird, während hier heute keine Lärmbelastungen vorhanden sind.

Dagegen sind deutliche Pegelminderungen im Bereich der Ludwigshöhstraße 120 zu verzeichnen, wenn künftig eine Durchbindung des Verkehrs durch das Ludwigshöhviertel erfolgt und die Wendeschleife in der Ludwigshöhstraße im Regelbetrieb nicht mehr befahren wird.

Im Bereich der Heidelberger Straße ist eine Zusatzbelastung zu erwarten, welche als gering (< 0,5 dB) einzustufen ist. Auf Grund der Überschreitung der angewandten Zumutbarkeitsschwelle von 60 dB(A) in der Nacht, die an 7 Gebäuden in Verbindung mit den geringen Erhöhungen die hier lediglich auf Grund der geänderten Verkehrsmenge auf dem Schienenverkehrsweg (eine bauliche Anpassung findet in diesem Bereich nicht statt) entsteht, überschritten sind, ist hier die Situation als „bedenklich“ einzustufen.

Bei diesen 7 Gebäuden werden die gegebenenfalls vorhandenen Konflikte, zur Kompensation der Lärmzunahme, durch passive Schallschutzmaßnahmen nach der 24. BImSchV gelöst:

Anbindung Ludwigshöhviertel

- IP 334 - Heidelberger Straße 203
- IP 336 - Heidelberger Straße 197
- IP 338 – Heidelberger Straße 148
- IP 341 / IP 343 – Paul-Wagner-Straße 70
- IP 344 - Heidelberger Straße 189A
- IP 347 - Heidelberger Straße 189
- IP 349 - Heidelberger Straße 146A

3.8.4 Erschütterungstechnische Untersuchung – Betriebslärm – (schienenverkehrsinduzierte Immissionen aus Erschütterungen und sekundärem Luftschall) (Anlage C1.4)

Im Gegensatz zur schalltechnischen Problemstellung existieren derzeit keine gesetzlichen Bestimmungen, in denen Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen festgelegt sind. Daher werden die in Fachkreisen anerkannten Anhaltswerte gemäß DIN 4150-2 herangezogen. Bei Einhaltung dieser Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass die Erschütterungen keine erheblich belästigenden Einwirkungen darstellen, die als niedrigste Qualifikationsstufe schädlicher Umwelteinwirkungen anzusehen sind.

Da die DIN 4150-2 und die darin ausgewiesenen Anhaltswerte nicht direkt auf schienenverkehrsinduzierte Erschütterungsereignisse ausgerichtet sind und die Grenze der Zumutbarkeit von Erschütterungszunahmen nicht definiert ist, muss das Erfordernis von Erschütterungsvorsorgemaßnahmen im Einzelfall geprüft werden. Die gegebene Vorbelastung durch bereits bestehende Schienenverkehrswege ist hierbei zu berücksichtigen.

Nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes müssen sich Betroffene vorhandene Vorbelastungen aus Erschütterungsimmissionen zurechnen lassen, d.h. dass die Vorbelastung bei der Prüfung möglicher Ansprüche auf Minderungsmaßnahmen und bei der Abwägung geeigneter Schutzvorkehrungen zu berücksichtigen ist. Demgemäß können nach der gegenwärtigen Rechtslage reale und geldwerte Ausgleichsansprüche beim Vorhandensein erheblich belästigender Erschütterungsimmissionen an baulich geänderten Schienenverkehrswegen nur dann bestehen, wenn die Vorbelastung durch bestehende Bahnanlagen durch das Hinzutreten weiterer Erschütterungseinwirkungen in beachtlicher Weise erhöht wird und gerade in dieser Erhöhung eine zusätzliche, unzumutbare Beeinträchtigung liegt. Im Zusammenhang mit der Frage, welche Erhöhung der Erschütterungsimmission eine unzumutbare Beeinträchtigung darstellt, bestätigt das Bundesverwaltungsgericht, dass eine Verstärkung der Erschütterungen dann wesentlich ist, wenn diese sich gegenüber der Vorbelastung um mindestens 25 % erhöht.

Als Folge der verkehrsinduzierten Schwingungsimmissionen im Gebäude entstehen darüber hinaus sekundäre Luftschallimmissionen. Diese treten dann auf, wenn infolge

Anbindung Ludwigshöhviertel

der auftretenden Bauwerksschwingungen eine Abstrahlung durch die Raumbegrenzungsflächen, das heißt Geschosdecken oder Wände, als hörbarer tieffrequenter Luftschall wahrgenommen werden kann.

Auch für die Ermittlung und Beurteilung von Geräuschimmissionen aus sekundärem Luftschall existieren derzeit weder normative Festsetzungen noch gültige Rechtsverordnungen. Daher ist es erforderlich, sich für eine sachgerechte Beurteilung an andere Gesetze, Verordnungen und Regelwerke auf Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen anzulehnen. Zur Beurteilung schienenverkehrsinduzierter sekundärer Luftschallimmissionen wird daher die 24. BImSchV (Verkehrswege - Schallschutzmaßnahmenverordnung) herangezogen. Die 24. BImSchV enthält – wenn auch indirekt – Vorgaben für zulässige Innenraumpegel aus Verkehrslärmimmissionen in Abhängigkeit von der Raumnutzung. Da diese Richtwerte für die Bemessung passiver Schallschutzmaßnahmen an oberirdisch geführten Streckenabschnitten vom Gesetzgeber vorgesehen sind, ist es plausibel, die Vorgaben analog auch beim sekundären Luftschall anzuwenden.

Die Rechtsgrundlage für Ansprüche auf Schutzmaßnahmen ist in § 74 (2) Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) begründet. Hiernach sind dem Träger eines Vorhabens Vorkehrungen oder die Einrichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen erforderlich sind. Sind solche Vorkehrungen oder Anlagen untunlich, das heißt mit angemessenem Aufwand zum Schutzzweck nicht realisierbar, oder sind die Maßnahmen mit dem Vorhaben nicht vereinbar, so besteht ein entsprechender Entschädigungsanspruch.

Die Ergebnisse der erschütterungstechnischen Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Im Einwirkungsbereich der entworfenen Strecke wurden die Erschütterungsimmissionen für die nächstgelegenen geplanten und bestehenden Gebäude auf Grundlage von genormten Emission- und Ausbreitungsbedingungen, typischer Gebäudeübertragungsfunktionen und des Betriebsprogramms für das neue Straßenbahnverkehrskonzept berechnet und gemäß den Anforderungen der DIN 4150-2 bzw. der 24. BImSchV beurteilt.

Für die Gebäude im Plangebiet des Ludwigshöhviertel, die sich im Einwirkungsbereich der Kurven befinden, können Konflikte ohne Schutzmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden. D. h. innerhalb dieser Gebäude werden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 sowohl am Tag- als auch im Nachtzeitraum überschritten. Aufgrund der bestehenden Randbedingungen können diese prognostizierten Überschreitungen durch entsprechende Schutzmaßnahmen vermieden werden.

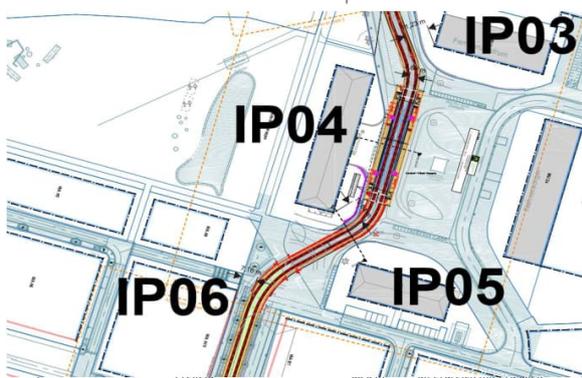


Abbildung 23: Einsatz des Masse-Feder-Systems

Hierbei wird der Einsatz leichter Masse-Federsysteme (LMFS) im Kurvenbereich des Urbanem Gebiets (MU) innerhalb des Plangebiets (IP03 bis IP05) und im Kurvenbereich des Wohngebiets (WA) (IP06 und IP08) vorgeschlagen. Die genauen Dimensionierungen sowie Frequenzbereiche werden im Rahmen der Ausführungsplanung festgelegt.

Für alle Gebäude außerhalb von Kurvenbereichen und für die Bestandsgebäude rund um das Ludwigshöhviertel (Cooperstraße, Ludwigshöhstraße) sind keine Konflikte auf Grund der schienenverkehrsinduzierten Erschütterungen und dem erhöhten Verkehrsaufkommen zu erwarten. Hier sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich.

Hinsichtlich des sekundären Luftschalls unterschreiten die prognostizierten Beurteilungspegel für alle untersuchten Deckeneigenfrequenzen die gültigen Immissionsrichtwerte gemäß der 24. BImSchV sowohl am Tag als auch in der Nacht. Maßnahmen zur Reduzierung der sekundären Luftschallimmissionen werden somit nicht erforderlich.

3.8.5 Schalltechnische Untersuchung – Baubetrieb (Anlage C1.5)

Baustellen, Baulagerplätze und Baumaschinen sind im Allgemeinen als nicht genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des § 3 (5) BImSchG einzustufen. Beim Betrieb derartiger Anlagen muss der Anlagenbetreiber grundsätzlich gemäß § 22 (1) BImSchG sicherstellen, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und dass nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Die Beurteilung der Baulärmimmissionen erfolgt nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – (AVV-Baulärm). Hierin sind Baustellen als Bereiche definiert, auf denen Baumaschinen zur Durchführung von Bauarbeiten zum Einsatz kommen, einschließlich der Plätze, auf denen Baumaschinen zur Herstellung von Bauteilen und zur Aufbereitung von Baumaterial für bestimmte Bauvorhaben betrieben werden.

Die Ergebnisse der schalltechnischen Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Beurteilung der vom Baubetrieb hervorgerufenen Geräuschimmissionen führt zu dem Ergebnis, dass Überschreitungen der je nach Gebietstyp gültigen Immissionsrichtwerte der AVV-Baulärm zu erwarten sind. Es liegen vereinzelt Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV-Baulärm vor.

Bei dem Immissionsort IP 37, dem Kindergarten an der Lichtenbergschule in der Ludwigshöhstraße liegen bei den verschiedenen Bautätigkeiten Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV-Baulärm vor, sowie Beurteilungspegel von $L_r \text{ Tag} \geq 70,0$ dB(A). Die Schwelle zur lärmbedingten Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) am Tage wird hier demnach überschritten. Um dem entgegenzuwirken, wird ein Baubetrieb der besonders lärmintensiven Arbeiten zu Zeiten, in welchen kein Betrieb des Kindergartens und der Schule (Ferienzeit) ist, vorgeschlagen. Wenn dies nicht möglich ist, werden bei lärmintensiven Baumaßnahmen mobile Lärmschutzwände im Bereich des Kindergartens gestellt.

Im Ludwigshöhviertel liegen bei den leerstehenden Bestandsgebäuden Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV-Baulärm, jedoch nicht des Schwellenwertes zur lärmbedingten Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) am Tage vor. In der Cooperstraße liegen ebenfalls geringe Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV-Baulärm bei der angrenzenden Wohnnutzung vor, jedoch keine Überschreitungen des Schwellenwertes zur lärmbedingten Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) am Tage.

Die Anwohner werden im Vorfeld umfassend über Art und Dauer der Baumaßnahmen informiert.

Um die unvermeidbaren Lärmbelastungen während der Bauarbeiten dauerhaft auf das technisch mögliche Mindestmaß zu begrenzen, wird vom Vorhabenträger ein handlungsbefugter Baulärmverantwortlicher eingesetzt. Diese Person wird als Ansprechpartner für die Anwohner fungieren und im Falle von Beschwerden unverzüglich reagieren können. Eine genaue Vorgehensweise wird vor Baubeginn abgestimmt werden.

Es werden zur Dokumentation der tatsächlich auftretenden Lärmbelastungen für die am stärksten betroffenen Immissionsorte kontinuierliche baubegleitende Messungen zur Beweissicherung durchgeführt (Monitoring).

Es ist beabsichtigt, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch bauzeitliche Immissionen nach dem Stand der Technik vermieden werden und unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Insbesondere wird sichergestellt, dass - nur lärm-, erschütterungs- und schadstoffarme Fahrzeuge, Baumaschinen und Bauverfahren nach dem Stand der Lärminderungstechnik eingesetzt werden, - der AVV-Baulärm und die 32. BImSchV (Lärm) sowie die DIN 4150-2 und die DIN 4150-3 (Erschütterungen) beachtet und eingehalten werden.

In der Ausschreibung wird durch den Vorhabensträger sichergestellt, dass durch die zu beauftragenden Bauunternehmer ausschließlich Bauverfahren und Baufahrzeuge sowie Baugeräte eingesetzt werden, die hinsichtlich ihrer Schall-, Erschütterungs- und Schallstoffemissionen als Mindestanforderung dem Stand der Technik entsprechen.

Der Betrieb von lärmintensiven Baumaßnahmen bzw. Baumaschinen auf der Baustelle erfolgt im Regelfall im Tagzeitraum von 07:00 Uhr bis 20:00 Uhr. Für unaufschiebbare lärmintensive Bauarbeiten können im Ausnahmefall auch Arbeiten im Nachtzeitraum

Anbindung Ludwigshöhviertel

von 20:00 Uhr bis 07:00 Uhr sowie an Sonn- und gesetzlichen Feiertagen durchgeführt werden. Der Ausnahmefall kann folgende Gründe haben:

- da sie aus wichtigen technischen Gründen nicht tagsüber vorgenommen werden können,
- da sie aus wichtigen technischen Gründen in die Nacht hinein fortgeführt werden müssen
- oder wenn ein besonderes öffentliches Interesse (z. B. öffentliche Sicherheit, Vermeidung von Verkehrsbehinderungen, möglichst geringe Beeinträchtigung des ÖPNV) daran besteht, dass sie nicht tagsüber durchgeführt werden.

4 Umweltauswirkungen

4.1 Betroffenes Fachrecht/gesetzliche Grundlagen

Im nachfolgenden werden die für das beantragte Vorhaben maßgeblichen Gesetze und Verordnungen des Natur- und Umweltschutzes aufgelistet.

- Eingriffsregelung gemäß § 14 BNatSchG und Hess. LKompV
- Insektenschutz nach § 41a BNatSchG (aktuell noch nicht in Kraft)
- Umweltverträglichkeitsprüfung gem. UVPG
- Artenschutz gemäß § 44 BNatSchG und BArtSchV
- FFH-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992)
- Geschützte Biotop- bzw. Schutzgebiete nach § 23-§ 30 BNatSchG
- Lärmschutz gemäß 16. BImSchV, AVV-Baulärm,
- Erschütterungen gem. DIN 4150
- Wasserrecht gemäß § 9 bzw. § 76 WHG
- Denkmalschutz gemäß HDSchG

4.2 Bestandsbeschreibung

4.2.1 Schutzgut Mensch

Das geplante Ludwigshöhviertel wird derzeit im Bereich der bisherigen Cambrai-Frisch-Kaserne entwickelt. Es ist gemäß Planung davon auszugehen, dass sich zum Baubeginn im vorliegenden Projekt bereits Wohngebäude im Ludwigshöhviertel befinden. Zum genauen Baufortschritt lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt jedoch keine exakten Aussagen treffen.

Nördlich des geplanten Ludwigshöhviertels befinden sich an der Ludwigshöhstraße teils weitläufige Gartengrundstücke mit Einzelhäusern sowie ein Schulkomplex, ein Kindergarten und die Akademie für Tonkunst.

Weitere Wohnbauflächen finden sich am Südwest-Rand des Plangebietes westlich der Heidelberger Straße (Lincoln-Siedlung). Hierbei handelt es sich ebenfalls um Konversionsflächen ehemaliger Militärgelände, auf denen sich derzeit eine Zeilenbebauung mit Mehrfamilienhäusern und umgebenden Grünflächen befindet. Dieses Wohngebiet ist durch einen schmalen Gehölzstreifen von der Heidelberger Straße abgesichert.

Südlich der Cooperstraße und östlich der Heidelberger Straße befindet sich am Südende des Planungsraums das sogenannte Villenviertel Eberstadt. Dieses Wohngebiet wird durch gründerzeitliche Villen dominiert und ist in parkähnliche Gehölz- und Gartenflächen eingebettet.

Entlang der Cooperstraße verläuft ein im Flächennutzungsplan festgelegter Haupttrassen- und -fußweg, der eine wichtige Verbindung zwischen Marienhöhe und der Straßenbahnhaltestelle „Cooperstraße“ (aktuell (Stand Juli 2022) noch Haltestelle „Marien-

höhe“) an der Heidelberger Straße darstellt. Zudem verläuft ein Rad- und Fußweg zwischen der Straßenbahnhaltestelle „Cooperstraße“ und der Villensiedlung Eberstadt. Beide Wege stellen eine wichtige Wohnumfeldfunktion dar.

Die Wohngebiete an der Ludwigshöhstraße sind durch den Anwohner- und Schulverkehr mit Lärm- und Schadstoffimmissionen vorbelastet. Diese Vorbelastungen bestehen ebenfalls, aufgrund der höheren Verkehrsbelastung in verstärktem Maß, für die Lincoln-Siedlung und das Villenviertel an der Heidelberger Straße.

4.2.2 Schutzgut Pflanzen, Tiere, biologische Vielfalt

Der Bestand von streng geschützten Arten des Anhang IV der FFH-Richtlinie, der europäischen Vogelarten, besonders geschützter Arten sowie der Biotope und geschützten Pflanzen wird im Fachbeitrag Artenschutz bzw. im LBP ausführlich beschrieben und bewertet.

Das für das Vorhaben relevante Artenspektrum sowie der Untersuchungsraum wurde in Abstimmung mit den zuständigen Umwelt- und Naturschutzämtern (Grünflächenamt und Umweltamt der Stadt Darmstadt sowie Obere Naturschutzbehörde des RP Darmstadt) festgelegt und im Rahmen des Scoping-Verfahrens bestätigt. Die entsprechenden Erfassungsarbeiten zum Vorkommen der planungsrelevanten Artengruppen sowie zur Bestandssituation der Biotope und geschützter Pflanzen wurden in den Jahren 2020 und 2021 durchgeführt.

Die aus Sicht des Arten- und Biotopschutzes wertvollsten Biotoptypen im Untersuchungsraum stellen die Waldflächen sowie Einzelbaumbestände und Baumreihen dar. Der Wald ist aufgrund von starken Trockenschäden insgesamt in einem schlechten Zustand. Mittlere Bedeutung kommt einzelnen Grünflächen und straßenbegleitenden Gehölzen zu. Vorhandene versiegelte und teilversiegelte Flächen sowie artenarme Straßenrandvegetation bzw. straßenbegleitende Grünflächen weisen eine geringe naturschutzfachliche Wertigkeit auf.

Innerhalb des Planungsraums befindet sich mit dem Waldgebiet „Der Pelz“ eine Verbindung des Ost- und Westwaldes der Stadt Darmstadt. Diese Verbindung ist durch die Flächen der ehemaligen Cambrai-Fritsch Kaserne sowie der Jefferson-Siedlung bereits eingeschränkt. Insgesamt wird die Bedeutung des Waldgebiets in seiner Funktion für den Biotopverbund als hoch bewertet. Das nördlich direkt angrenzende Naturschutzgebiet „Bessunger Kiesgrube“ übernimmt dagegen eine wichtige Funktion für die biologische Vielfalt und den Biotopverbund. Das Gebiet ist im Landschaftsplan der Stadt Darmstadt als Biotopverbundfläche ausgewiesen.

Die Einzelbäume und Baumreihen von der östlichen Cooperstraße über das ehemalige Kasernengelände bis zur Ludwigshöhstraße bilden eine im Flächennutzungsplan der Stadt Darmstadt verankerte, „ausgewählte Grünverbindung“. Ihnen ist daher auch eine hohe Bedeutung im Hinblick auf den Biotopverbund zuzuschreiben.

Im gesamten Untersuchungsraum wurden insgesamt 39 Vogelarten nachgewiesen. Darunter befanden sich 36 Brutvogelarten und drei Arten als Durchzügler bzw. Nahungsgäste. 27 Vogelarten haben einen guten Erhaltungszustand, elf Vogelarten einen ungünstigen bis unzureichenden und eine Vogelart (Baumpieper - *Anthus trivialis*) einen schlechten Erhaltungszustand. Alle Arten gelten gemäß § 7 BNatSchG als beson-

ders geschützt, acht zudem als streng geschützt. Insbesondere die Laubwaldstrukturen stellen hier die wichtigsten Brutstandorte für die angetroffene Avifauna, insbesondere für die höhlenbrütenden Arten, dar.

Im Rahmen der Erfassung zu Säugetieren konnten acht Fledermausarten nachgewiesen werden. Großes Mausohr und Zwergfledermaus haben in Deutschland und Hessen einen günstigen Erhaltungszustand. Breitflügel-, Wasser-, Rauhaut-, und Mückenfledermaus sowie Kleiner Abendsegler weisen in Deutschland und/oder Hessen einen ungünstigen bis unzureichenden Erhaltungszustand auf. Der Erhaltungszustand des großen Abendseglers gilt in Deutschland als ungünstig und in Hessen als schlecht. Alle Fledermausarten sind streng geschützt und im Anhang IV, FFH-RL enthalten.

Als einzige Reptilienart wurde im Untersuchungsraum die Mauereidechse (*Podarcis muralis*) nachgewiesen. Die Vorkommen liegen im Waldrandrandbereich der Cooperstraße sowie vereinzelt an der Ludwigshöhstraße und dem ehemaligen Kasernengelände der Cambrai-Fritsch Kaserne. Der Erhaltungszustand der Mauereidechse gilt in Hessen als gut.

Aus der Artengruppe der Amphibien konnte ein Einzelfund der Erdkröte (*Bufo bufo*) an einer Straßenböschung an der Cooperstraße nachgewiesen werden. Im Planungsraum selbst befinden sich keine geeigneten Laichgewässer. Die Erdkröte ist besonders geschützt. Streng geschützte Amphibienarten des Anhang IV, FFH-RL wurden im Projektgebiet nicht nachgewiesen.

4.2.3 Schutzgut Fläche

Der Untersuchungsraum liegt im Süden von Darmstadt und umfasst gemäß Flächennutzungsplan der Wissenschaftsstadt Darmstadt (2018) die zu beiden Seiten der Cooperstraße liegenden **Waldflächen**, die für die Straßenbahntrasse freizuhalten **Baufläche** innerhalb des zukünftigen Ludwigshöhviertels sowie **Gartenflächen, Parkanlagen und sonstige öffentliche Grünanlagen** im Bereich der Ludwigshöhstraße.

Die Waldflächen nördlich der Cooperstraße sind im Landschaftsplan der Stadt Darmstadt zudem als Flächen für **landschaftsgebundene Erholung** ausgewiesen. Aufgrund der Vorbelastung durch den bestehenden Straßen- und Straßenbahnverkehr, der fehlenden Zugänglichkeit (weitestgehendes Fehlen von Wegen) sowie der durch zunehmende Trockenheit gestiegenen Astbruchgefahr haben die Waldflächen in ihrer Funktion für die landschaftsgebundene Erholung eine geringe bis mittlere Bedeutung für das Schutzgut Fläche.

Den Waldflächen südlich der Cooperstraße wird aufgrund der Lage des Vorhabens in einem Ballungsraum, eines vorhandenen Radwegs und der dadurch bestehenden Erholungsfunktion sowie aufgrund der bisher unversiegelten und weitestgehend intakten Böden eine hohe Bedeutung beigemessen.

Aufgrund der bundesweiten Zunahme von Flächenversiegelungen, die laut dem Umweltbundesamt (2020) vor allem auf das stetige Wachstum von Verkehrsflächen zurückzuführen ist, wird den bisher unversiegelten Flächen im Untersuchungsraum ebenfalls eine hohe Bedeutung beigemessen.

4.2.4 Schutzgut Boden

Für das Schutzgut Boden sind insbesondere die im Wald vorkommenden natürlichen Böden von besonderer Bedeutung.

Für Böden im unmittelbaren Randbereich von Straßen sowie im Siedlungsbereich sind anthropogene Überprägungen der natürlichen Bodenfunktionen zu erwarten. Ihre Bedeutung für das Schutzgut Boden im Vergleich zu natürlichen Böden ist daher als gering einzustufen.

Für eine Bewertung der Böden im Untersuchungsraum werden die Daten zur Bodenfunktionsbewertung aus dem Bodenviewer Hessen (2021) (BFD50) herangezogen. Die im Untersuchungsraum liegenden Böden unter Waldflächen sind Braunerden z. T. mit Bändern aus Flugsand.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die natürlichen Böden im Untersuchungsraum in ihrer Funktion als Lebensraum für Pflanzen eine mittlere bis hohe Bedeutung aufweisen.

Für die Funktion im Wasserhaushalt sowie für die Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium besitzen die Böden im Untersuchungsraum eine geringe Bedeutung.

In Bezug auf die Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte ist dem Schutzgut Boden im Untersuchungsraum eine mittlere Bedeutung beizumessen. Gemäß Aussagen der zuständigen Denkmalschutzbehörden ist im Wirkungsbereich des Vorhabens ein Bodendenkmal vorhanden. Dabei handelt es sich um einen Einzelfund einer römischen Münze, die bei Straßenbauarbeiten gefunden wurde. Es ist nicht mit Sicherheit auszuschließen, dass im näheren Umfeld weitere Bodendenkmäler (römische Siedlung) vorhanden sind.

Kampfmittel

Gemäß Geotechnischem Bericht (DB E&C, 2021) liegt im Untersuchungsraum im Bereich der Wendeschleife in der Ludwigshöhstraße der Verdacht von Bombenblindgängern vor. Im restlichen Untersuchungsraum liegt kein begründeter Kampfmittelverdacht vor.

Altlasten

Gemäß der Begründung zum Bebauungsplan S 26 (AS+P, 2020) wurden alle Bodenbelastungen innerhalb des Geltungsbereichs des Bebauungsplans 2019 im Rahmen der Baufeldfreimachung beseitigt.

Zu den Flächen außerhalb des Geltungsbereichs liegen nach aktuellem Stand noch keine Informationen zu bestehenden Altlasten vor. Im Rahmen einer orientierenden, abfalltechnischen Bewertung des Bodens wurden jedoch die vom Vorhaben betroffenen Flächen untersucht und gemäß LAGA entsprechenden Abfallklassen zugeordnet. Ob im Eingriffsbereich außerhalb des Geltungsbereichs des Bebauungsplans bestehende Altlasten vorkommen, muss im Rahmen der Genehmigungsplanung bei der zuständigen Bodenschutzbehörde abgefragt werden.

4.2.5 Schutzgut Wasser

Im näheren Umfeld des Vorhabens sind drei **Oberflächengewässer** vorhanden. Zum einen handelt es sich um zwei Stillgewässer innerhalb der durch Kiesabbau entstandenen geologischen Aufschlüsse des Naturschutzgebiets ‚Bessunger Kiesgrube‘. Die Gewässer befinden sich etwa 200 m westlich der Ludwigshöhstraße und etwa 300 m nordwestlich der Cooperstraße. Woher die Wasserzufuhr der beiden Seen kommt, konnte auch auf Nachfrage beim RP Darmstadt sowie dem HLNUG im Jahr 2021 nicht geklärt werden. Es ist zu vermuten, dass die Gewässer hauptsächlich durch einen Anschnitt des Grundwassers gespeist werden. Der im Norden mündende ‚Saubach‘ dient bei stärkeren Niederschlägen vermutlich zusätzlich als oberirdischer Zufluss. Geringfügig könnten die Gewässer auch über den Oberflächenabfluss des nord- bzw. nordostexponierten Geländes in direkter Umgebung gespeist werden.

Zum anderen befindet sich der schon erwähnte ‚Saubach‘ als temporäres Oberflächengewässer innerhalb des Untersuchungsgebiets. Das Fließgewässer entspringt dem östlich des Untersuchungsgebiets liegenden Feuchtgebiet ‚Bessunger Forellenteich‘ und unterquert nordwestlich der Akademie für Tonkunst die Ludwigshöhstraße. Westlich der Ludwigshöhstraße verläuft der Bach über das Schulgelände des Lichtenberg-Gymnasiums, wo er zwei Feuchtbiotope speist. Anschließend fließt er südwestlich durch ein Kleingartengelände und mündet in die ‚Bessunger Kiesgrube‘. Alle drei Oberflächengewässer sind keine berichtspflichtigen Gewässer nach WRRL. Die Stillgewässer weisen eine sehr hohe Bedeutung hinsichtlich ihrer Habitatfunktion für seltene und gefährdete Tier- und Pflanzenarten und -gesellschaften auf. Aus diesem Grund ist die Fläche der beiden Gewässer und deren Umgebung als Naturschutzgebiet ausgewiesen (§ 2 Schutzgebietsverordnung ‚Bessunger Kiesgrube‘).

Die Ergebnisse des Geotechnischen Berichts (DB E&C, 2021) weisen im Bereich der Ludwigshöhstraße, der Cambrai-Fritsch-Kaserne sowie im östlichen Bereich der Cooperstraße auf eine Schichtung aus verschieden verwittertem Felsgestein im Untergrund hin. Eine Versickerung von Niederschlagswasser in diesem Bereich ist grundsätzlich möglich. Je nach Klüftigkeit des unterhalb anstehenden kompakten Felses, ist ein Vorkommen von Stauwasser möglich. Ob es im Untergrund Klüfte gibt, die das Wasser in eine bestimmte Richtung leiten, ist jedoch nicht nachweisbar. Im Rahmen der Baugrunduntersuchung wurden keine **grundwasserführenden** Schichten erkundet. Im mittleren und unteren Hangbereich der Cooperstraße ist der geologische Untergrund aus Flugsand aufgebaut, welcher ebenfalls eine grundsätzliche Versickerungsfähigkeit aufweist.

Vorbelastungen der **Oberflächengewässer** sind:

- Zunehmende Trockenheit und dadurch periodisches Trockenfallen des ‚Saubaches‘ was zu einem geringeren Zufluss der ‚Bessunger Kiesgrube‘ führen kann
- Bestehende Bebauung und Verkehrswege im Verlauf des Saubaches und im Einzugsgebiet der ‚Bessunger Kiesgrube‘
- Hoher nicht legaler Freizeitdruck der ‚Bessunger Kiesgrube‘ (Anmerkung des NABU Kreisverbands Darmstadt e.V. im Rahmen des Scoping)
- Anthropogen bedingte Änderungen der Gewässerstruktur des ‚Saubachs‘ (Verrohrung, Laufform, Querprofil)

Vorbelastungen des **Grundwassers** sind:

Anbindung Ludwigshöhviertel

- Bestehende Bebauung im Einzugsgebiet der Grundwasserkörper und damit einhergehende Beeinträchtigung der Grundwasserneubildung, des Oberflächenabflusses und des Rückhaltevermögens
- Der im Südwesten liegende Grundwasserkörper 2396_3101 ist aufgrund von hohen Nitrat- und Pestizidbelastungen aus der Landwirtschaft in einem schlechten chemischen Zustand (Geoportal BFG, 2021)
- Der im Nordwesten liegende Grundwasserkörper 2398_3101 ist aufgrund von hohen Ammonium-, Nitrat- und Pestizidbelastungen aus der Landwirtschaft in einem schlechten chemischen Zustand (Geoportal BFG, 2021)

4.2.6 Schutzgut Klima/Luft

Gemäß der Klimafunktionskarte der Stadt Darmstadt (2016) sind insbesondere die Waldflächen nördlich und südlich der bestehenden Cooperstraße bedeutend für das Stadtklima. Sie dienen als Frischluftentstehungsgebiet inmitten von überwiegend versiegelten Stadtflächen mit moderater Überwärmung (Cooperstraße, Ludwigshöhviertel, Lincolnsiedlung, Villenkolonie Eberstadt). Die nördlich der Cooperstraße liegende Waldfläche ist zudem als Gebiet mit Kaltluftabfluss und als Kaltluftbahn gekennzeichnet. Diese Fläche hat in Bezug auf das Schutzgut Klima/Luft daher eine hohe Bedeutung.

Ebenso eine hohe Bedeutung haben die Flächen des NSG Bessunger Kiesgrube sowie die angrenzenden Flächen des Saubachs, da diese auch als Gebiete mit Kaltluftabfluss und Kaltluftbahnen dienen.

Die Waldfläche angrenzend zur Bogenschneise im Osten des Untersuchungsgebiets ist in der Klimafunktionskarte als Misch- und Übergangsklimat ausgewiesen. Sie hat daher eine mittlere Bedeutung für das Schutzgut Klima/Luft.

Eine Klimarelevanzberechnung ist gemäß Magistratsentscheidung für das Vorhaben „Anbindung Ludwigshöhviertel“ nicht erforderlich (vgl. E-Mail vom 27.08.2021).

4.2.7 Schutzgut Landschaft und Erholung

Die Flächen außerhalb der Abgrenzung des Bebauungsplans S 26 liegen innerhalb des Landschaftsschutzgebiets „Stadt Darmstadt“. Im Norden grenzt das Naturschutzgebiet „Bessunger Kiesgrube“ an das Landschaftsschutzgebiet an. Die Flächen nördlich der Cooperstraße sind im Landschaftsplan als „Flächen landschaftsgebundener Erholung“ ausgewiesen.

Das Landschaftsbild im Untersuchungsraum ist an der Cooperstraße hauptsächlich durch einen natürlichen Laubmischwald mit Beständen von Buche, Eiche und Kiefer und Anteilen von Robinie und Götterbaum im Unterwuchs, geprägt. Die Cooperstraße nimmt mit dem anschließenden Gelände der Cambrai-Fritsch-Kaserne und der Jefferson Siedlung Einfluss auf die Landschaft.

Das Landschaftsbild des Kasernengeländes ist vor allem durch die aktuell in Umsetzung befindliche Entwicklung des Ludwigshöhviertels sowie durch unter Denkmalschutz stehende Einzelgebäude am geplanten Karl-Plagge-Platzes geprägt.

Der nördliche Untersuchungsraum an der Ludwigshöhstraße wird im Wesentlichen durch typische Wohnbebauung mit Gärten und dem Gelände der Cambrai-Fritsch-Kaserne sowie einer Einzelbaumreihe entlang der Ludwigshöhstraße geprägt.

Grundsätzlich erfüllt das Waldgebiet trotz des schlechten Vitalzustands (basierend auf den Ergebnissen der Waldzustandsaufnahmen 2021, Waldzustandsbericht 2021) eine Funktion als Naherholungsgebiet für die umgebenden Ortschaften bzw. Stadtteile von Darmstadt im dicht besiedelten Ballungsraum. Aufgrund der fehlenden Zugänglichkeit (weitestgehendes Fehlen von Wegen) sowie der durch zunehmende Trockenheit gestiegenen Astbruchgefahr ist die Erholungsfunktion als vorbelastet anzusehen. Zudem besteht durch den bestehenden Individual- und Straßenbahnverkehr entlang der Cooperstraße sowie der Heidelberger Straße einer Vorbelastung der Erholungsfunktion der angrenzenden Waldgebiete innerhalb des Landschaftsschutzgebiets. Insgesamt ist dem Landschaftsbild im Untersuchungsraum eine mittlere Bedeutung beizumessen.

4.2.8 Schutzgut Kultur- und sonstige Sachgüter

Im Bereich des Untersuchungsraums gibt es nach Abfrage der zuständigen Denkmalschutzbehörden mehrere Bau- und Flächendenkmäler sowie ein Bodendenkmal.

So steht die „**Gesamtanlage der Cambrai-Fritsch-Kaserne**“ unter Denkmalschutz. Die Gesamtanlage umfasst das zentrale Geviert des öffentlichen Platzes (zukünftiger Karl-Plagge-Platzes des Ludwigshöhviertels), von dem aus die Anlagen erschlossen wurden. Es wird von den Wirtschaftsgebäuden der beiden Kasernen im Norden und Süden, den beiden Stabsgebäuden im Westen und Osten sowie den ehemaligen Zugängen der Kasernen mit begleitenden Mauern im Nordosten und Südwesten mit dahinterliegenden Erschließungsplätzen gebildet. Zudem sind die Mauern und Torhäuser der Doppelkaserne Teil des Denkmals. Eine der Mauern am südwestlichen Rand des künftigen Karl-Plagge-Platzes muss im Zuge des Bauvorhabens versetzt werden (vgl. Kap. 3.1.1)

Die Bedeutung der ehemaligen Freiherr-von-Fritsch- und ehemaligen Cambrai-Kaserne wächst aus ihrem Hintergrund für die deutsche Geschichte und Stadtgeschichte von Darmstadt.

Zu den Bau- und Flächendenkmälern der näheren Umgebung zählt die „**Villenkolonie Eberstadt**“ südlich des Untersuchungsraums. Die Villenkolonie steht aus ortsgeschichtlichen und künstlerischen Gründen unter Denkmalschutz.

Zusätzlich liegt ein Bodendenkmal nach § 2 Abs. 2 HDSchG (**Bodendenkmal Darmstadt Bezirk 5 24**) innerhalb des Untersuchungsraums. Dabei handelt es sich nach Aussage des Landesamts für Denkmalschutz um einen Einzelfund einer römischen Münze, die in diesem Bereich mit Aushub geborgen und erst an der Verbringungsstelle als solcher erkannt wurde. Es ist daher nicht auszuschließen, dass der Fund den Hinweis auf ein Bodendenkmal (römische Siedlung) in diesem Bereich gibt.

4.3 Auswirkungen des Vorhabens

In der folgenden Tabelle 4 sind die Wirkfaktoren des Vorhabens aufgeführt und den hierdurch beeinträchtigten Funktionen gegenübergestellt:

Wirkfaktor	Beeinträchtigte Lebensraumfunktion / Funktion
Baubedingte Wirkungen	
Temporäre Flächeninanspruchnahme durch Baufeld und Arbeitsbereiche	Temporärer Verlust von Biotopen/faunistischen Habitaten
Bodenverdichtung/-umlagerung und Standortveränderung im Bereich der vorübergehenden Flächeninanspruchnahme	Beeinträchtigung der Speicher- und Regelungsfunktionen des Bodens
Zwischenlagerung von Oberboden	Erhöhung des Risikos für Bodenerosion
Gefahr der Beschädigung von mittel- bis hochwertigen Vegetationsbeständen	Temporärer Verlust der Habitatfunktion/biotischen Lebensraumfunktion
Bauzeitlicher Lärm und Bewegungsunruhe	Temporäre Einschränkung der Habitatfunktion/biotischen Lebensraumfunktion
Erhöhter Baustellenverkehr und Baubetrieb zwischen zwei Waldgebieten	Vorübergehender Verlust, Beeinträchtigung und Störung von faunistischen Funktionsräumen
Gefahr des Eintrags von Öl-, Schmier- und Treibstoffen aus Baufahrzeugen in Boden und Grundwasser	Speicher- und Regelungsfunktion, Grundwasserschutzfunktion
Lärm-, Staub- und Abgasimmissionen durch die Bautätigkeit	Temporäre Beeinträchtigung der Wohnfunktion sowie der klimatischen und lufthygienischen Ausgleichsfunktion, temporäre Einschränkung der Erholungsfunktion/Erlebbarkeit
Bauzeitliche Inanspruchnahme von Rad- und Fußwegen	Bauzeitliche Einschränkung von Wohnumfeldfunktionen
Bautätigkeiten im Bereich um ein Bodendenkmal	Ggf. Betroffenheiten von bisher nicht bekannten Bodendenkmälern im Umfeld um den Fundpunkt einer römischen Münze
Anlagebedingte Wirkungen	
Flächenverlust (Versiegelung und Teilversiegelung von Böden) durch Straßenbahn und Straße	Verlust von Biotopen/faunistischen Habitaten
	Verlust von Böden mit geringer Bedeutung für die Speicher- und Regelungsfunktionen
	Verlust von Flächen mit geringer Bedeutung für die Grundwasserneubildung
	Verlust von Flächen mit Bedeutung für die Kalt- und Frischluftproduktion
	Verlust von Flächen mit Bedeutung für die landschaftsgebundene Erholung
	Entstehung ungeschützter Waldränder, Beeinträchtigung der angrenzenden Bestände durch erhöhte Sonneneinstrahlung und Windwurfgefahr
Bodenauf- und -abtrag im Bereich unversiegelter Nebenanlagen wie Böschungen und unversiegelte Wege	Beeinträchtigung der Speicher- und Regelungsfunktionen des Bodens
Steigerung bestehender Trenn- und Zerschneidungseffekte auf Biotope und faunistische Funktionsräume	Beeinträchtigung von Austauschbeziehungen (Fauna)
Betriebsbedingte Wirkungen	

Wirkfaktor	Beeinträchtigte Lebensraumfunktion / Funktion
Verkehrsbedingte, nicht-stoffliche Emissionen (Lärm, Erschütterung, elektromagnetische Felder)	Zunahme der Beeinträchtigungen von Wohn- und Lebensraumfunktionen der betroffenen Landschaftsteile durch vermehrte Lärmimmissionen
Zunahme des Verkehrs (IV und ÖV) zwischen zwei Waldgebieten	Erhöhung des Kollisionsrisikos für Tiere

Tabelle 4: Umweltrelevante Auswirkungen des Vorhabens

Die prognostizierte Erhöhung des Verkehrsaufkommens auf der Cooperstraße geht grundsätzlich mit einer Erhöhung von Schadstoffemissionen durch den motorisierten Individualverkehr einher. Die Erhöhung des Verkehrsaufkommens wird jedoch nicht durch die hier betrachtete Baumaßnahme induziert, sondern resultiert aus der Umwandlung des brachgefallenen Kasernengeländes in ein Wohnviertel. Durch den geplanten Umbau der Cooperstraße werden dagegen zukünftig Wartezeiten an der Kreuzung und dadurch Leerlaufzeiten verringert und ein flüssigerer Verkehrsablauf gefördert.

4.4 Zu erwartende Konflikte

In den nachfolgenden Tabellen erfolgt eine Übersicht der wesentlichen Konflikte, die durch das Vorhaben entstehen.

Konflikt-Nr.	Beschreibung der Konflikte und Beeinträchtigungen
B1 _{IV}	Bau- und anlagebedingte Flächeninanspruchnahme sowie Verlust von Vegetationsbeständen und Einzelbäumen
B2 _{IV}	Bau- und anlagebedingte Beeinträchtigung und Störung von Tierpopulationen. Bau- und Anlagenbedingter Lebensraumverlust in Waldbereichen mit Verlust von Höhlenstrukturen (Avifauna, Fledermäuse)
B3 _{IV}	Baubedingter Lebensraumverlust an Waldrandbereichen (Mauereidechse)
B4 _{IV}	Baubedingte Beeinträchtigungen angrenzender Vegetationsbestände/Biotope
Bo5 _{IV}	Anlagebedingter Bodenauf- und -abtrag im Bereich unversiegelter Nebenanlagen wie Böschungen und Versickerungsbecken
Bo6 _{IV}	Anlagebedingter Verlust von Bodenfunktionen durch (Teil-)Versiegelung
K7 _{IV}	Zunahme an Flächen mit Überwärmungspotential durch Versiegelung von Flächen in einem Frischluftentstehungsgebiet
FI8 _{IV}	Anlagebedingte Neuversiegelung von Waldflächen

Tabelle 5: Zuordnung der Konflikte zu den Beeinträchtigungen durch Straßenbau und -betrieb

Konflikt-Nr.	Beschreibung der Konflikte und Beeinträchtigungen
B1 _{ÖV}	Bau- und anlagebedingte Flächeninanspruchnahme sowie Verlust von Vegetationsbeständen und Einzelbäumen
B2 _{ÖV}	Bau- und betriebsbedingte Beeinträchtigung und Störung von Tierpopulationen. Bau- und Anlagenbedingter Lebensraumverlust in Waldbereichen mit Verlust von Höhlenstrukturen (Avifauna, Fledermäuse)
B3 _{ÖV}	Baubedingter Lebensraumverlust an Ruderal-/Waldrandbereichen (Mauereidechse)
B4 _{ÖV}	Anlagebedingte Sekundäreffekte auf den angrenzenden Waldbestand
B5 _{ÖV}	Baubedingte Beeinträchtigungen angrenzender Vegetationsbestände/Biotope

Anbindung Ludwigshöhviertel

Konflikt-Nr.	Beschreibung der Konflikte und Beeinträchtigungen
Bo6öv	Anlagebedingter Bodenauf- und -abtrag im Bereich unversiegelter Nebenanlagen wie Böschungen
Bo7öv	Anlagebedingter Verlust von Bodenfunktionen durch (Teil-)Versiegelung
Bo8öv	Gefahr baubedingter Eingriffe in ein Bodendenkmal
L9öv	Anlagebedingter Verlust von Einzelbäumen
M10öv	Betriebsbedingte Lärmimmissionen: Überschreitung der Immissionsgrenzwerte nach 16. BImSchV durch den geplanten Straßenbahnneubau
M11öv	Bauzeitliche Lärmimmissionen: Überschreitung der Schwelle zur lärmbedingten Gesundheitsgefährdung von 70 dB(A) am Tage
M12öv	Bau- und betriebsbedingte Erschütterungen; mögliche Überschreitung von Anhaltswerten nach DIN 4150-2
S13öv	Mögliche Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150-3 während der geplanten Arbeiten durch bauzeitliche Erschütterungen

Tabelle 6: Zuordnung der Konflikte zu den Beeinträchtigungen durch Straßenbahnbau und -betrieb

Für das Schutzgut Mensch werden Schall- und Erschütterungstechnische Untersuchungen durchgeführt, die eine mögliche erhebliche bau- und betriebsbedingte Beeinträchtigung ermitteln und geeignete Schutzmaßnahmen empfehlen. Diese werden im Rahmen der Genehmigungsplanung berücksichtigt.

4.5 Geplante Maßnahmen

4.5.1 Vermeidungsmaßnahmen bei der Durchführung der Baumaßnahme

Vermeidungsmaßnahmen sind Vorkehrungen, durch die mögliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft dauerhaft ganz oder teilweise vermieden werden können. Vorkehrungen zur Vermeidung führen zu einem geringeren Eingriffsumfang. Sie werden daher nicht auf den Kompensationsumfang angerechnet.

Zu beachten ist, dass die zu erwartenden Auswirkungen des Vorhabens schon im Planungsprozess durch intensive interdisziplinäre Abstimmungen so weit wie möglich minimiert wurden. Auf diese Weise wurde die Planung in weiten Bereichen so optimiert, dass die Eingriffe in Natur und Landschaft auf das absolut unvermeidbare Minimum reduziert wurden.

Folgende Vorschriften/Gesetze sind im Rahmen der Ausführung zu beachten:

- DIN 18920 „Schutz von Bäumen und Sträuchern“/RAS – LP4,
- DIN 18915 „Bodenabtrag und –lagerung“,
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31.7.2009
- Wassergesetz für das Land Hessen (Landeswassergesetz - LWG),

Folgende Vermeidungsmaßnahmen werden festgelegt:

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
V1	<p><u>Vegetationsschutzmaßnahmen (DIN 18920 / RAS – LP4):</u> Zum Schutz von sensiblen Funktionselementen (Einzelbäume, Gehölzbestände) sowie sonstigen Bereichen, die in unmittelbarer Nähe des Baufeldes liegen, sind ortsfeste Schutzzäune und Einzelbaumschutz gemäß den Vorgaben der RAS-LP 4 einzurichten. Die Lage der Schutzmaßnahmen ist den Maßnahmenplänen zu entnehmen. Die Art und Aufstellung der Zäune muss geeignet sein, sowohl den Wurzelbereich als auch die Krone der Gehölzflächen und Bäume vor Befahren und Beschädigungen dauerhaft zu schützen. An Einzelbäumen ist ein Stammschutz einzurichten, der auch den direkten Wurzelraum (Mindestabstand 2,0 m zum Wurzelanlauf) vor Beeinträchtigungen schützt. Bei vollständig eingezäunten Bäumen entfällt die Notwendigkeit eines Stammschutzes. Sofern unversiegelte Flächen im Wurzelraum von Bäumen zwingend befahren werden müssen, ist ein Schutzaufbau gemäß RAS-LP 4 herzustellen. Dazu ist zuunterst ein geokaschiertes Trenngitter auszulegen, auf dem eine mindestens 20 cm dicke Schicht aus Kies oder Hackschnitzeln und darüber Stahlplatten aufgebracht werden. Während der gesamten Bauphase sind die Zaunanlagen sowie der Stamm- und Wurzelschutz durch die Bauleitung regelmäßig zu kontrollieren und instand zu halten.</p>
V1.1	<p><u>Beibehalt der bestehenden Borde</u> Wo möglich, sollten baumnahe Bestandsborde unbedingt erhalten werden, um den Eingriff in den Wurzelraum abzumildern und unnötige Wurzelverletzungen zu vermeiden. Dies ist insbesondere an der Kastanienreihe in der Cooperstraße sowie an der Baumreihe an der Ludwigshöhstraße erforderlich, um realistische Ausichten auf einen Baumerhalt zu schaffen.</p>

Anbindung Ludwigshöhviertel

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
	Die Maßnahme gilt insbesondere für die Baumnummern 11-25 entlang der Cooperstraße und die gesamte Baumreihe entlang der Ludwigshöhstraße. Details zum Erhalt bestehender Borde werden im Zuge der Baudurchführung zwischen der Bauleitung und der umweltfachlichen Bauüberwachung festgelegt.
V1.2	<u>Wurzelbrücken</u> Im Bereich von Bäumen in direkter Nähe zu Wegen sind Wurzelbrücken zu verwenden. Eine Wurzelsuchgrabung im Bereich der geplanten Eingriffe kann Aufschluss über die Durchwurzelungssituation geben und die genauere Festlegung der zum Baumerhalt notwendigen Maßnahmen bzw. Spezifikation der benötigten Wurzelbrücken ermöglichen. Die Wurzelsuchgrabung ist unter Begleitung der dendrologischen Baubegleitung durchzuführen.
V1.3	<u>Dränrohre/Belüftung</u> Im Bereich von kritisch zu erhaltenen Bäumen in direkter Nähe zu vollversiegelten Flächen sind Dränrohre oder Belüftungsschächte einzubauen, um die Belüftung des bestehenden Wurzelhorizontes aufrechtzuerhalten. Welche Ausführung erforderlich ist, obliegt der dendrologischen Baubegleitung in Anschluss an die durchgeführten Wurzelsuchgrabungen.
V1.4	<u>Herstellung des für die Baumaßnahme notwendigen Lichtraumprofils</u> In Abhängigkeit von der Höhe der benötigten Baumaschinen kann an einigen Stellen ein erweitertes Lichtraumprofil notwendig sein. Vor Beginn der Baumaßnahme ist eine Ortsbegehung durch die dendrologische Baubegleitung und den Baggerführer durchzuführen, um festzulegen, wo wie viel Baufreiheit geschaffen werden muss, um ein Abreißen von Ästen, etwa durch den Ausleger des Baggers zu verhindern. Wo möglich, sind zu tiefhängende Äste für die Bauzeit temporär hochzubinden. Wo dies nicht umsetzbar ist, ist ein Lichtraumprofilschnitt durch eine Fachfirma durchzuführen. Der Kronenschnitt sollte in der Zeit vom 1. Oktober bis zum 28. Februar stattfinden, um Verbotstatbestände nach §39 BNatSchG zu vermeiden.
V1.5	<u>Düngung und Wässerung zur Förderung des Wurzelwachstums in Stammnähe</u> Durch gezielte Düngung und Wässerung kann das Wachstum von Feinwurzeln angeregt und so der Schaden durch Wurzelverluste im Rahmen der Baumaßnahme abgemildert werden. Im vorliegenden Fall ist an nahezu allen begutachteten Bäumen mit mehr oder minder schweren Wurzelschäden zu rechnen, weshalb die Düngung und Wässerung für alle kritisch zu erhaltenden und zu erhaltenden Bäumen durchzuführen ist. Gedüngt werden sollte in Stammnähe und im nicht durch die Baumaßnahme betroffenen Wurzelraum. Die Düngung sollte so früh wie möglich erfolgen, damit zum Zeitpunkt des Eingriffes bereits neue Feinwurzeln im nicht betroffenen Wurzelraum ausgebildet wurden.
V1.6	<u>Wurzelsuchgrabungen</u> Da bei keinem Baum der fachlich erforderliche Schutzabstand eingehalten werden kann, sind vor Beginn der Baumaßnahme unter Beteiligung der dendrologischen Baubegleitung alle kritisch zu erhaltenden und zu erhaltenden Bäume mit einem Saugbagger oder per Handschachtung zu untersuchen, um Aufschluss über die Ausbreitung der Wurzeln zu bekommen. Anschließend ist eine Einschätzung der dendrologischen Baubegleitung über individuell durchzuführende Maßnahmen erforderlich. Folgende Bäume wurden im Vorfeld bereits untersucht: 2, 9, 10, 13, 16, 36, 41, 44.
V1.7	<u>Baubegleitende Schutzmaßnahmen von Straßenbäumen</u> Durchführung aller Bauarbeiten nur unter dendrologischer Baubegleitung. Bei Erd- und Tiefbauarbeiten schonende Freilegung von Wurzeln mittels Saugbagger (bei Bedarf auch Handschachtung), Einhüllen der Grob- und Starkwurzeln in Jute und Sand zum Erhalt der derart geschützten Wurzeln innerhalb des Füllbodens und der Schottertragschicht.

Anbindung Ludwigshöhviertel

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
	Bei notwendigen Kappungen Durchführung sauberer Kappungsschnitte und nachfolgende Wundbehandlung durch dendrologische Baubegleitung.
V2	<p><u>Ordnungsgemäßer Umgang mit umweltgefährdenden Stoffen:</u> Zum Schutz des Bodens, des Grund- und Oberflächenwassers sowie zur Vermeidung von Beeinträchtigungen von Lebensräumen durch Schadstoffeintrag ist ein ordnungsgemäßer Umgang mit sämtlichen umweltgefährdenden Stoffen (insbesondere Treib- und Schmierstoffe) auf der Baustelle sicherzustellen.</p>
V3	<p><u>Schutz von belebtem Oberboden:</u> Der belebte Oberboden wird vor Beginn der Arbeiten von allen Bau- und Betriebsflächen abgeschoben und außerhalb des Baubetriebs in Bodenmieten (Höhe max. 3 m) zwischengelagert und begrünt. Die Mieten werden vor dem Befahren und vor Verunreinigungen geschützt. Belastetes Bodenmaterial ist zeitnah abzutransportieren. Sämtliche Bodenarbeiten sind gem. DIN 18915 durchzuführen. Nach Abschluss der Bauarbeiten ist der zwischengelagerte Oberboden auf den hierfür geeigneten Flächen wieder aufzutragen. Nicht benötigter Oberboden ist zu entfernen und entweder zu entsorgen oder einer Weiterverwendung zuzuführen.</p>
V4	<p><u>Entwicklung standorttypischer Waldränder zum Schutz vor Randwirkungen:</u> Zum Schutz der bisherigen Waldinnenbereiche ist entlang der neu entstandenen, südexponierten Waldränder ein neuer, mindestens 5 m breiter Waldsaum zu etablieren. Entwicklungsziel: Entwicklung über Sukzession im und am Wald vor Kronenschluss zu vollentwickeltem Waldrand. Aufbau: Anpflanzung einer Reihe kleiner bis mittelwüchsiger Sträucher (z.B. Weißdorn, Hartriegel) mit etwa 1 m Abstand zum neuen Waldweg und in einem Pflanzabstand von 2 m eine zweite Reihe gemischt mit Sträuchern 2. Ordnung (z.B. Holzapfel, Feldahorn, Vogelkirsche, Mehlbeere, Wildbirne). Dem Waldrand vorgelagert ist ein ca. 1 m breiter Krautsaum anzulegen. Zu verwenden sind standortgerechte, autochthone Gehölze. Mit der Auswahl heimischer Gehölze in großer Vielfalt wird die Voraussetzung zur Anpassung der Vegetation an den Klimawandel geschaffen. Bei Bedarf Rückbau, Bodenauflockerung, Wiederaufbringung des zwischengelagerten Oberbodens und Herstellung Feinplanum auf der Maßnahmenfläche. Anpflanzung der Gehölze, 1-jährige Fertigstellungs- und 2-jährige Entwicklungs- pflege gemäß DIN 18916 und DIN 18919.</p>
V5	<p><u>Umweltfachliche Bauüberwachung:</u> Einsatz einer qualifizierten umweltfachlichen Bauüberwachung vor und während der Durchführung der Baumaßnahmen vor Ort. Eine umweltfachliche Bauüberwachung ist erforderlich, um die Durchführung und die Wirksamkeit der ergriffenen artenschutzrechtlichen und sonstigen Vermeidungsmaßnahmen zu kontrollieren, bzw. diese in Teilen selbst durchzuführen oder zu unterstützen. Die Umweltfachliche Bauüberwachung sorgt zudem dafür, dass die im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens festgelegten Auflagen und Bestimmungen eingehalten und umgesetzt werden. Die Maßnahme gilt allgemein und ist im Maßnahmenplan nicht dargestellt.</p>
V6	<p><u>Beschränkung der Baufeldbeleuchtung durch gezielte Ausleuchtung des Baubereichs zum Fledermaus-, Vogel- und Insektenschutz</u> Da die Baufeldbeleuchtung potenzielle Störfwirkungen auf nachtaktive Tiere ausübt bzw. zu Anlock-wirkungen für Insekten und damit wiederum auch für Fledermäuse führen kann, die Baustellenbeleuchtung bedarfsorientiert geschaltet, auf das zwingend notwendige Maß beschränkt und nach Baustellenbetrieb und Arbeitszeit abgeschaltet. Eine Beleuchtung nach Einsatz der Dämmerung und während der Nacht (22.00 bis 6.00 Uhr) ist nur dann und für die Stellen gestattet, wo Arbeiten nachts auf der Baustelle durchgeführt werden. Die Leuchten sind mit einer Richtcharakteristik aus-gestattet, voll abgeschirmt und werden so montiert,</p>

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
	<p>dass möglichst wenig Streulicht entsteht und eine Abstrahlung über die Nutzfläche hinaus vermieden wird und das Licht ausschließlich auf die Nutzfläche fällt. Eine großräumige Ausstrahlung der Umgebung ist unbedingt zu vermeiden. Es soll möglichst LED-Beleuchtung mit warmweißer Lichtfarbe (1700 bis max. 3000 K) und mit keinen bzw. möglichst geringen UV- und Blaulichtanteilen verwendet werden. Lichtmengen so wählen, dass sie einschlägige Normwerte (Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.4 und DIN-EN13201) nicht überschreiten.</p>
V7	<p><u>Kontrolle und Verschluss von Höhlenbäumen vor Beginn der Rodungsarbeiten</u> Eine erste Kontrolle der von den Rodungsmaßnahmen betroffenen Höhlenbäume erfolgte bereits im Februar 2021. Im Zuge der Kontrolle wurden Höhlen als potentiell geeignete Winterquartiere für Fledermäuse registriert. Eine Nutzung als Winterquartier wurde zu diesem Zeitpunkt nicht nachgewiesen. Aufgrund der potentiellen Eignung von Baumhöhlen als Fledermausquartier sind alle Bäume mit potentieller Winterquartierfunktion im Vorfeld der Rodungsarbeiten und noch während der späten Aktivitätsphase im September erneut zu kontrollieren. Die Auswahl der zu kontrollierenden Bäume orientiert sich an den 2021 kontrollierten Bäume und wird endgültig durch die umweltfachliche Bauüberwachung festgelegt. Die erneute Höhlenkontrolle erfolgt bei geeigneter Witterung durch Ausflugbeobachtung oder Beobachtung schwärmender Tiere in der Morgendämmerung und wird unterstützt durch einen Fledermausdetektor. Wo erforderlich, empfiehlt sich zudem erneut der Einsatz endoskopischer Untersuchungen. Vorgefundene nicht genutzte Höhlen sind im Zeitraum 01.09. bis 30.09. des Jahres der Gehölzfällung fachmännisch zu verschließen. Die Höhlen werden durch Einwegöffnungen/One-Way-Pass (Folie, die an der Oberkante der Öffnung befestigt wird und ca. 40 cm über die Unterkante der Öffnung hinaus hängt, vgl. Hammer & Zahn 2011) verschlossen. Dies ermöglicht eventuell verbliebenen Tieren das Verlassen, verhindert aber ein erneutes Einfliegen.</p>
V8	<p><u>Abfangen und Umsiedlung von Reptilien aus dem Eingriffsbereich</u> Zur Minimierung des Verletzungs- / Tötungsrisikos werden die im Baufeld lebenden Reptilien gefangen und in geeignete Waldbereiche an der Cooperstraße außerhalb des Eingriffsbereiches umgesetzt bzw. in diese verdrängt. Zur Erhöhung des Fangerfolgs werden auf der Fläche Dachpappen und Bretter ausgelegt, die von den Reptilien gerne als Sonnplätze oder Tagesversteck genutzt werden. Die Umsetzung erfolgt während der Aktivitätszeit der Tiere von März bis Oktober im Jahr vor Baubeginn. Somit ist auch der Jungtierschlupf abgedeckt. Die Maßnahme bezieht sich auf das gesamte Baufeld. Die Flächen sind im Frühjahr vor Baubeginn von der UBÜ festzulegen.</p>
V9	<p><u>Begrenzung des Baufeldes durch einen reptiliensicheren Schutzzaun</u> Das Baufeld ist durch einen reptiliensicheren Zaun mit einer durchgehenden Mindesthöhe von 50 cm zu begrenzen, um eine Rückwanderung der zuvor umgesetzten Tiere in ihre im Eingriffsbereich befindlichen Lebensräume zu verhindern. (s. Beispielfoto). Die Funktionsfähigkeit des Reptilienschutzzauns ist während der gesamten Bauzeit sicherzustellen. Nach Beendigung der Baumaßnahme ist der Schutzzaun zu entfernen. Aufgrund der langen Bauzeit ist der Schutzzaun in stabiler Bauweise zu errichten und zur Außenseite des Baufeldes mit für Eidechsen nicht überwindbarer Folie zu bespannen. Die stabile Bauweise gewährleistet im Vergleich zu reinen Folienzäunen eine dauerhafte Standfestigkeit bei allen Witterungslagen.</p>

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
	 <p>Durch Erdwälle oder die Aufschichtung von Schnittgut der Vegetationsarbeiten, sind etwa alle 20 m auf der Innenseite (Baufeldseite) des Schutzzauns Überwindungshilfen anzubringen, um eine einseitige Überwindbarkeit herzustellen. Hierdurch wird gewährleistet, dass Kleintiere und Mauereidechsen auch ohne Hilfe das Baufeld verlassen können.</p> <p>Der Schutzzaun ist bereits vor Beginn der Umsiedlung (Maßnahme V8) und etwa zwei bis vier Wochen nach Durchführung der Vergrämungsmahd (V11) herzustellen.</p>
V10	<p><u>Bauzeitenregelung Rodung und Rückschnitt von Gehölzen</u></p> <p>In Bezug auf das Vorkommen Gehölz- und Hecken bewohnender Vogelarten wird für die Rodung und Rückschnitte von Gehölzen im gesamten Baufeld eine Bauzeitenvorgabe gemäß § 39 des novellierten BNatSchG gegeben.</p> <p>Damit die Bautätigkeit in Bezug auf den Naturhaushalt der Biotope so schonend wie möglich erfolgen kann, sind die unvermeidbaren Rodungsarbeiten in der Vegetationsruhe und außerhalb der Vogel-Brutzeiten (im Zeitraum vom 01. Oktober bis zum 28. Februar) durchzuführen. Hierbei dürfen die Gehölze nur oberhalb der Geländeoberfläche gefällt werden. Die Wurzeln der Bäume werden nach der Rodung und erst mit Beginn der Aktivitätszeit der Reptilien im darauffolgenden Frühjahr (März/April) entnommen, um die Winterquartiere der Reptilien nicht zu stören.</p> <p>Sollte zur Wahrung der Bauzeitenplanung und zum gleichzeitigen Schutz von streng geschützten Arten eine Ausnahme von den gesetzlichen Rodungszeiten erforderlich sein, wird dies mit der zuständigen Oberen Naturschutzbehörde im Einzelfall abgestimmt.</p>
V11	<p><u>Vergrämungsmahd (Reptilien):</u></p> <p>Das Baufeld ist vor Beginn der Abfangaktionen sowie regelmäßig während der gesamten Abfangperiode bis zum Baubeginn vollständig bodennah zu mähen und von Versteckplätzen und Unterschlüpfen wie Totholz, Baumstubben, Steinen oder Unrat vollständig zu befreien.</p> <p>Außerdem ist darauf zu achten, dass abschnittsweise sonnenexponierte, schmale Säume belassen werden, die ebenfalls das Auffinden und Abfangen der Tiere während der Umsiedlung erleichtert.</p> <p>Die Maßnahme ist bereits Ende März und Mitte April umzusetzen, damit die Vergrämungswirkung bereits vor und während des Stellens von Schutzzäunen und Beginn der Umsiedlung erzielt wird.</p> <p>Die Maßnahme bezieht sich auf das gesamte Baufeld. Die Flächen sind im Frühjahr vor Baubeginn von der UBÜ festzulegen.</p>

Anbindung Ludwigshöhviertel

V12	<p><u>Neuanlage von Kleintierdurchlässen</u> In den Zaun, der das Versickerungsbecken umgibt, sind an geeigneten Stellen und in regelmäßigen Abständen Kleintierdurchlässe vorzusehen. Die Abstände und die Größe der Öffnungen ist in der Ausführungsplanung mit den Fachämtern abzustimmen und wird daher nicht im Maßnahmenplan dargestellt.</p>
V13 _{CEF}	<p><u>Anlage von Ersatzniststätten/Ersatzquartieren</u> Im Umfeld des Vorhabens existiert eine Vielzahl an Baumhöhlen mit potenzieller Eignung als Niststätte für Brutvögel bzw. Quartier für Fledermäuse. Eine Baumhöhlenkartierung wurde vorgenommen, um den Bestand an potenziellen Baumhöhlenniststätten bzw. -quartieren aufzunehmen. Im Februar 2021 wurden Bäume mit Stammdurchmessern von über 50 cm auf das Vorhandensein von Winterquartieren untersucht. Es wurden keine Winterquartiere festgestellt und es mangelte darüber hinaus an Hinweisen (bspw. Kots Spuren) auf verlassene Niststätten von Brutvögeln und Sommerquartiere bzw. Wochenstuben von Fledermäusen. Der hohe Leerstand deutet darauf hin, dass in der Gesamtbetrachtung kein quantitativer Mangel an potenziellen Quartieren zu bestehen scheint. Aufgrund des vorhandenen Höhlen- bzw. Spaltenangebots im unmittelbaren Umfeld des Vorhabens empfiehlt sich aus fachlicher Sicht für die betroffenen Höhlenbäume im Eingriffsbereich mit potenzieller Eignung als Niststätte für Brutvögel bzw. Quartier für Fledermäuse ein Ersatz durch Anbringung von künstlichen Niststätten bzw. Quartieren im räumlichen Zusammenhang. Die künstlichen Niststätten sind im Verhältnis 1 : 2 auszubringen, d.h. für jeden zu entfernenden Höhlenbaum werden zwei Nistkästen für höhlenbewohnende Vogelarten und zwei Ersatzquartiere für Fledermäuse installiert.</p> <p>Die Standorte werden in Abstimmung mit der Bauüberwachung und der zuständigen Fachbehörde vor Baubeginn festgelegt und sind daher im Maßnahmenplan nicht dargestellt.</p> <p>Möglicher Zeitraum für Durchführung: mindestens ein Jahr vor Verlust der potenziell geeigneten Niststätten von Brutvögeln/Quartiere von Fledermäusen.</p>
V14	<p><u>Dendrologische Baubegleitung</u> Einsatz einer qualifizierten dendrologischen Bauüberwachung vor und während der Durchführung der Baumaßnahmen vor Ort.</p> <p>Zur Gewährleistung der Einhaltung planfestgestellter Schutzmaßnahmen sowie zur Beurteilung und Dokumentation unvermeidbarer Rückschnitte an Wurzeln und/oder Ästen sind die Arbeiten im Kronen- und Wurzelraum von Bäumen durch die dendrologische Baubegleitung zu kontrollieren.</p>

Tabelle 7: tabellarische Übersicht Vermeidungsmaßnahmen

4.5.2 Gestaltungsmaßnahmen

Gestaltungsmaßnahmen nehmen bei der Maßnahmenzuordnung eine Sonderstellung ein. Die landschaftsgerechte Begrünung und Einbindung technischer Bauwerke (z. B. Böschungflächen, Autobahnanschlussstellen, Fahrbahnmittelstreifen, Bankette, Entwässerungsmulden, Lärmschutzeinrichtungen) wird als Gestaltungsmaßnahme bezeichnet. Sie können Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes minimieren oder vermeiden und somit die Kompensationspflicht im Bereich Landschaftsbild verringern.

Maßnahmen außerhalb des Intensivpflegebereichs der Straße, die einen wesentlichen Beitrag zur landschaftsgerechten Wiederherstellung und Neugestaltung leisten (z. B. Gehölzpflanzungen auf Böschungflächen oder im Anschlussstellenbereich) dienen in der Regel zumindest als Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahme für die beeinträchtigten Funktionen des Landschaftsbildes. Auch die Anlage von Straßenbegleitgrün außerhalb des Intensivpflegebereichs (Bsp. große trockene Böschungen mit Magerrasen) kann im Einzelfall als Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahme für die Kompensation geringerer wertiger Biotopfunktionen dienen.

Bei Ausbaumaßnahmen stellt das neu gepflanzte Straßenbegleitgrün einen vollwertigen Ausgleich für das Beseitigte her.

Folgende Gestaltungsmaßnahmen sind umzusetzen:

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
G1	<p><u>Begrünung des Versickerungsbeckens:</u> Aufbau gemäß DWA-A 138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser), Herstellung Feinplanum auf Böschungen und im Versickerungsbecken. Entwicklung einer erosionsmindernden Vegetationsdecke durch abschnittsweise Staudenpflanzung und Ansaat einer standortgerechten Gras-/Wildkräutermischung. Für die Ansaat ist autochthones Saatgut für wechselfeuchte Standorte zu verwenden (z.B. Produktionsraum „Oberheingraben mit Saarpfälzer Bergland“ gemäß Regiosaatgut - Uni Hannover (regionalisierte-pflanzenproduktion.de) mit einem Anteil von mindestens 30% Kräutern und maximal 70 % Gräsern. Für die Staudenpflanzung sind standortangepasste Stauden regionaler Herkunft zu verwenden, wie z.B. Mädesüß (<i>Filipendula ulmaria</i>), Kriechender Günsel (<i>Ajuga reptans</i>), Blut-Weiderich (<i>Lythrum salicaria</i>), Sumpf-Scharfabe (<i>Achillea ptarmica</i>). Die Bereiche für Ansaat und Staudenpflanzung sind ebenso wie die Auswahl der Arten bzw. Saatgutmischungen im Rahmen der Ausführungsplanung in Abstimmung mit den Fachämtern festzulegen.</p>
G2	<p><u>Anlage von Grüngleisen</u> Zur Minderung der Auswirkungen auf die Schutzgüter Klima, Mensch (Lärm) Boden und Wasser wird der Gleiskörper der Straßenbahn in allen Abschnitten, in denen dies technisch möglich ist, als Grüngleis ausgebildet. Die Details der Ausgestaltung (Ausbildung als Rasen- oder Sedumgleis), Hoch- bzw. Tiefeinbau) werden im Rahmen der Ausführungsplanung in Abstimmung zwischen den der HEAGmobilo und Fachbehörden festgelegt.</p>
G3	<p><u>Begrünung Verkehrsbeleitflächen:</u> Vegetationsentwicklung durch Ansaat einer standortgerechten, thermophilen Gras-/Wildkräutermischung (70% / 30%) für trockene bis frische, magere Standorte mit autochthonem Saatgut, z.B. Produktionsraum 9 „Oberheingraben mit Saarpfälzer Bergland“ gemäß Regiosaatgut - Uni Hannover (regionalisierte-pflanzenproduktion.de).</p>

Anbindung Ludwigshöhviertel

	Rückbau, Bodenauflockerung, ggf. Wiederaufbringung des zwischengelagerten Oberbodens und Herstellung Feinplanum. Ansaat der o.g. Gras- / Wildkräutermischung; 1-jährige Fertigstellungs- und 2-jährige Entwicklungspflege gemäß DIN 18917 und DIN 18919.
G4	<u>Rekultivierung von Arbeitsstreifen</u> Nach Abschluss der Bauarbeiten werden die bauzeitlich in Anspruch genommenen Arbeitsstreifen entlang des Baufeldes, soweit sie nicht Teil anderer Gestaltungs-, Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen sind, geräumt und rekultiviert. Hierzu werden ggf. vorhandene Reste von Baumaterial, Unrat und andere Gegenstände entfernt, der anstehende Boden wird mindestens 30 cm tief gelockert und zwischengelagerter Oberboden wieder angedeckt. Anschließend begrünt sich die Fläche im Zuge der natürlichen Sukzession.

Tabelle 8: tabellarische Übersicht Gestaltungsmaßnahmen

4.5.3 Ausgleichsmaßnahmen

Ausgleichsmaßnahmen sind Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege, die geeignet sind, die von dem Vorhaben beeinträchtigten Funktionen und Strukturen des Naturhaushaltes funktional gleichartig wiederherzustellen bzw. das Landschaftsbild wiederherzustellen oder landschaftsgerecht neu zu gestalten. Hierunter ist jedoch nicht grundsätzlich die identische Wiederherstellung derselben Strukturen zu verstehen.

Die bauzeitlich beanspruchten Flächen werden nach Beendigung der Baumaßnahme entsprechend ihrem Ausgangszustand durch geeignete Maßnahmen wieder hergestellt oder aufgewertet.

Folgende Ausgleichsmaßnahmen sind umzusetzen:

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
A1	<p><u>Ansaat der Böschungen und Grünflächen:</u> Vegetationsentwicklung durch Ansaat einer standortgerechten, thermophilen Gras-/Wildkräutermischung (70% / 30%) für trockene bis frische, magere Standorte mit autochthonem Saatgut, z.B. Produktionsraum 9 „Oberrheingraben mit Saarpfälzer Bergland“ gemäß Regiosaatgut - Uni Hannover (regionalisierte-pflanzenproduktion.de).</p> <p>Rückbau, Bodenauflockerung, Wiederaufbringung des zwischengelagerten Oberbodens und Herstellung Feinplanum. Ansaat der o.g. Gras-/Wildkräutermischung; 1-jährige Fertigstellungs- und 2-jährige Entwicklungspflege gemäß DIN 18917 und DIN 18919.</p> <p>Die Standards für Baumpflanzungen in Darmstadt (Wissenschaftsstadt Darmstadt, 2006) sind zu beachten.</p>
A2	<p><u>Pflanzung von Einzelbäumen</u> Anpflanzung von standortgerechten Einzelbäumen regionaler Herkunft im Bereich der Ludwigshöhstraße sowie der Cooperstraße.</p> <p>Die Art, Größe (Stammumfang: 16 bis < 20 cm), Pflanzqualität und ggf. Sorten der zu pflanzenden Bäume werden in Abstimmung mit den Fachämtern im Rahmen der Ausführungsplanung festgelegt. Bei Pflanzungen zur Ergänzung bestehender Baumreihen ist darauf zu achten, dass der Charakter der Baumreihe gewahrt bleibt.</p> <p>Für die Bilanzierung gemäß hessischer KV wurde für die Neupflanzung ein Stammumfang von 16 bis <20 cm und eine Trauffläche von 3 m² angenommen.</p> <p>Rückbau, Bodenauflockerung, Wiederaufbringung des zwischengelagerten Oberbodens und Herstellung Feinplanum. Anpflanzung von Einzelbäumen. 1-jährige Fertigstellungs- und 2-jährige Entwicklungspflege gemäß DIN 18916 und DIN 18919.</p> <p>Die Standards für Baumpflanzungen in Darmstadt (Wissenschaftsstadt Darmstadt, 2006) sind zu beachten.</p>
A3	<p><u>Neuanlage von Mischwald aus Laubbaum- und Nadelbaumarten</u> Neuanlage eines Mischwalds aus einheimischen und standortgerechten Laubbaum- und Nadelbaumarten auf einer Fläche im Eigentum der Stadt Darmstadt am „Gehaborner Hof“.</p> <p><u>Ausgangsbiotop:</u> 09.123 Nitrophytische Ruderalvegetation mit Neophytenbewuchs 25 (-3 BWP)</p> <p>Das Ausgangsbiotop wurde 2022 vor Ort gemäß der Liste der Nutzungstypen in Anlage 3 der Hessischen Kompensationsverordnung (HMUKLV 2018) erfasst. Auf der geplanten Aufforstungsfläche konnte eine nitrophytische Ruderalvegeta-</p>

Anbindung Ludwigshöhviertel

	<p>tion mit Dominanzbeständen von Neophyten vorgefunden werden. Gemäß Anlage 2 der Hessischen Kompensationsverordnung wurde daher eine Abwertung von - 3 Biotopwertpunkten vorgenommen.</p> <p>Nachgewiesene heimische Pflanzenarten: <i>Arrhenatherum elatius</i>, <i>Agrostis capillaris</i>, <i>Cytisus scoparius</i>, <i>Rumex acetosa</i>, <i>Hypericum perforatum</i>, <i>Achillea</i>, <i>Galium verum</i> agg., <i>Tanacetum vulgare</i>, <i>Linaria vulgaris</i> <i>Campanula rapunculus</i>, <i>Centaurea stoebe</i></p> <p>Nachgewiesene Neophyten: <i>Solidago canadensis</i>, <i>Erigeron annuus</i>, <i>Prunus serotina</i></p> <p><u>Zielbiotop:</u> 01.310 Mischwald aus Laubbaum- und Nadelbaumarten (Neuanlage) 29 BWP Der Mischwald setzt sich zu gleichen Teilen ausfolgenden Grundtypen zusammen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 01.136 Eichenaufforstung 33 BWP (mit Beimischung von ca. 30 % Linde und Hainbuche) • 01.297 Nadelholzaufforstung (Kiefer) 24 BWP (mit Beimischung von ca. 30 % Linde und Hainbuche)
--	---

Tabelle 9: tabellarische Übersicht Rekultivierungs- und Aufwertungsmaßnahmen

Forstrechtlicher Ausgleich (zur Information):

Die nachfolgend dargestellten Ersatzaufforstungen sind nach Abstimmung mit der Oberen Naturschutzbehörde (Stand 16.6.2022) sowohl für die forstrechtliche Kompensation gemäß HWaldG als auch für die naturschutzrechtliche Kompensation anrechenbar.

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
W1	<p><u>Ersatzaufforstung „Gehaborner Hof“</u> Neuanlage eines Mischwalds aus einheimischen und standortgerechten Laubbaum- und Nadelbaumarten auf einer Fläche im Eigentum der Stadt Darmstadt am „Gehaborner Hof“. Geplant und durchgeführt wird die Ersatzaufforstung durch das Grünflächenamt der Stadt Darmstadt (Abteilung Forsten, Biotopschutz, Stadtbäume). Der Mischwald setzt sich zu gleichen Teilen aus Eichen (mit Beimischung von ca. 30 % Linde und Hainbuche) sowie Kiefern (mit Beimischung von ca. 30 % Linde und Hainbuche) zusammen. Die durch das Planfeststellungsverfahren (IV) dauerhaft umgewandelte Waldfläche von insgesamt 0,809 ha wird flächengleich wieder aufgeforstet. Die Fläche der Ersatzaufforstung befindet sich ca. 5,5 km vom Ort des Eingriffs entfernt und grenzt direkt an den Darmstädter Stadtwald (Westwald) an.</p> <p>Entspricht Maßnahme A3, da die Maßnahme sowohl forst- als auch naturschutzrechtlich berücksichtigt wird.</p>

Tabelle 10: tabellarische Übersicht forstrechtlicher Ausgleich

4.5.4 Ersatzmaßnahmen

Bezeichnung	Maßnahmenbeschreibung
E4	<p><u>Ökokonto „Kranichsteiner Wald“</u> Um das verbliebene Biotopwertdefizit zu kompensieren, wird den Planfeststellungsverfahren (IV und ÖV) eine vorläufig durchgeführte Ersatzmaßnahme als Kompensation zugeordnet. Bei der Maßnahme handelt es sich um einen Nutzungsverzicht von staatlichen Waldflächen innerhalb des FFH-Gebiets „Kranichsteiner Wald mit Hegbachaue, Mörsbacher Grund und Silzwiesen“.</p>

Tabelle 11: tabellarische Übersicht Ersatzmaßnahmen

4.6 Ergebnisse WRRL-Fachbeitrag

Das Vorhaben liegt im Bereich der Grundwasserkörper DEHE_2396_3101, DEHE_2398_10103, DEHE_2398_3101 und DEHE_2396_10102.

Das Vorhaben erhöht den Oberflächenabfluss des Niederschlagswassers durch die Neuversiegelung geringfügig und reduziert somit die lokale Grundwasserneubildung, so dass der mengenmäßige Zustand dem Grunde nach betroffen ist. Da der Oberflächenabfluss jedoch im Wirkraum der GWK lokal versickern kann, ergibt sich in der Gesamtbilanz keine nachteilige Auswirkung auf die Grundwasserneubildungsrate der GWK.

Auch werden durch das Vorhaben Stoffe freigesetzt, die dem Grunde nach, den chemischen Zustand betreffen können. Das Ausmaß der Beeinträchtigungen ist jedoch als so gering einzustufen, sodass es zu keinen messbaren Veränderungen in den GWK führen kann. Der chemische und mengenmäßige Zustand des Grundwasserkörpers im Istzustand wird durch das Vorhaben jedoch nicht verschlechtert.

4.7 Natura 2000

Im Wirkraum des Vorhabens liegen keine Natura 2000-Schutzgebiete. Das Vorhaben beeinträchtigt die im Umfeld gelegenen FFH- und Vogelschutzgebiete daher nicht. Die Durchführung einer FFH-Vorprüfung ist nicht erforderlich.

4.8 Störfallbetriebe

Im Umfeld des Vorhabens befindet sich kein Betriebsbereich i. S. d. § 3 Abs. 5 (a) BImSchG (sog. Störfallbetrieb) innerhalb des für diesen Betriebsbereich einschlägigen Achtungsabstands nach Nr. 3.1 i. V. m. Anhang 1 KAS-18. Eine Erhöhung eines Störfallrisikos ist durch das Vorhaben nicht zu erwarten.

4.9 Lärm und Erschütterungen

Für das Vorhaben wurden lärm- und erschütterungstechnische Untersuchungen, sowohl für die Bauphase als auch für die Betriebsphase erstellt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3.9 zusammengefasst.

4.10 Umweltverträglichkeit der geplanten Maßnahme

Nach Prüfung des Vorhabens unter Einbeziehung aller bekannten Varianten verbleiben im Zusammenhang mit den vorgesehen Vermeidungs-, Rekultivierungs- und Kompensationsmaßnahmen für die Vorzugsvariante keine erheblichen Beeinträchtigungen von Schutzgütern, welche eine Umweltverträglichkeit des Vorhabens in Frage stellen würden.

Von allen betrachteten Varianten stellt die im Zuge der Vorplanung bestimmte Vorzugsvariante (vgl. Kap. 2.1) unter Berücksichtigung der betrieblichen und baulichen Zwangspunkte, die Variante mit den geringsten Eingriffen in Fauna und Flora, insb. der Waldbestände, und damit auch in das lokale Klima sowie den Biotopverbund dar. Waldflächen können zum Stand der Erstellung dieser UVP flächengleich innerhalb des Stadtwaldgebiets der Stadt Darmstadt aufgeforstet werden, sodass die Waldfläche in Ihrer gesamten Größe durch das Vorhaben nicht verändert wird.

Die Verbindung zwischen Ost – und Westwald bleibt weiterhin in Ihrer Funktion bestehen und wird durch das Vorhaben nicht erheblich beeinträchtigt.

Durch den Neubau von Rad- und Fußwegen werden auch die bauzeitlich beeinträchtigten Wohnumfeldfunktionen vollständig wiederhergestellt.

5 Durchführung der Baumaßnahme

Im Rahmen der Entwurfsplanung sind für das Vorhaben verschiedene Bauphasen definiert, welche unter Beachtung diverser zeitlichen Zwänge in einen terminlichen Zusammenhang überführt, worden sind. Die Bauphasenplanung lässt sich dabei in die drei Bauabschnitte „Cooperstraße“, „Ludwigshöhviertel“ und „Ludwigshöhstraße“ unterteilen.

Als maßgebende Vorgabe wurde der Bauzeitenplanung eine mehrwöchige Gleissperrung der Heidelberger Straße innerhalb der ersten Sommerferien nach Baubeginn zu Grunde gelegt. Die für die Arbeiten in der Ludwigshöhstraße notwendige Sperrpause der Straßenbahnlinie 3 liegt voraussichtlich innerhalb der bereits durch das Schnittstellenprojekt "Grunderneuerung der Infrastruktur entlang der Linie 3 (GE Infrastruktur Linie 3)" notwendigen mehrjährigen Sperrpause dieser Strecke in Bessungen.

Unter Berücksichtigung der terminlichen Vorgaben und Annahmen, sowie den baulichen Abhängigkeiten und Randbedingungen aus dem Bauablauf ergibt sich eine Bauzeit von ca. 23 Monaten.

Aufgrund der Maßnahme der GE Infrastruktur Linie 3 bleibt die Gleissperrung in Bessungen bestehen, jedoch ist das Ludwigshöhviertel zu diesem Zeitpunkt angesichts der fertiggestellten Wendeanlage bereits über die Heidelberger Straße mit der Straßenbahn erschlossen.

Terminliche Verschiebungen des Baubeginns durch z.B. geänderte Vorgaben, Randbedingungen oder Bauabläufe haben direkte Auswirkungen auf die gesamthafte Terminplanung. Im Rahmen der Entwurfsplanung sind für das Vorhaben verschiedene Bauphasen definiert, welche unter Beachtung diverser zeitlichen Zwänge in einen Terminplan überführt, worden sind.

Anlage B 8.1 stellt informativ die angedachten Bauphasen dar, ein endgültiges Bauphasenkonzept wird vor Bauausführung mit den zuständigen Fachämtern abgestimmt.

6 Grunderwerb

Zur Realisierung der Maßnahme ist sowohl für das Vorhaben nach HStrG als auch nach PBefG im Bereich Cooperstraße, Ludwigshöhstraße und Wendeanlage Grunderwerb von Dritten erforderlich. Der erforderliche Grunderwerb ist – getrennt nach HStrG und PBefG – in Anlage B 9.1.ff bzw. B 9.2.ff und im Grunderwerbsverzeichnis Anlage B 9.3.1 dargestellt.

Bauzeitlich werden Flächen von ca. 2060 m² vorübergehend in Anspruch genommen. Diese Flächen werden nach Abschluss der Bauarbeiten wieder in ihren Ursprungszustand versetzt.

7 Abkürzungsverzeichnis

AC	Wechselstrom
BImSchG	Bundes Immissionsschutzgesetzes
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes Immissionsschutzgesetzes
BOStrab	Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen
BÜ	Bahnübergang
BVD	Bauverein Darmstadt
BWE	Bauwerkserde
CBF	Club Behinderter und Ihrer Freunde e.V.
DC	Gleichstrom (Direct Current)
DWA-A	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EAÖ	Empfehlung für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs
EAR	Empfehlungen für die Anlagen des ruhenden Verkehrs
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
ERA	Empfehlungen für Radverkehrsanlagen
EVU	Energieversorgungsunternehmen (Energieversorger)
FD	Fahrdraht
FGU	Fahrgastunterstände
FL	Fahrleitung
GOK	Gleisoberkante
GUW	Gleichrichter-Unterwerk
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
HBO	Hessische Bauordnung
HDSchG	Hessisches Denkmalschutzgesetz
HPAS	Hauptpotentialausgleichsschiene
IV	Individualverkehr
KI	Konstruktiver Ingenieurbau
LHV	Ludwigshöhviertel
LMFS	Leichtes Masse Federsystem
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Mobilität Individualverkehr
MobFöG	Mobilitätsfördergesetz

Anbindung Ludwigshöhviertel

MS-Einspeisung	Mittelspannungsnetz Einspeisung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PE-Leiter	Potentialausgleichsleiter
RASt 06	Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen
REwS	Richtlinie für die Entwässerung von Straßen
Ri120	Rillenfahrdraht aus Kupfer, Leitungsquerschnitt = 120 mm ²
Ril	Richtlinie
RMS	Richtlinien für die Markierung von Straßen
SEV	Schienenersatzverkehr
SO	Schienenoberkante
TR Strab	Technische Regeln Straßenbahnen
TS	Tragseil
V DC	Volt of Direct Current
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VLD	Spannungsbegrenzungseinrichtung
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz

Gender-Hinweis:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Rollenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern in diesem Dokument auf die geschlechtsspezifische Unterscheidung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.

8 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte Projektgebiet (eigene Darstellung).....	8
Abbildung 2: Übersichtskarte Variantenuntersuchung Vorplanung.....	13
Abbildung 3: Übersicht der Untervarianten für Variante 1 und 2.....	16
Abbildung 4: Untervarianten im Abschnitt 02 - Trassenführungsunabhängig	18
Abbildung 5: Übersicht Planung Abschnitt 3.....	19
Abbildung 6: Übersicht der Untervarianten für Variante 1 und 2.....	20
Abbildung 7: Untersuchte Untervariante der Variante 2, hier: bes. Bahnkörper	22
Abbildung 8: Untersuchte Untervariante der Variante 2, hier: straßenbündiger Bahnkörper mit Zweirichtungsradweg.....	22
Abbildung 9: Untersuchte Untervariante der Variante 2, hier: straßenbündiger Bahnkörper mit Einrichtungsradweg.....	23
Abbildung 10: Fahrgeschwindigkeiten Vorhaben "Anbindung Ludwigshöhviertel" ...	28
Abbildung 11: Untersuchung des Bremswegs / Sichtweiten stadtauswärts.....	31
Abbildung 12: Übersicht Haltestellen.....	33
Abbildung 13: Idealisierte Detaildarstellung Bahnsteigaufstockung und Abstandsverhältnisse an der Bahnsteigkante und am Fahrzeugboden (ST13/ST14/SB09)	38
Abbildung 14: Auszug VDV 7011 Toleranzbereiche Abstände/Spaltmaße.....	38
Abbildung 15: Bestehendes G UW Ludwigshöhstraße 120a.....	42
Abbildung 16: Grundriss G UW Ludwigshöhstraße 120a	43
Abbildung 17: Grundriss G UW Heidelberger Straße 230	43
Abbildung 18: Abstandsmaße gemäß DIN EN 50122-1	47
Abbildung 19: Oberleitungs- und Stromabnehmerbereich/Spannungsdreieck	49
Abbildung 20: Beispieldarstellung Lichtzeichen und BÜ-Signalisierung Cooperstraße Ri. Heidelberger Straße	53
Abbildung 21: Übersichtskarte Abschnittsbezeichnungen mit Darstellung des Geltungsbereichs des B-Plans S26	54
Abbildung 22: Entwässerungskonzept Niederschlagswasser.....	62
Abbildung 23: Einsatz des Masse-Feder-Systems	77
Tabelle 1: Haltestellenbezeichnungen und Bahnsteigtyp	34
Tabelle 2: Übersicht Knotenpunkte äußere Erschließung.....	59
Tabelle 3: Niederschlagswassermengen Cooperstraße West.....	63
Tabelle 4: Umweltrelevante Auswirkungen des Vorhabens.....	88
Tabelle 5: Zuordnung der Konflikte zu den Beeinträchtigungen durch Straßenbau und -betrieb	88
Tabelle 6: Zuordnung der Konflikte zu den Beeinträchtigungen durch Straßenbahnbau und -betrieb.....	89
Tabelle 7: tabellarische Übersicht Vermeidungsmaßnahmen.....	95
Tabelle 8: tabellarische Übersicht Gestaltungsmaßnahmen.....	97
Tabelle 9: tabellarische Übersicht Rekultivierungs- und Aufwertungsmaßnahmen ..	99
Tabelle 10: tabellarische Übersicht forstrechtlicher Ausgleich.....	99
Tabelle 11: tabellarische Übersicht Ersatzmaßnahmen.....	100

9 Anlagenverzeichnis

Einer Auflistung aller Anlagen und Dokumente kann der beigelegten Datei „Inhaltsverzeichnis.pdf“ entnommen werden.