



Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH
Planungsabteilung V2-PL2/Peter

**Änderung der Oberleitungsanlagen und
punktuelle Anpassung von Gleisanlagen
auf der VBK Strecke 11300 Eckenerstraße bis Waidweg
in Karlsruhe-Daxlanden**

Planfeststellung nach § 28 (1) PBefG

**Anlage 13
Erschütterungstechnische Untersuchung**

Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH

Grunderneuerung Oberleitungsanlagen
zwischen Eckenerstraße und Waidweg
Erstellung Erschütterungsschutzkonzept

B. Sc. Korbinian Grüner

Bericht-Nr.: ACB-0322-216212//03/rev1

11.04.2022

Titel: Grunderneuerung Oberleitungsanlagen
zwischen Eckenerstraße und Waidweg

Erstellung Erschütterungsschutzkonzept

Auftraggeber: Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH
Tullastraße 71
76131 Karlsruhe

Auftrag vom: 11.11.2021

Bericht-Nr.: ACB-0322-216212//03/rev1

Ersetzt Bericht: ACB-0322-216212/03 vom 29.03.2022

Umfang: 20 Seiten Bericht und 3 Anlagen

Datum: 11.04.2022

Bearbeiter: B. Sc. Korbinian Grüner

Diese Unterlage ist für den Auftraggeber bestimmt und darf nur insgesamt kopiert und verwendet werden.
Bei Veröffentlichung dieser Unterlage (auch auszugsweise) hat der Auftraggeber sicherzustellen, dass die veröffentlichten Inhalte keine datenschutzrechtlichen Bestimmungen verletzen.

Inhalt

1 Anlass und Aufgabenstellung	4
2 Beurteilungsgrundlagen	4
3 Örtliche Gegebenheiten	6
4 Bauablauf	8
5 Emissionen.....	8
6 Berechnungsverfahren	9
7 Ergebnisse	11
7.1 Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude	11
7.2 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen.....	12
7.3 Übersicht Mindestabstände	14
8 Maßnahmen zur Reduktion der Erschütterungseinwirkungen	15
8.1 Allgemeines	15
8.2 Reduzierung Energieeintrag	15
8.3 Pressen	15
9 Immissionsorte	15
10 Allgemeine Empfehlungen.....	17
11 Zusammenfassung	18
Quellenverzeichnis	20
Anlagen.....	21

1 Anlass und Aufgabenstellung

Die Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH beabsichtigt die Grunderneuerung der Oberleitung zwischen den Haltestellen Eckenerstr. bis Waidweg (ca. 2,4 km) im Stadtteil Daxlanden in Karlsruhe.

Die neuen Oberleitungsanlagen umfassen ca. 70 Maste im nahbebauten Bereich sowie ca. weitere 60 Maste im begleitenden Grünstreifen. Die Mastgründung erfolgt im Bohrverfahren. Die zu betrachtenden Bereiche umfassen nur die Standorte der neuen Oberleitungsmaste.

Auf Grund erschütterungsintensiver Tätigkeiten bei der Installation der Oberleitungsmasten soll im Vorfeld der Baumaßnahmen ein Erschütterungsschutzkonzept für die Baumaßnahmen erstellt werden.

Im Rahmen der Vorplanung sind die erschütterungstechnischen Auswirkungen der vorgesehenen Maßnahmen zu ermitteln, darzulegen und zu beurteilen. Gegebenenfalls sind Minderungsmaßnahmen vorzuschlagen.

Die Accon GmbH wurde mit den Untersuchungen beauftragt.

2 Beurteilungsgrundlagen

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen wird die DIN 4150-2 (Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden; Juni 1999) [1] herangezogen. Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. In der DIN 4150-2 werden Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

Die DIN 4150-2 berücksichtigt mittels einer Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit die menschliche Erschütterungswahrnehmung. Nach dieser Frequenzbewertung der Schwinggeschwindigkeit erhält man den dimensionslosen $KB_{F(t)}$ -Wert. Dieser $KB_{F(t)}$ -Wert soll mit seinem maximalen Wert (KB_{Fmax}) den unteren Anhaltswert A_u möglichst nicht überschreiten. Ist der KB_{Fmax} größer als A_u und kleiner als der obere Anhaltswert A_o , dann ist die Norm eingehalten, falls die zeitabhängige Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} nicht größer als A_r ist. Oberhalb von A_o ist die Anforderung nicht eingehalten.

Tabelle 1 Anhaltswerte nach DIN 4150-2 für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6
für Gewerbe- und Industriegebiete gilt $A_o = 6$									

Bei Unterschreitung der Werte nach Stufe II ist noch nicht mit erheblichen Belästigungen aus den Erschütterungen aus dem Baubetrieb zu rechnen. Erst bei dauerhafter Überschreitung dieser Werte sollten Maßnahmen zur Reduzierung der Erschütterungsimmissionen ergriffen werden.

Bei Überschreitung der Werte nach Stufe III ist mit erheblichen Belästigungen zu rechnen. Es sollten hier Maßnahmen zur wirkungsvollen Reduktion der Erschütterungsimmissionen ergriffen werden.

Im vorliegenden Fall wird davon ausgegangen, dass die Zeitblöcke mit erschütterungsrelevanten Bautätigkeiten in Bezug auf einen Immissionsort insgesamt nicht länger als einen Tag andauern werden. Es ist davon auszugehen, dass in bebautem Gebiet 3 Masten pro Tag und in unbebautem Gebiet 4 Masten pro Tag errichtet werden können.

Die Gefährdung von Gebäuden aus dem Betrieb von Quellen, die starke Erschütterungen emittieren, wird entsprechend der Anhaltswerte der DIN 4150-3 [2] für kurzzeitige Einwirkungen (Tabelle 2) und Dauereinwirkungen (Tabelle 3) beurteilt. In dieser Norm werden die Erschütterungsimmissionen bezüglich ihres Frequenzgehaltes und der darauf bezogenen zulässigen Schwingamplituden an unterschiedlichen Bezugsorten in Gebäuden überprüft. In das Verfahren werden auch die Gebäudearten mit einbezogen.

Tabelle 2: Anhaltswerte für die max. Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ [mm/s] zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Messort	Fundament			Oberste Deckenebene, horizontal	Decken vertikal
	< 10 Hz	10 - 50 Hz	50 – 100 Hz		
Frequenzbereich				1 - 100 Hz	1 - 100 Hz
Industriebau, gewerbliche Bauten	20	20 - 40	40 – 50	40	20
Wohngebäude	5	5 - 15	15 – 20	15	20
empfindliche Bauten, Denkmalschutz	3	3 - 8	8 – 10	8	20

Tabelle 3: Anhaltswerte für die max. Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ [mm/s] zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke

Messort	Oberste Deckenebene, horizontal	Decken vertikal
	1 - 100 Hz	1 - 100 Hz
Industriebau, gewerbliche Bauten	10	10
Wohngebäude	5	10
empfindliche Bauten, Denkmalschutz	2,5	10

Alternativ kann auch ein Beurteilungsverfahren mit frequenzunabhängigen Anhaltswerten verwendet werden. Beide Verfahren sind als gleichwertig zu betrachten. Das Alternativverfahren eignet sich insbesondere für eine Echtzeitbewertung von Fundamentalschwingungen.

Die frequenzunabhängigen Anhaltswerte am Fundament zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Frequenzunabhängige Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke

Gebäudeart	Anhaltswert [mm/s]
Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20
Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5
Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3

Zur Beurteilung der Schadenswirksamkeit von Dauererschütterungen enthält die DIN 4150-3 frequenzunabhängige Anhaltswerte für Obergeschosse. Diese liegen für Wohngebäude bei 5 mm/s und bei Gewerbebauten bei 10 mm/s in horizontaler Richtung. In vertikaler Richtung liegen die Anhaltswerte unabhängig vom Gebäudetyp bei 10 mm/s. In Bezug auf Fundamentalschwinggeschwindigkeiten für Dauererschütterungen enthält die DIN 4150-3 keine Anhaltswerte. Hier könnte die schweizerische Norm SN 640312a herangezogen werden. Deren Grenzwert beläuft sich auf 4 mm/s.

3 Örtliche Gegebenheiten

Die zu untersuchende Strecke befindet sich in der Stadt Karlsruhe im Stadtteil Daxlanden. Die Grunderneuerung der Oberleitung erfolgt zwischen den Haltestellen Eckenerstraße bis Waidweg (ca. 2,4 km). Abbildung 1 zeigt einen Übersichtslageplan der Untersuchungsstrecke.

Die Straßenbahntrasse führt durch mehrere Wohngebiete. Der Abschnitt zwischen den Haltestellen Eckenerstraße und Mauerweg verläuft auf der Nordseite durch ein Wohngebiet (s. Abbildung 2, D). Auf demselben Streckenabschnitt grenzt nördlich der Daxlandenstraße auf den ersten 200 m ein Mischgebiet an (s. Abbildung 2, C). Der Rest dieses Abschnitts bis zur Haltestelle Mauerweg wird im Norden von einem Gewerbegebiet (s. Abbildung 2, B) begrenzt.

Die Strecke zwischen den Haltestellen Mauerweg und Ankerstraße führt durch Grünanlagen.

Der Abschnitt von der Ankerstraße bis zum Kirchplatz sowie die Gabelung der Linie zwischen Rappenwörtstraße und Kastenwörtstraße bis zur Haltestelle Hammweg führt durch ein Mischgebiet (s. Abbildung 2, C).

Der letzte Abschnitt der Bahnlinie, zwischen den Haltestellen Hammweg und Waidweg, grenzt im Norden an ein Mischgebiet und im Süden an Grünflächen.

Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt aus dem Flächennutzungsplan der Untersuchungsstrecke.

Der Streckenuntergrund besteht im Wesentlichen aus Sedimentgestein.

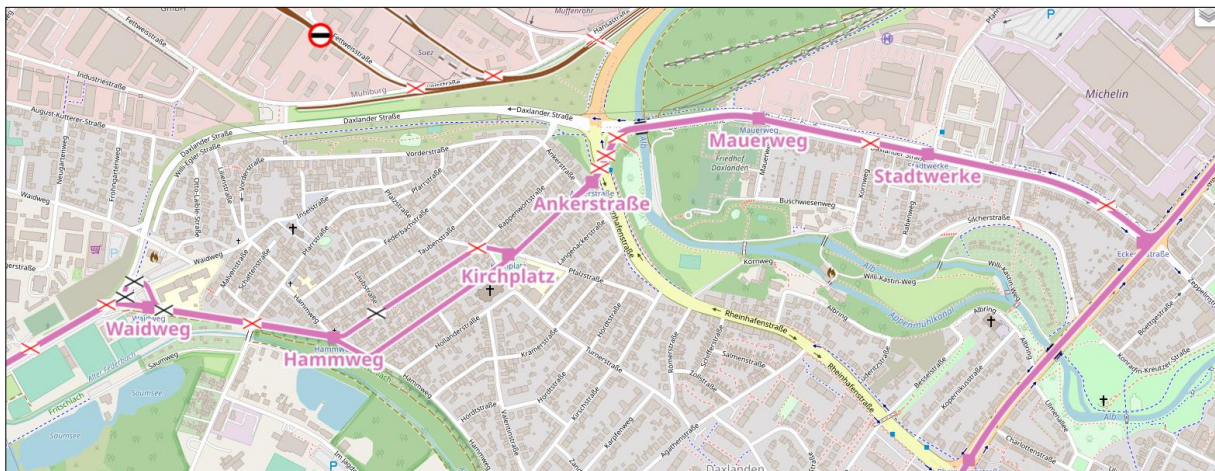


Abbildung 1: Übersichtslageplan zwischen den Haltestellen Eckenstraße und Waidweg, Stadtteil Daxlanden, Karlsruhe (Quelle: www.openrailwaymap.org)

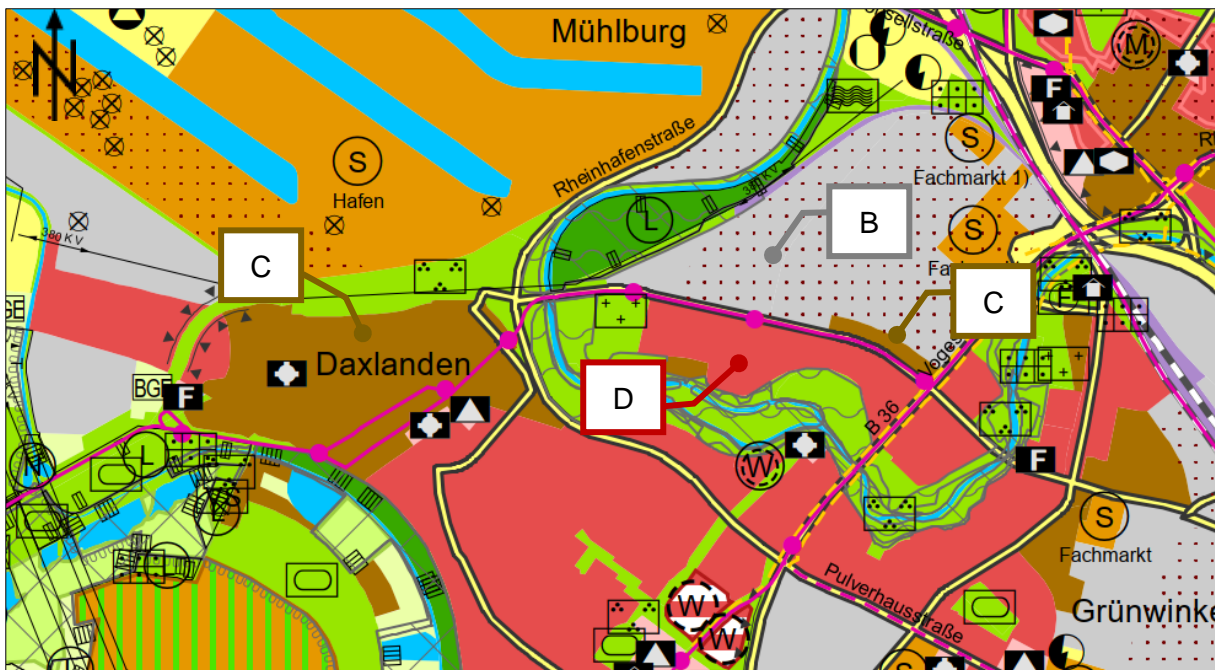


Abbildung 2: Ausschnitt aus Flächennutzungsplan der Nachbarschaftsverband Karlsruhe [1]

- A Gebiete, in denen nur gewerbliche oder industrielle Anlagen und Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (GI)
- B Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (GE)
- C Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (MI, MK, MD)
- D Gebiete, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (WA)
- E Gebiete, in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (WR)
- F Kurgelände, Krankenhäuser und Pflegeanstalten

4 Bauablauf

Für die Grunderneuerung der Streckenmasten wird angenommen, dass die Arbeiten werktags in der Zeit von 07:00 bis 20:00 Uhr stattfinden. Aus erschütterungstechnischer Sicht ist die Gründung der Oberleitungsmasten von Interesse. Dies erfolgt entlang der gesamten Strecke. Hierzu sollen mittels Bohrgerät Gründungspfähle in den Untergrund gebohrt werden. Auf Grundlage von Erfahrungswerten vorangegangener Projekte kann pro Mast von einer Maschineneinsatzzeit von zwei Stunden ausgegangen werden. Für das Auf- und Abrüsten sowie den Materialtransport ist ebenfalls von einer Stunde auszugehen. Da die Strecke durch bewohntes und gewerblich genutztes Gebiet führt, sind die zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen auf die Gebäude zu prognostizieren und zu beurteilen.

5 Emissionen

Für die Prognoseberechnung der Bohrarbeiten wird ein Dieselmär D8-22 der Firma DELMAG berücksichtigt. Entsprechend des Datenblattes [4] ist von folgenden Kennwerten auszugehen:

Tabelle 5 Dieselmär D8-22, Technische Daten

Dieselmär D8-22	Einheit
Schlaggewicht (Kolben)	800 kg
Energie pro Schlag	27-13 kNm
Schlagzahl	36-52 min ⁻¹
Geeignet zum Einrammen von Rammgut	500-3000 kg

Die Berechnung der Erschütterungsimmissionen erfolgt nach dem Prognoseverfahren von M. Achmus [3], das unterschiedliche Anregearten von Baumaschinen und den Energieeintrag mit in die Berechnungsmethodik aufnimmt. Demnach ist für Schlagammungsgeräte (Dieselbär) die Schlagenergie der zum Einsatz kommenden Maschine als die Erschütterungsintensität repräsentierende Eingangsgröße zu verwenden. Bei der Bohrgründung ist im Vergleich zur Schlagammung von einem deutlich reduzierten Energieeintrag auszugehen (für die Prognose wird ein um 85 % reduzierter Energieeintrag angesetzt).

6 Berechnungsverfahren

Die Erschütterungseinwirkungen sind abhängig von der Entfernung der Baumaschine zum Gebäude, der Untergrundgeologie und der Schwingungsempfindlichkeit insbesondere der Gebäudedecken. Die Berechnung der Erschütterungsimmissionen erfolgt im Rahmen der Begutachtung nach dem Prognoseverfahren von M. Achmus [3].

Im vorliegenden Fall sind relevante Erschütterungseinwirkungen lediglich bei den Ramm- bzw. Bohrgründungen zu erwarten. Für Rammarbeiten wird die Gleichung zur Bestimmung der maximalen Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{Fi,max}$ abhängig vom Abstand r zwischen Baumaschine und Immissionsort in [3] wie folgt angegeben:

$$v_{Fi,max} = K_{Verd} * \frac{\sqrt{E}}{r}$$

mit: $K_{Verd} = 2,45$ (wahrscheinlicher Wert)

$K_{Verd} = 3,82$ (ungünstiger Wert)

Energie E in kNm, Abstand r in m, $v_{Fi,max}$ in mm/s

Der Korrekturfaktor K bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung der Prognosewerte, wobei der ungünstige Wert eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % beschreibt. Die Berechnungen werden für beide Überschreitungswahrscheinlichkeiten ausgehend von einer maximalen Schlagenergie von 27 kNm durchgeführt. Somit wird für die Bohrgründung ein Energieeintrag von 4 kNm berücksichtigt.

Wie sich Fundamentalschwingungen auf Bauteile übertragen, hängt von den Eigenfrequenzen der Bauteile und damit von den Eigenschaften des Gebäudes und seiner Gründung ab. Die Veränderung der Schwinggeschwindigkeitsamplitude wird durch Übertragungsfaktoren (k) beschrieben:

$$v_{Bauteil} = k_{Bauteil} * v_F$$

Durch Resonanzeffekte kann es vor allem bei vertikalen Deckenschwingungen zu deutlichen Erhöhungen der Schwinggeschwindigkeit kommen. Erfahrungsgemäß können im Resonanzfall Übertragungsfaktoren von $k_{z,Decke} \leq 10$ für Stahlbetondecken bzw. $k_{z,Decke} \leq 15$ für Holzbalkendecken auftreten. Für horizontale Bauteilschwingungen spielen Resonanzen meist keine Rolle. Nur bei Gebäuden auf weichem Untergrund können gegebenenfalls leichte

Amplitudenerhöhungen gegenüber der Fundamentalschwingung auftreten. Zur sicheren Seite hin wird hier der Übertragungsfaktor mit $k_{x,y,Decke} \leq 1,25$ angenommen.

Für die Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird die maximale Beurteilungsschwingstärke KB_{Fmax} aus den maximalen Deckenschwingungen $v_{F,max}$ wie folgt bestimmt:

$$KB_{Fmax} = v_{Fmax} * 0,432$$

Basierend auf dem KB_{Fmax} kann der Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} für Betondecken wie folgt abgeschätzt werden:

$$KB_{FTm} = \frac{KB_{Fmax}}{1,5}$$

Für Holzbalkendecken ergibt sich ein Nenner von 1,7.

Schließlich wird die Beurteilungsschwingstärke nach folgender Formel berechnet:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}}$$

mit: T_r = Beurteilungszeit tags 16h, nachts 8h

T_e = Einwirkungszeit außerhalb Ruhezeit

Die Berechnungen werden dabei im Hinblick auf möglicherweise auftretende Gebäudeschäden und auf eine belästigende Wirkung auf Menschen durchgeführt. Hierbei wird auf Grundlage des anzuwendenden Arbeitsverfahrens und der eingesetzten Maschine die maximale Schwingschnelle [mm/s], welche sich auf Deckenmitte ergibt, prognostiziert. Die Berechnungen erfolgen getrennt für Beton- und Holzbalkendecken. Es zeigt sich, dass beim Bohrverfahren die Anforderungen im Hinblick auf eine belästigende Wirkung auf den Menschen maßgebend sind. Die Anforderungen resultieren aus den Vorgaben der DIN 4150-2 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) [1] und DIN 4150-3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) [2].

Da bei der Prognoseberechnung viele Faktoren eine Rolle spielen, welche im Vorfeld nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand eruiert werden können (Bodenverhältnisse, Witterungsverhältnisse etc.), werden bei der erschütterungstechnischen Untersuchung prinzipiell zwei Fälle unterschieden:

- Der ungünstige Fall, bei welchem mit keinen Überschreitungen der Anforderungen zu rechnen ist. Dies bedeutet, dass alle Eingangsparameter der Berechnungen so (ungünstig) ausgelegt werden, dass ab dem empfohlenen Mindestabstand die Anforderungen zu rund 98 % erfüllt werden.
- Der mittlere Fall, bei welchem mit keinen Überschreitungen der Anforderungen zu rechnen ist. Dies bedeutet, dass alle Eingangsparameter der Berechnungen so ausgelegt werden, dass ab dem empfohlenen Mindestabstand die Anforderungen zu rund 50 % erfüllt werden.

In den Anlagen werden die unterschiedlichen Fälle mit zwei Kreisen dargestellt. Den Mittelpunkt bildet der Standort des Oberleitungsmasten. Der äußere Kreis beschreibt demnach, dass außerhalb des Kreises die Anforderungen zu 98 % eingehalten werden. Außerhalb des inneren Kreises ist davon auszugehen, dass die Anforderungen zu 50 % eingehalten werden.

7 Ergebnisse

7.1 Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude

Die Baumaßnahmen verlaufen durch bebauten Gebiet und finden teilweise in sehr geringer Entfernung zu Wohn- und Gewerbegebäuden statt. Auf Grund der zeitlichen Einwirkdauer der Erschütterungen ist hierbei von keinem Einzelereignis, sondern von einer Dauererschütterung auszugehen. Die maßgebliche Komponente bildet die maximale Schwingschnelle auf Deckenmitte in vertikaler Richtung, deren Anhaltswert sowohl für Wohn-, als auch für Industriegebäude mit 10 mm/s angegeben wird.

Zunächst erfolgt eine Bestimmung des geringsten Abstandes zwischen Quelle und Immissionsort für Beton- und Holzbalkendecken, bei welchem mit keinen Überschreitungen der Anhaltswerte nach DIN 4150-3 [2] für den ungünstigsten Fall zu rechnen ist (s. Tabelle 3).

Tabelle 6 Bohrgründung, Dauererschütterungsimmissionen auf Betondecken (ungünstig)

Gebäudetyp: Wohngebäude Bezug Wohnbereich: 1.OG	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Proportionalitätsfaktor k		max. Schwingschnelle am Fundament		max.Schwingschnelle 1.OG Betondecke				
		mittel	ungünstig	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	horizontal (x,y)		vertikal (z)		
						mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	
Bodenverdichtung mittels: Bohrgründung (<= 4.1 kNm)		8	2.45	3.82	0.62	0.96	0.77	1.20	6.16	9.61

Die Tabelle zeigt, dass für Betondecken in einem Abstand von 8 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte im ungünstigen Fall eingehalten werden.

Tabelle 7 Bohrgründung, Dauererschütterungsimmissionen auf Holzbalkendecken (ungünstig)

Gebäudetyp: Wohngebäude Bezug Wohnbereich: 1.OG	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Proportionalitätsfaktor k		max. Schwingschnelle am Fundament		max.Schwingschnelle 1.OG Holzbalkendecke				
		mittel	ungünstig	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	horizontal (x,y)		vertikal (z)		
						mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	
Bodenverdichtung mittels: Bohrgründung (<= 4.1 kNm)		11.5	2.45	3.82	0.43	0.67	0.53	0.83	6.41	9.99

Die Tabelle zeigt, dass für Holzbalkendecken in einem Abstand von 11,5 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte im ungünstigen Fall eingehalten werden.

Die folgende Tabelle 8 und Tabelle 9 stellen den geringsten Abstand dar, bei welchem im Mittel (50% Überschreitungswahrscheinlichkeit) die Anhaltswerte nach DIN 4150-3 unterschritten werden.

Tabelle 8 Bohrgründung, Dauererschütterungsimmissionen auf Betondecken (mittel)

Gebäudetyp: Wohngebäude Bezug Wohnbereich: 1.OG	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Proportionalitäts- faktor k		max. Schwingschnelle am Fundament		max.Schwingschnelle 1.OG Betondecke			
		mittel	ungünstig	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	horizontal (x,y)		vertikal (z)	
						mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]
Bodenverdichtung mittels: Bohrgründung (<= 4.1 kNm)	5	2.45	3.82	0.99	1.54	1.23	1.92	9.86	15.38

Die Tabelle zeigt, dass für Betondecken ab einem Abstand von 5 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte im Mittel eingehalten werden.

Tabelle 9 Bohrgründung, Dauererschütterungsimmissionen auf Holzbalkendecken (mittel)

Gebäudetyp: Wohngebäude Bezug Wohnbereich: 1.OG	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Proportionalitäts- faktor k		max. Schwingschnelle am Fundament		max.Schwingschnelle 1.OG Holzbalkendecke			
		mittel	ungünstig	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	horizontal (x,y)		vertikal (z)	
						mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]	mittel [mm/s]	ungünstig [mm/s]
Bodenverdichtung mittels: Bohrgründung (<= 4.1 kNm)	7.5	2.45	3.82	0.66	1.03	0.82	1.28	9.86	15.38

Die Tabelle zeigt, dass für Holzbalkendecken in einem Abstand von 7,5 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte im Mittel eingehalten werden.

7.2 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen

Hinsichtlich der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen gelten die Anhaltswerte der DIN 4150-2, Tabelle 2. In der folgenden Tabelle 10 ist der geringste Abstand hinsichtlich Dauereinwirkungen auf Menschen dargestellt, bei welchem mit keinen Überschreitungen des oberen Anhaltswertes von $A_0 = 5$ (für Gewerbe- und Industriegebiete gilt ein oberer Anhaltswert von 6) und der Beurteilungsschwingstärke von $A_r = 0,8$ nach Stufe II der DIN 4150-2 [1] für den ungünstigsten Fall während des Tagzeitraumes zu rechnen ist

Tabelle 10 Bohrgründung, maximal zulässige Erschütterungsimmissionen auf Menschen während der Tagzeit für Betondecken (ungünstig)

Gebäudetyp: Bezug Wohnbereich:	Wohngebäude 1.OG Betondecke	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Maximal bewertete Schwingstärke 1.OG KB _{Fmax}		Einwirk- dauer [h]	Beurteilungs- schwingstärke 1.OG KB _{FTr}	
			mittel	ungünstig		mittel	ungünstig
Bodenverdichtung mittels:							
Bohrgründung (<= 4.1 kNm)		10	2.13	3.32	2.0	0.50	0.78

Die Tabelle zeigt, dass für Betondecken ab einem Abstand von 10 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen auf Menschen im ungünstigsten Fall eingehalten werden.

Tabelle 11 Bohrgründung, maximal zulässige Erschütterungsimmissionen auf Menschen während der Tagzeit für Holzbalkendecken (ungünstig)

Gebäudetyp: Bezug Wohnbereich:	Wohngebäude 1.OG Holzbalken	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Maximal bewertete Schwingstärke 1.OG KB _{Fmax}		Einwirk- dauer [h]	Beurteilungs- schwingstärke 1.OG KB _{FTr}	
			mittel	ungünstig		mittel	ungünstig
Bodenverdichtung mittels:							
Bohrgründung (<= 4.1 kNm)		13	2.46	3.83	2.0	0.51	0.80

Die Tabelle zeigt, dass für Holzbalkendecken ab einem Abstand von 13 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen auf Menschen im ungünstigsten Fall eingehalten werden.

Die folgenden Tabellen stellen die Abstände dar, bei welchen im Mittel mit keiner Überschreitung der Anhaltswerte der DIN 4150-2 [1] zu rechnen ist.

Tabelle 12 Bohrgründung, maximal zulässige Erschütterungsimmissionen auf Menschen während der Tagzeit für Betondecken (mittel)

Gebäudetyp: Bezug Wohnbereich:	Wohngebäude 1.OG Betondecke	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Maximal bewertete Schwingstärke 1.OG KB _{Fmax}		Einwirk- dauer [h]	Beurteilungs- schwingstärke 1.OG KB _{FTr}	
			mittel	ungünstig		mittel	ungünstig
Bodenverdichtung mittels:							
Dieselbär (<= 4.1 kNm)		6.5	3.28	5.11	2.0	0.77	1.20

Die Tabelle zeigt, dass für Betondecken ab einem Abstand von 6,5 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen auf Menschen im Mittel eingehalten werden.

Tabelle 13 Bohrgründung, maximal zulässige Erschütterungsimmissionen auf Menschen während der Tagzeit für Holzbalkendecken (mittel)

Gebäudetyp: Bezug Wohnbereich:	Wohngebäude 1.OG Holzbalken	Minimal zul. Abstand Baumaschine [m]	Maximal bewertete Schwingstärke 1.OG KB _{Fmax}		Einwirk- dauer [h]	Beurteilungs- schwingsstärke 1.OG KB _{FTr}	
			mittel	ungünstig		mittel	ungünstig
Bodenverdichtung mittels: Dieselbär (<= 4.1 kNm)		8.5	3.76	5.86	2.0	0.78	1.22

Die Tabelle zeigt, dass für Holzbalkendecken ab einem Abstand von 8,5 m beim Bohrverfahren die Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen auf Menschen im Mittel eingehalten werden.

7.3 Übersicht Mindestabstände

In der folgenden Tabelle 14 und Tabelle 15 sind zur Übersicht nochmals die empfohlenen Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 und -3 [1] [2] für Beton- und Holzbalkendecken bei der Bohrgründung dargestellt.

Tabelle 14 Übersicht Mindestabstände im Hinblick auf Gebäudeschäden bei Bohrgründung

Deckenart	Mindestabstand [m]	
	Mittel	ungünstig
Beton	5	8
Holzbalken	7,5	11,5

Tabelle 15 Übersicht Mindestabstände hinsichtlich Immissionen bei Menschen bei Bohrgründung

Deckenart	Mindestabstand [m]	
	Mittel	ungünstig
Beton	6,5	10
Holzbalken	8,5	13

8 Maßnahmen zur Reduktion der Erschütterungseinwirkungen

8.1 Allgemeines

Da zu erwarten ist, dass die Bohrgründungen an nahegelegenen Gebäuden sehr hohe Erschütterungswerte erzeugen werden, sind folgende Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen zu prüfen bzw. umzusetzen:

- Einbringen des Bohrgutes in den Boden mit niedrigerer Energie.
- Pressen statt Bohren

8.2 Reduzierung Energieeintrag

Bei der Bohrgründung wird bei der Prognoseberechnung ein Energieeintrag von 4,1 kNm berücksichtigt. Bei einem geringeren Energieeintrag von z. B. 2 kNm würden sich die Mindestabstände zur Einhaltung der Anhaltswerte um ca. 2 m verringern.

8.3 Pressen

Bei Maststandorten in unmittelbarer Gebäudenähe ist zu prüfen, ob die Gründung durch ein Pressverfahren ermöglicht werden kann. Hierbei treten in der Regel die geringsten Schwingungsimmissionen auf.

9 Immissionsorte

In der Anlage 1 ist der Streckenverlauf mit Position der Oberleitungsmasten und den umliegenden Gebäuden dargestellt. Ausgehend von den vorgesehenen Mastpositionen wird der Mindestabstand für den ungünstigen (orangene Kreise, Radius 8 m) und mittleren Fall (schwarze Kreise, Radius 5 m) für Gebäude mit Betondecken zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3 [2] (Gebäudeschäden) bei der Bohrgründung dargestellt. Eine Darstellung zu Gebäuden mit Holzbalkendecken erfolgt zum derzeitigen Zeitpunkt nicht, da davon auszugehen ist, dass die Mehrzahl der Gebäude Betondecken aufweist.

In der Anlage 2 ist ebenfalls der Streckenverlauf mit Position der Oberleitungsmasten und den umliegenden Gebäuden dargestellt. Ausgehend von den vorgesehenen Mastpositionen wird der Mindestabstand für den ungünstigen (orangene Kreise, Radius 10 m) und mittleren Fall (schwarze Kreise, Radius 6,5 m) für Gebäude mit Betondecken zur Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [1] (Einwirkung auf Menschen) bei der Bohrgründung dargestellt. Im Vergleich zu den Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude stellt dies bei der Bohrgründung den kritischeren Fall dar. Eine Darstellung zu Gebäuden mit Holzbalkendecken erfolgt zum derzeitigen Zeitpunkt nicht, da davon auszugehen ist, dass die Mehrzahl der Gebäude Betondecken aufweist.

Insbesondere bei Gebäuden mit mittlerer Überschreitungswahrscheinlichkeit und bei Gebäuden, welche im Einflussbereich der Immissionen mehrerer Mastgründungen liegen, sollten

Überwachungsmessungen stattfinden. Ebenfalls ist zu empfehlen bei Beginn der Bohrgründungen an einem Wohnobjekt Überwachungsmessungen während der baulichen Annäherung durchzuführen. Durch die hieraus gewonnenen Erkenntnisse können die Prognoseberechnungen überprüft und das Erschütterungsschutzkonzept ggf. angepasst werden. Die nachfolgende Tabelle 16 listet die kritischen Immissionsorte auf, welche im direkten Einflussbereich der Baumaßnahme liegen und bei welchen der empfohlene Mindestabstand nach DIN 4150-3 [2] für Gebäudeschäden im Mittel nicht eingehalten werden kann.

Tabelle 16 Betroffene Immissionsorte im Hinblick auf Einhaltung der DIN 4150-3 (Gebäudeschäden)

Immissionsort	Adresse	Immissionsort	Adresse
IO 1	Ankerstraße 13	IO 18	Kastenwörtstraße 56
IO 2	Kastenwörtstraße 2-4	IO 19	Kastenwörtstraße 60
IO 3	Kastenwörtstraße 6	IO 20	Kastenwörtstraße 62
IO 4	Kastenwörtstraße 8	IO 21	Kastenwörtstraße 64
IO 5	Kastenwörtstraße 10	IO 22	Kastenwörtstraße 66
IO 6	Kastenwörtstraße 12-14	IO 23	Pfalzstraße 7
IO 7	Kastenwörtstraße 16	IO 24	Pfalzstraße 9
IO 8	Kastenwörtstraße 18	IO 25	Turnerstraße 2
IO 9	Kastenwörtstraße 20-22	IO 26	Rappenwörtstraße 25
IO 10	Kastenwörtstraße 21	IO 27	Rappenwörtstraße 29
IO 11	Kastenwörtstraße 23a	IO 28	Rappenwörtstraße 30
IO 12	Kastenwörtstraße 46	IO 29	Rappenwörtstraße 31
IO 13	Kastenwörtstraße 47	IO 30	Rappenwörtstraße 33
IO 14	Kastenwörtstraße 48	IO 31	Rappenwörtstraße 34
IO 15	Kastenwörtstraße 50	IO 32	Rappenwörtstraße 36
IO 16	Kastenwörtstraße 52	IO 34	Rappenwörtstraße 38
IO 17	Kastenwörtstraße 54	IO 35	Rappenwörtstraße 40

Immissionsort	Adresse	Immissionsort	Adresse
IO 36	Rappenwörtstraße 42	IO 42	Rappenwörtstraße 54
IO 37	Rappenwörtstraße 44	IO 43	Rappenwörtstraße 56
IO 38	Rappenwörtstraße 46	IO 44	Rappenwörtstraße 57
IO 39	Rappenwörtstraße 48	IO 45	Rappenwörtstraße 57a-59
IO 40	Rappenwörtstraße 50	IO 46	Waidweg 1a/c
IO 41	Rappenwörtstraße 52		

Es bleibt festzustellen, dass unter Berücksichtigung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen hinsichtlich der Erschütterungswirkungen auf den Menschen keine erheblichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Die Baumaßnahme hat den Charakter einer Wanderbaustelle, Beeinträchtigungen auf das Schutzgut Mensch sind immer nur über einen kurzen Zeitraum. Auf Grund der zeitlichen Beschränkung sind auch keine negativen Auswirkungen auf die Fauna zu erwarten.

10 Allgemeine Empfehlungen

Generell wird empfohlen:

- *Vor Beginn der Baumaßnahme sind die Anwohner frühzeitig über den Zweck und die zeitliche Dauer der Baumaßnahme zu informieren.*
- *Die Einwirkzeiten erschütterungsintensiven Baugeräts sind so weit als möglich zu minimieren.*
- *Für Lärm- und Erschütterungsfragen ist seitens der Baustelle ein Ansprechpartner (i. S. eines Immissionsschutzbeauftragten) zu benennen. Dieser dient auch als Ansprechpartner für die durch die baubedingten Immissionen betroffene Bevölkerung.*
- *Die baubetrieblichen Erschütterungsimmissionen sind bei erschütterungsintensiven Arbeiten (Bohrgründung) durch Auftaktmessungen und ggf. Stichprobenmessungen an exponierten Gebäuden zu dokumentieren.*
- *Innerhalb von Ortslagen ist erschütterungsintensives Baugerät nur tagsüber einzusetzen*
- *Es ist sicherzustellen, dass die beauftragten Bauunternehmen ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte einsetzen, die hinsichtlich ihrer Schall- und Erschütterungsemissionen dem Stand der Technik entsprechen.*

11 Zusammenfassung

Die Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH beabsichtigt die Grunderneuerung der Oberleitung zwischen den Haltestellen Eckenerstr. bis Waidweg im Stadtteil Daxlanden in Karlsruhe. Auf Grund erschütterungsintensiver Tätigkeiten bei der Installation der Oberleitungsmasten wurde im Vorfeld der Baumaßnahmen ein Erschütterungsschutzkonzept für die Baumaßnahmen erstellt.

Aus erschütterungstechnischer Sicht ist die Gründung der Oberleitungsmasten von Interesse. Mittels Bohrgerät sollen Gründungspfähle in den Untergrund gebracht werden.

Die Berechnung der Erschütterungsimmissionen erfolgte nach dem Prognoseverfahren von M. Achmus, das unterschiedliche Anregearten von Baumaschinen und den Energieeintrag mit in die Berechnungsmethodik aufnimmt. Die Beurteilung erfolgte anhand der Kriterien der DIN 4150-2 (Auswirkungen auf Menschen) und DIN 4150-3 (Auswirkungen auf Gebäude). In den Normen werden Anhaltswerte genannt, bei welchen mit keinen schädlichen Einwirkungen zu rechnen ist.

Es zeigte sich, dass bei einer Bohrgründung im ungünstigsten Fall ab einem Abstand von 8 m zwischen Gebäude und Emissionsquelle keine Schäden bei Gebäuden mit Betondecke nach DIN 4150-3 zu erwarten sind. Bei Gebäuden mit Holzbalkendecken beträgt der empfohlene Mindestabstand 11,5 m. Die mittleren Abstände bei welchen mit keinen Gebäudeschäden zu rechnen sindt, betragen 5 m für Betondecken und 7,5 m für Holzbalkendecken.

Hinsichtlich einer belästigenden Wirkung auf Menschen beträgt der empfohlene Mindestabstand zur Wahrung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 im ungünstigsten Fall 10 m für Gebäude mit Betondecken und 13 m für Gebäude mit Holzbalkendecken. Im Mittel werden die Anhaltswerte ab einem Abstand von 6,5 m (Betondecken) bzw. 8,5 m (Holzbalkendecken) eingehalten. Die Mindestabstände beziehen sich auf Bautätigkeiten während der Tagzeit (07:00 Uhr bis 20:00 Uhr). Nächtliche Gründungsarbeiten finden nach derzeitigem Kenntnisstand nicht statt.

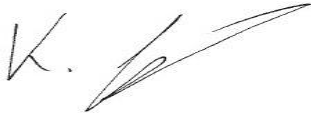
Da zu erwarten ist, dass die Gründungen an sehr nahegelegenen Gebäuden sehr hohe Erschütterungswerte erzeugen werden, können folgende Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungsimmissionen umgesetzt werden:

- Einbringen des Bohrgutes in den Boden mit niedrigerer Energie.
- Pressen statt Bohren

Insbesondere bei Gebäuden mit mittlerer Überschreitungswahrscheinlichkeit und bei Gebäuden, welche im Einflussbereich der Immissionen mehrerer Mastgründungen liegen, sind Überwachungsmessungen zu empfehlen. Ebenfalls ist zu empfehlen bei Beginn der Gründungsarbeiten an einem Wohnobjekt Überwachungsmessungen während der baulichen Annäherung durchzuführen. Durch die hieraus gewonnenen Erkenntnisse können die Prognose

seberechnungen überprüft und das Erschütterungsschutzkonzept ggf. angepasst werden. Eine Übersicht der betroffenen Gebäude ist in der Anlage 1 und Anlage 2 dieses Berichtes dargestellt.

Greifenberg, 11.04.2022



B. Sc. Korbinian Grüner
ACCON GmbH

Quellenverzeichnis

- [1] DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999.
- [2] DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999.
- [3] M. Achmus, J. Kaiser und F. tom Wörden, Bauwerksererschütterungen durch Tiefbauarbeiten – Mitteilungen des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau der Universität Hannover, Heft 61, 2005.
- [4] DELMAG GmbH & Co. KG, Datenblatt Dieselbär D8-22

Anlagen

Anlage 1 Übersichtsplan Bohrgründung (Gebäudeschäden)

Anlage 1.1	Informative Darstellung
Anlage 1.2	Abschnitt 1
Anlage 1.3	Abschnitt 2
Anlage 1.4	Abschnitt 3
Anlage 1.5	Abschnitt 4
Anlage 1.6	Abschnitt 5
Anlage 1.7	Abschnitt 6
Anlage 1.8	Abschnitt 7
Anlage 1.9	Abschnitt 8
Anlage 1.10	Abschnitt 9

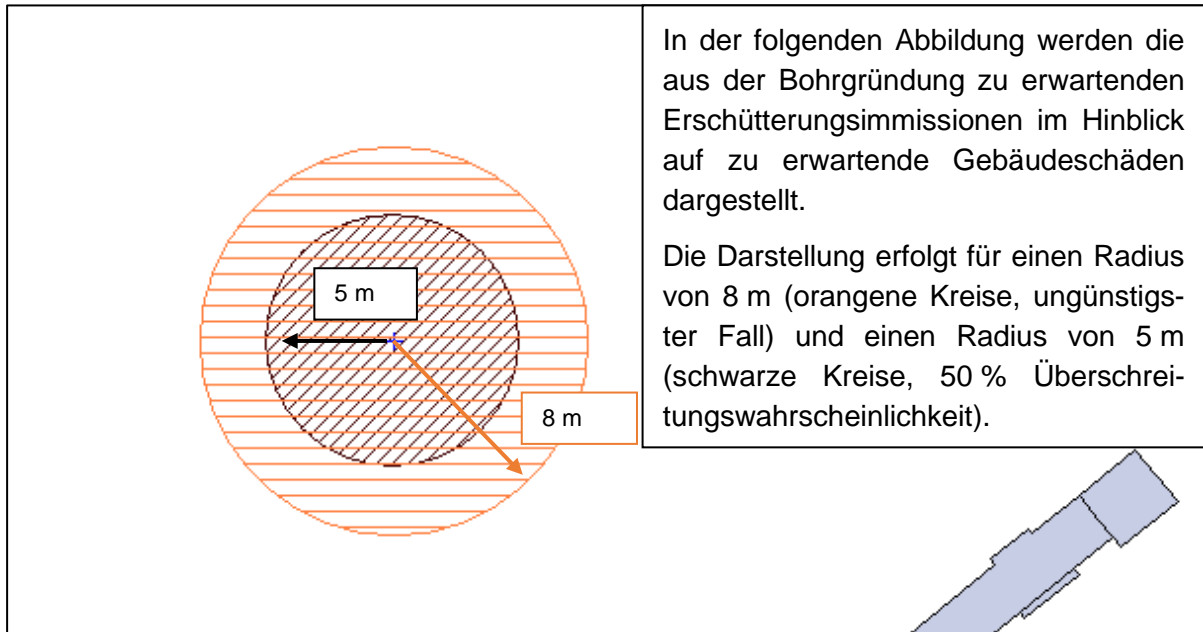
Anlage 2 Übersichtsplan Bohrgründung (Belästigung Menschen)

Anlage 2.1	Informative Darstellung
Anlage 2.2	Abschnitt 1
Anlage 2.3	Abschnitt 2
Anlage 2.4	Abschnitt 3
Anlage 2.5	Abschnitt 4
Anlage 2.6	Abschnitt 5
Anlage 2.7	Abschnitt 6
Anlage 2.8	Abschnitt 7
Anlage 2.9	Abschnitt 8
Anlage 2.10	Abschnitt 9

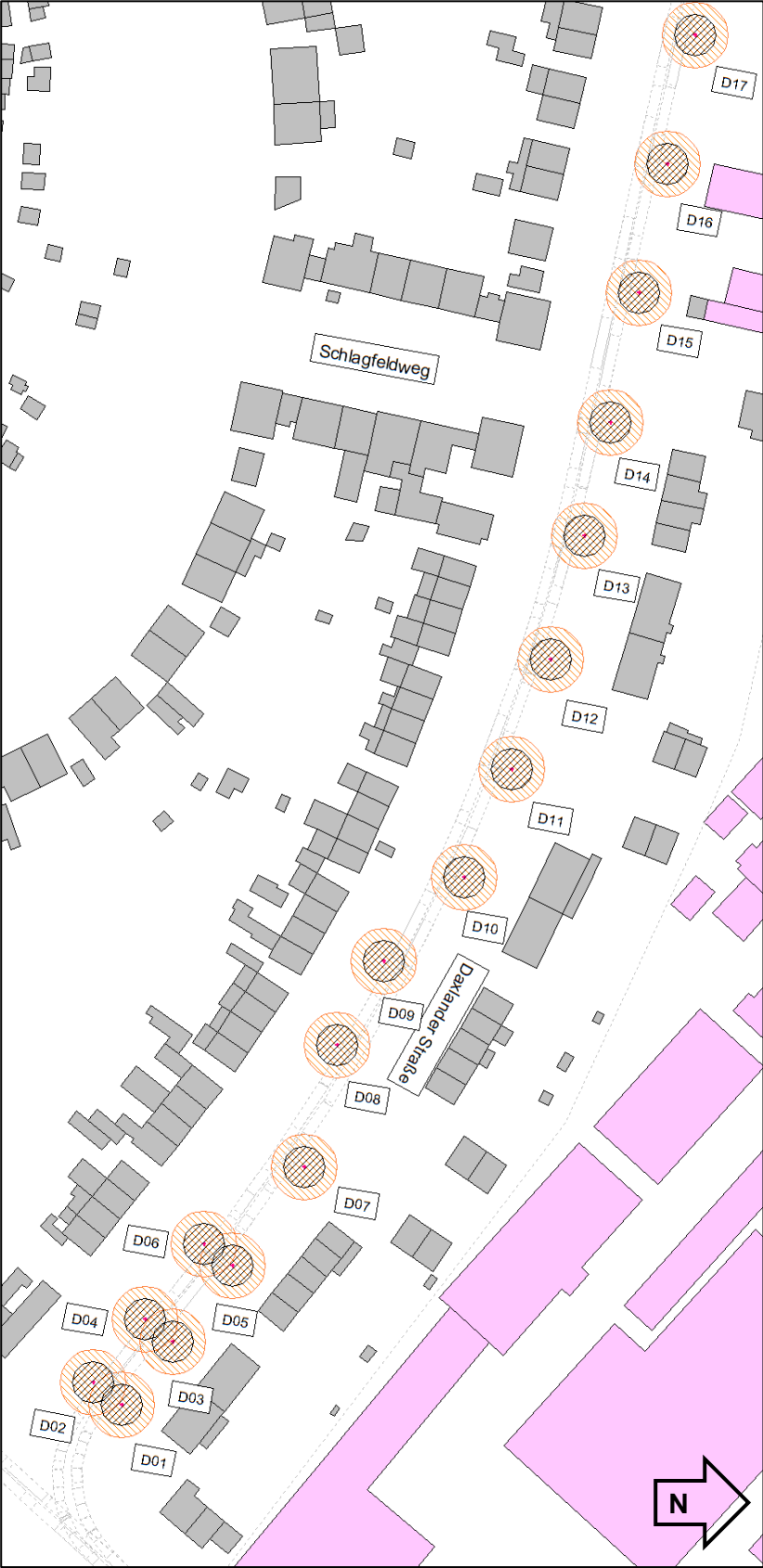
Anlage 3 Mastkoordinaten

Anlage 1 Übersichtsplan Bohrgründung (Gebäudeschäden)

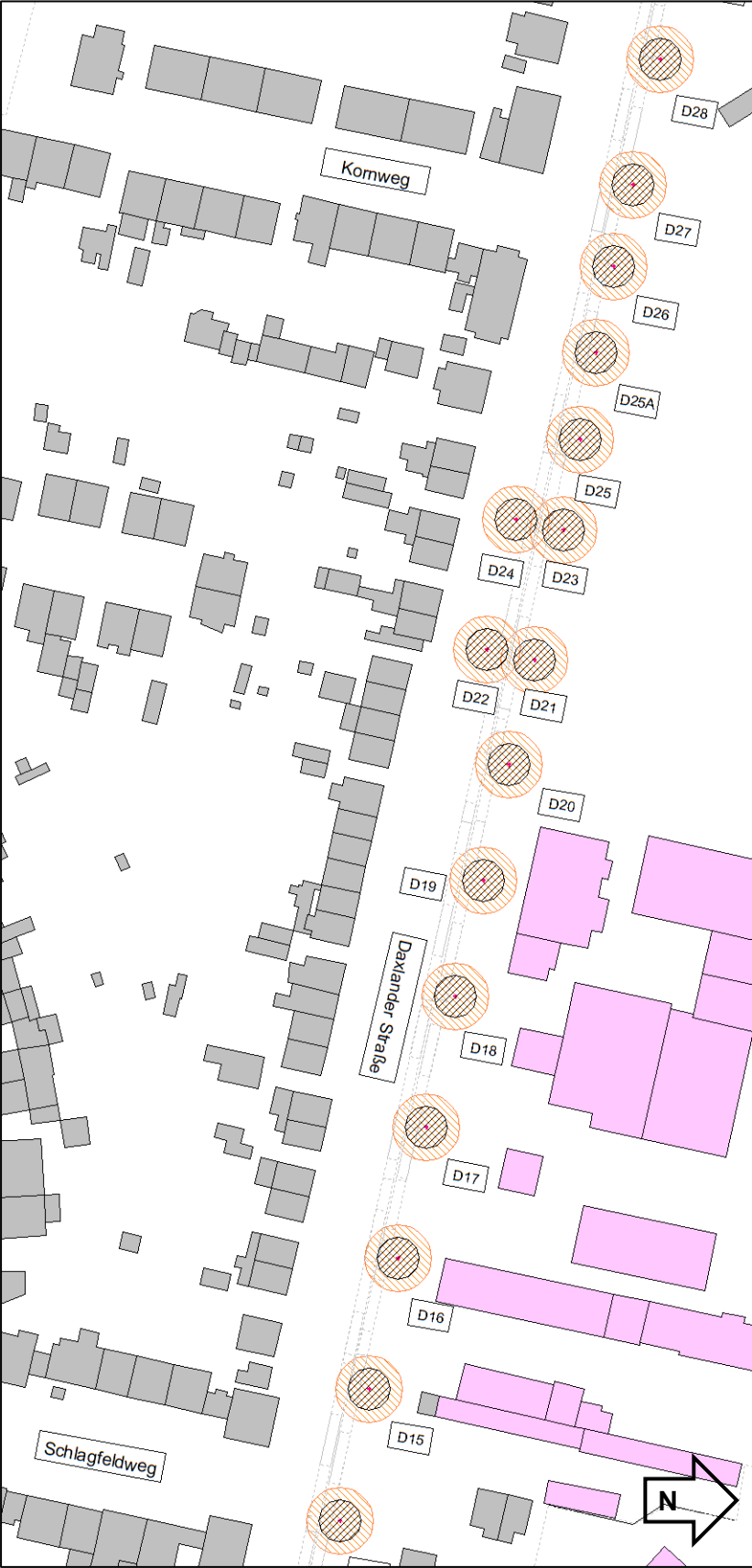
Anlage 1.1 Informative Darstellung



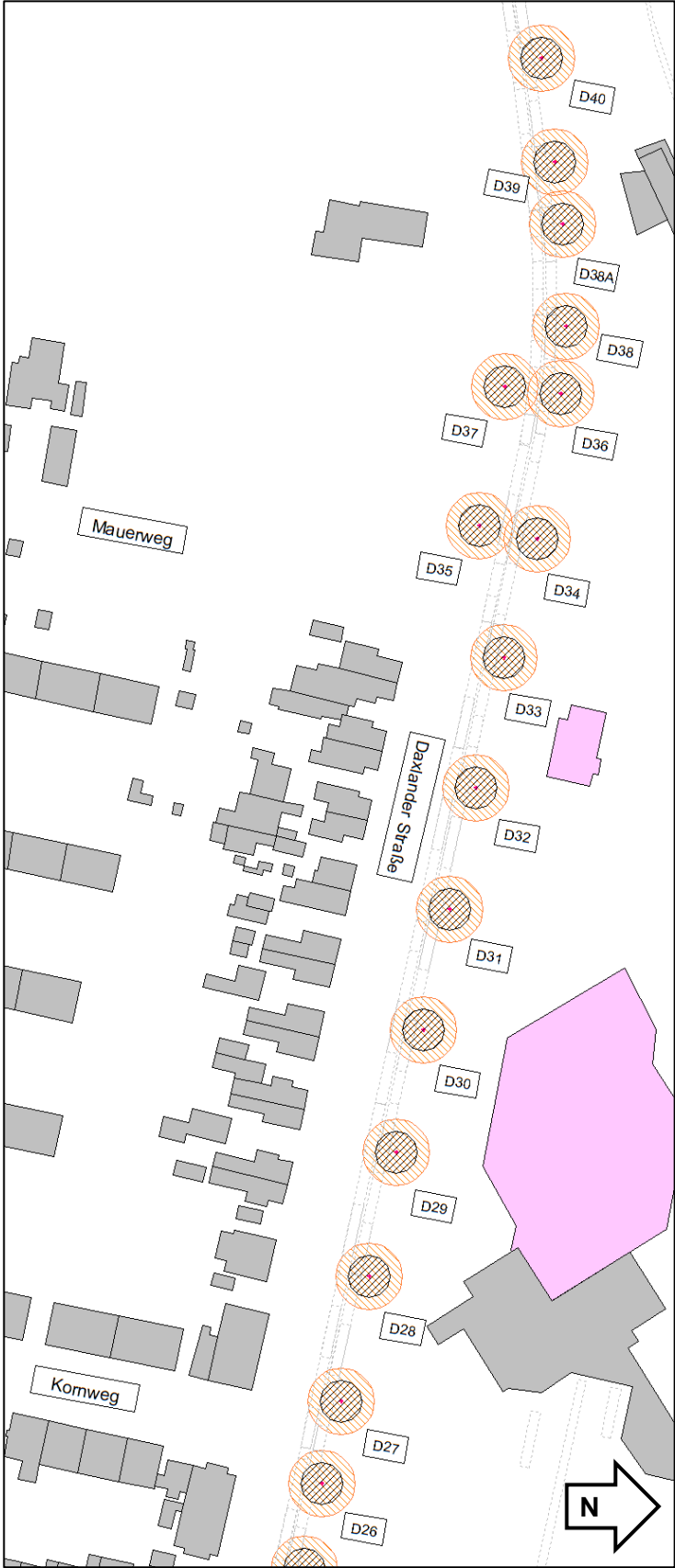
Anlage 1.2 Abschnitt 1



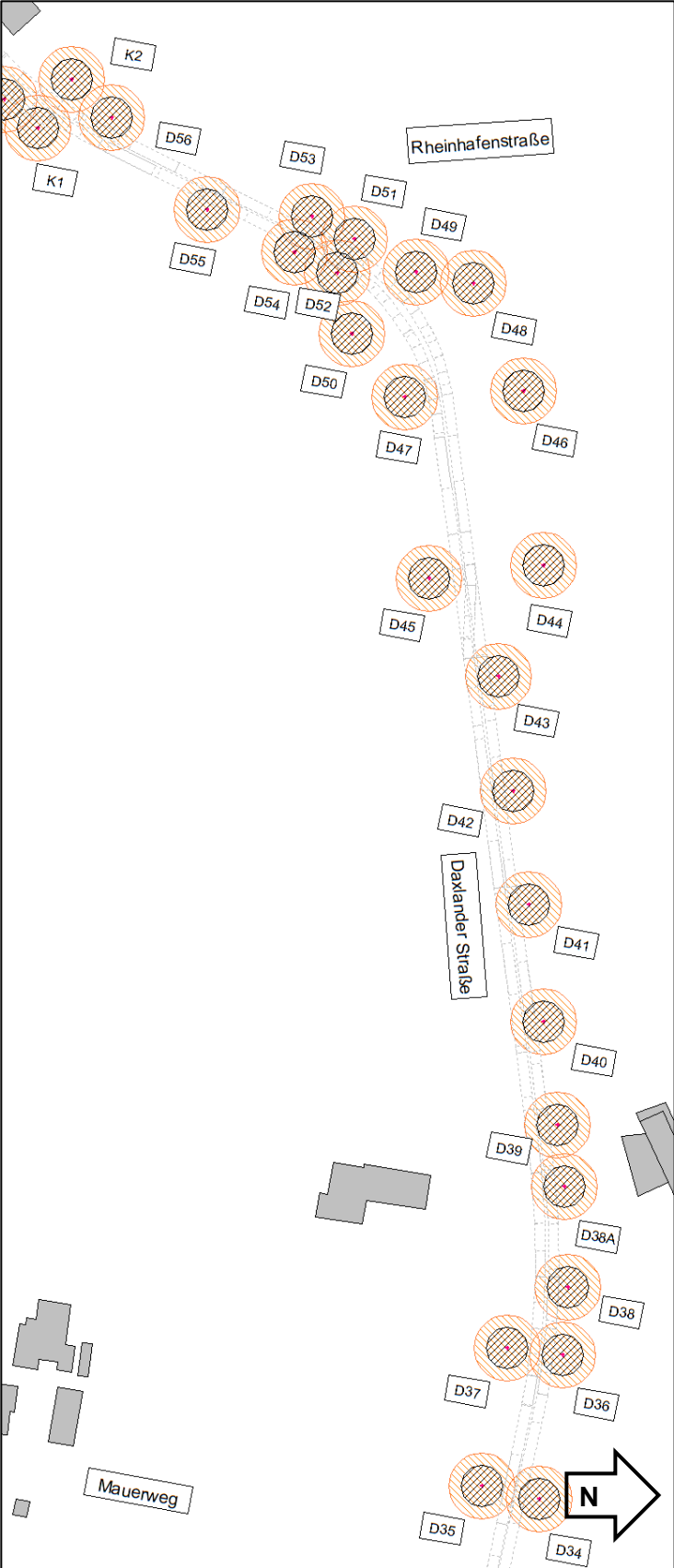
Anlage 1.3 Abschnitt 2



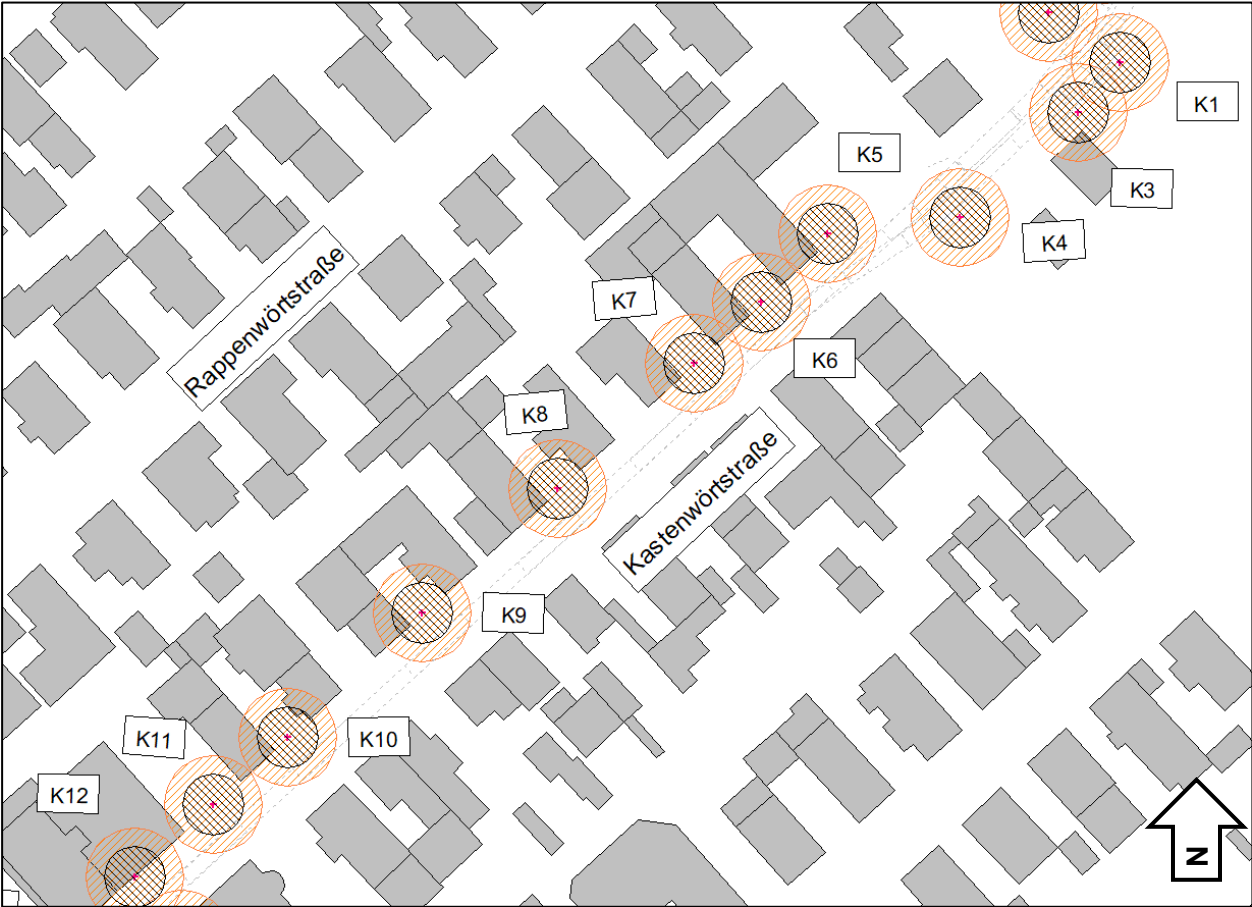
Anlage 1.4 Abschnitt 3



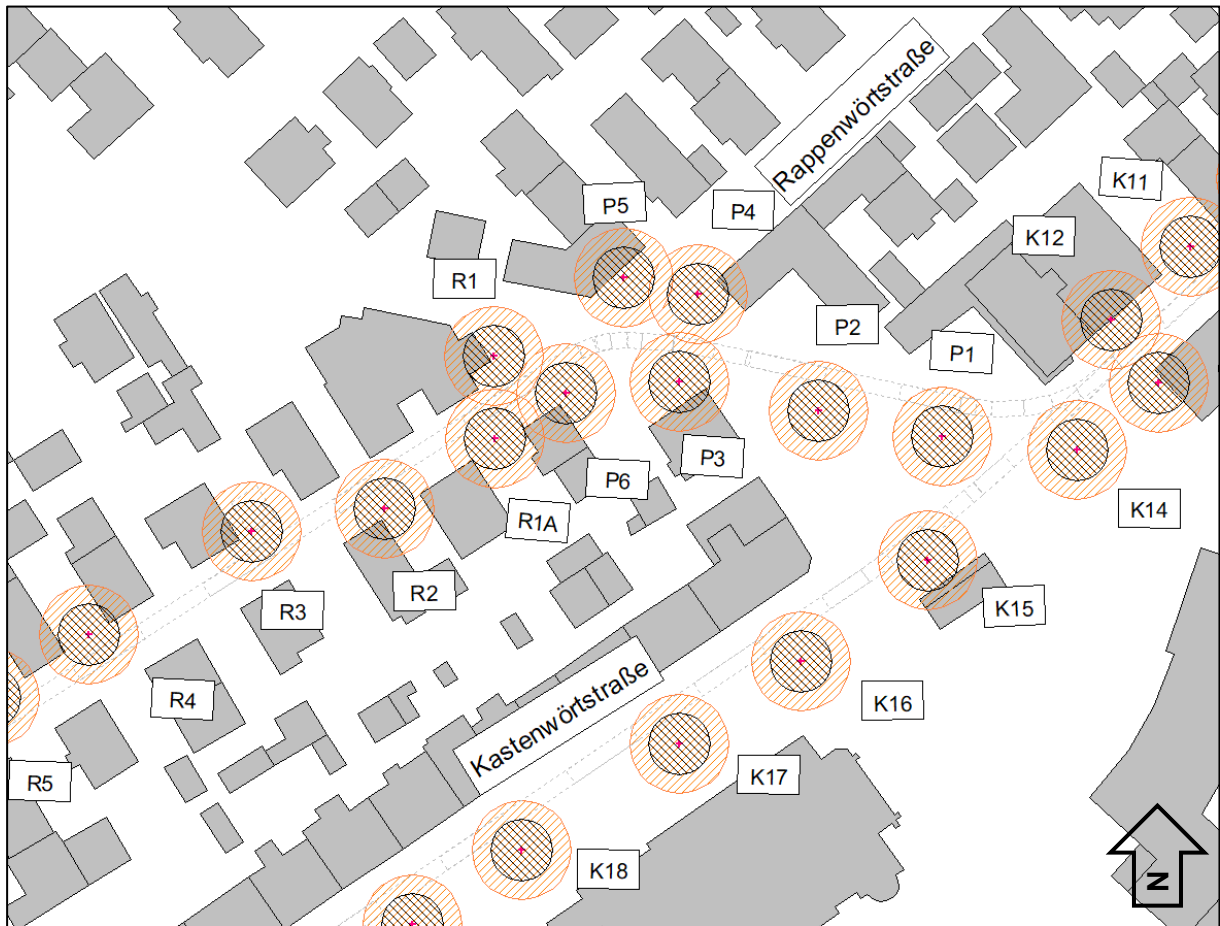
Anlage 1.5 Abschnitt 4



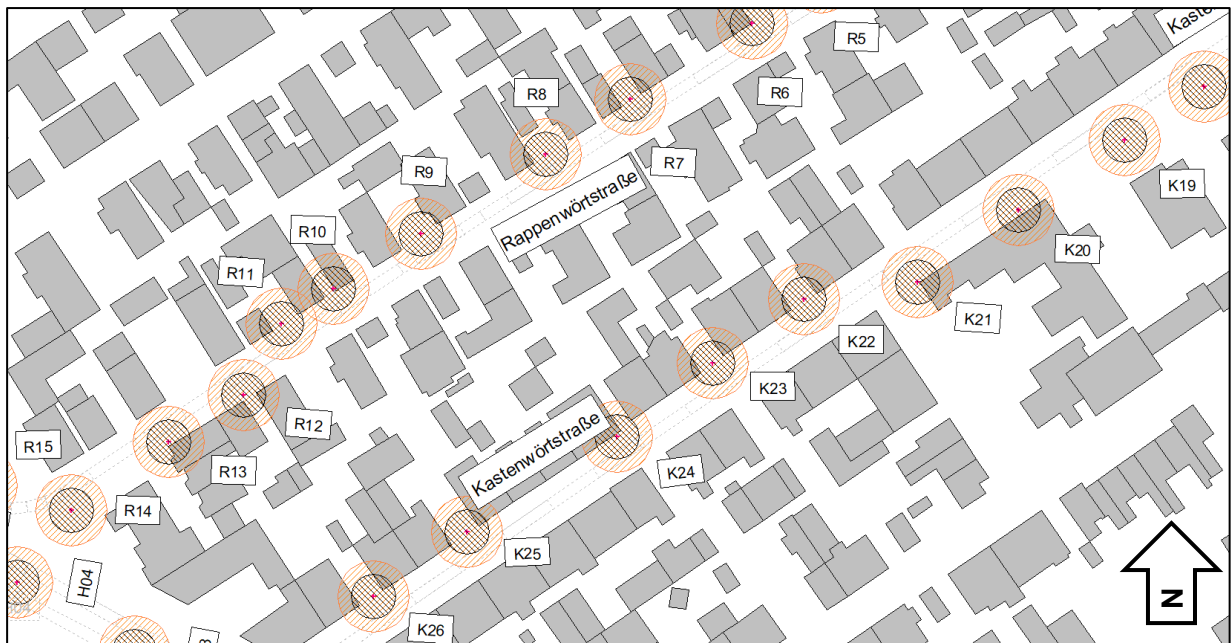
Anlage 1.6 Abschnitt 5



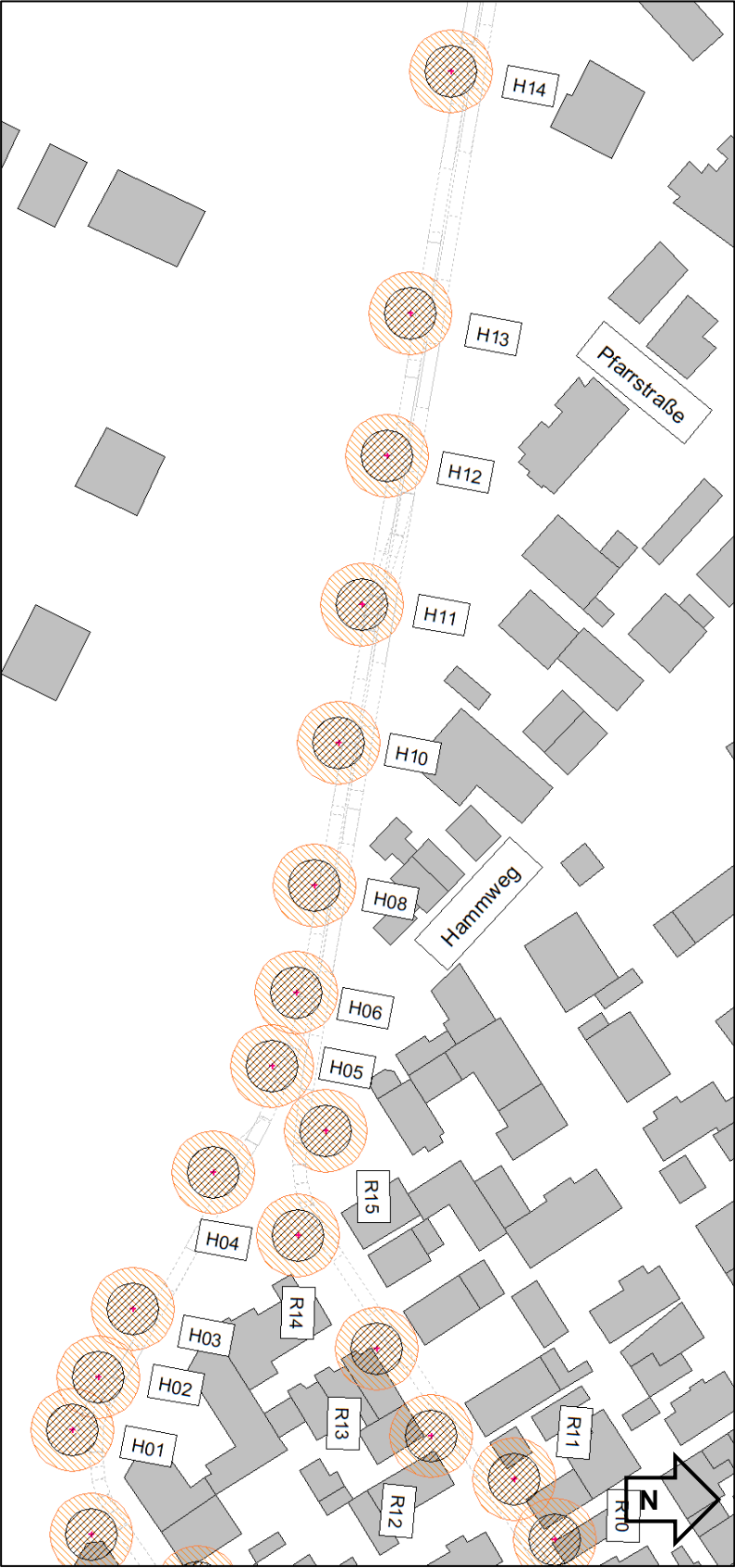
Anlage 1.7 Abschnitt 6



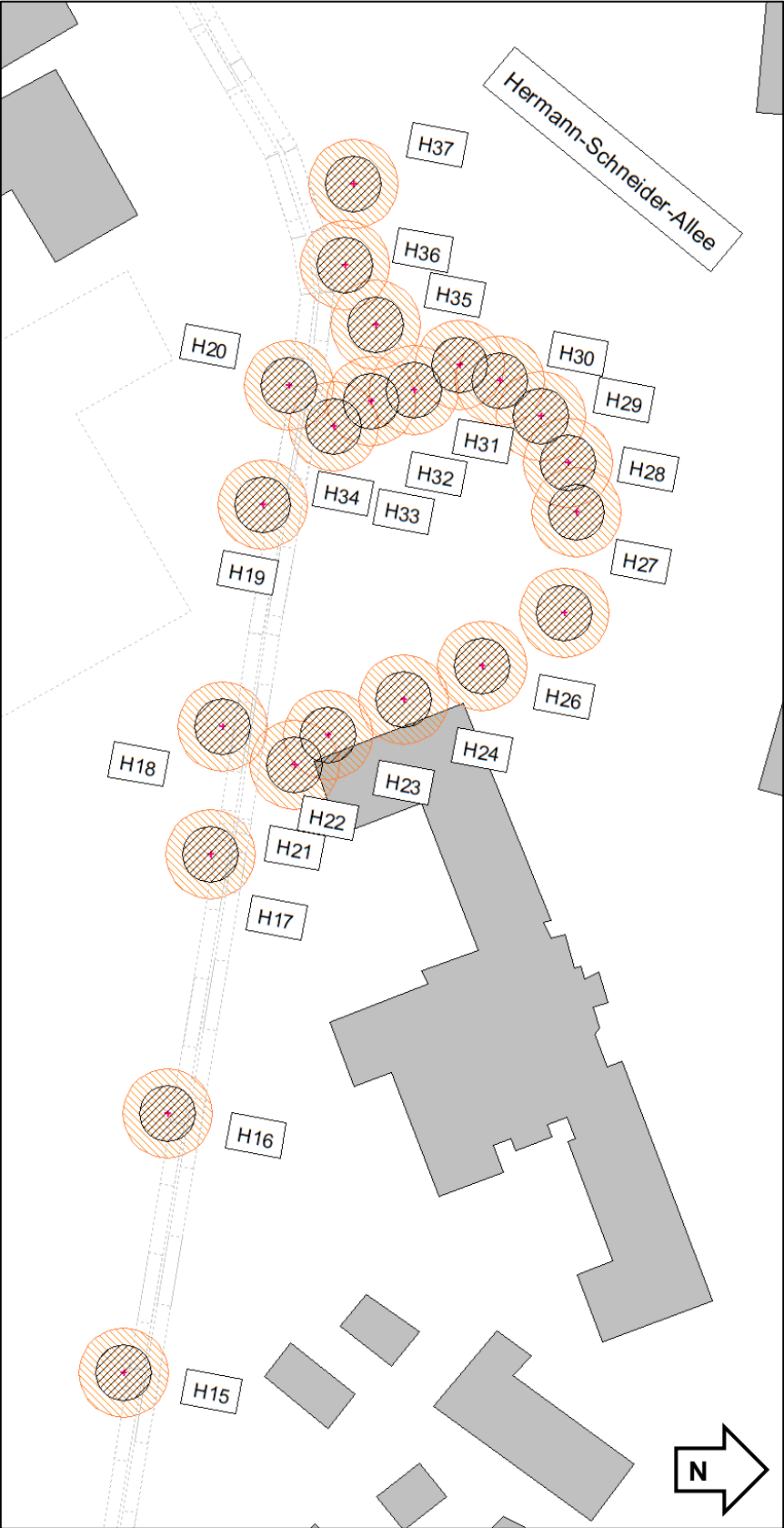
Anlage 1.8 Abschnitt 7



Anlage 1.9 Abschnitt 8

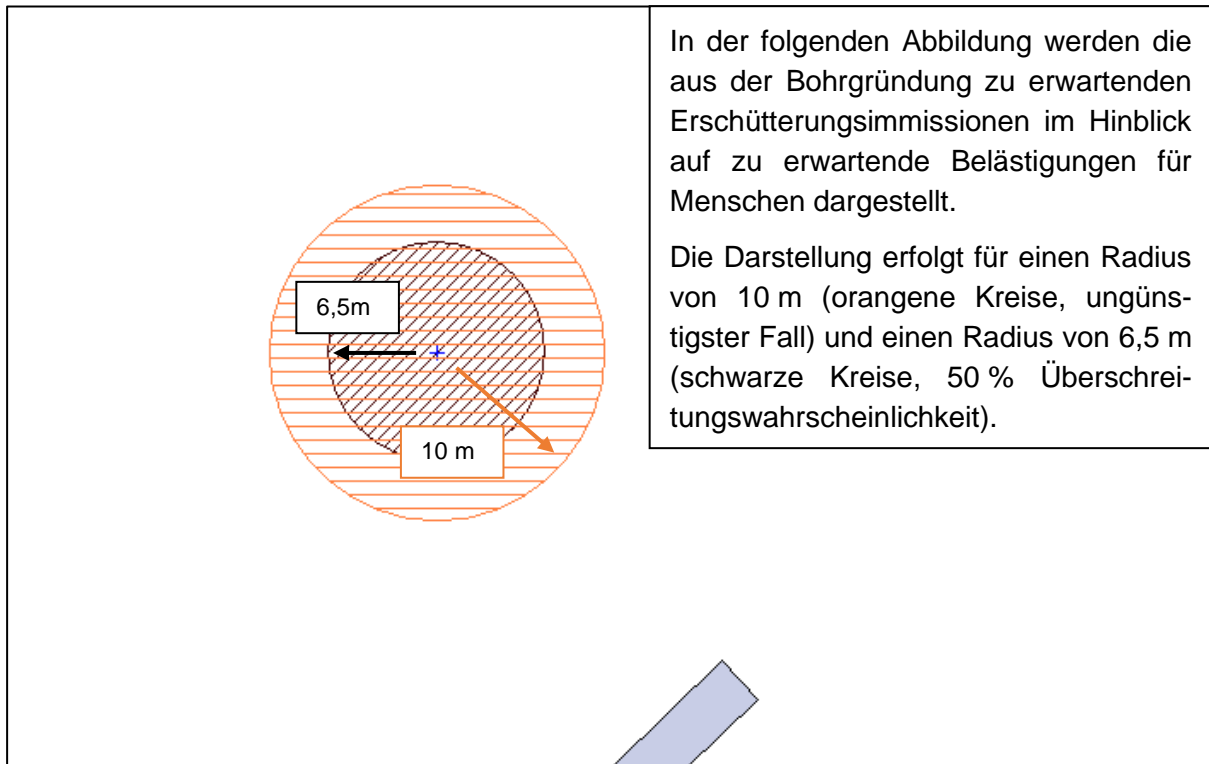


Anlage 1.10 Abschnitt 9

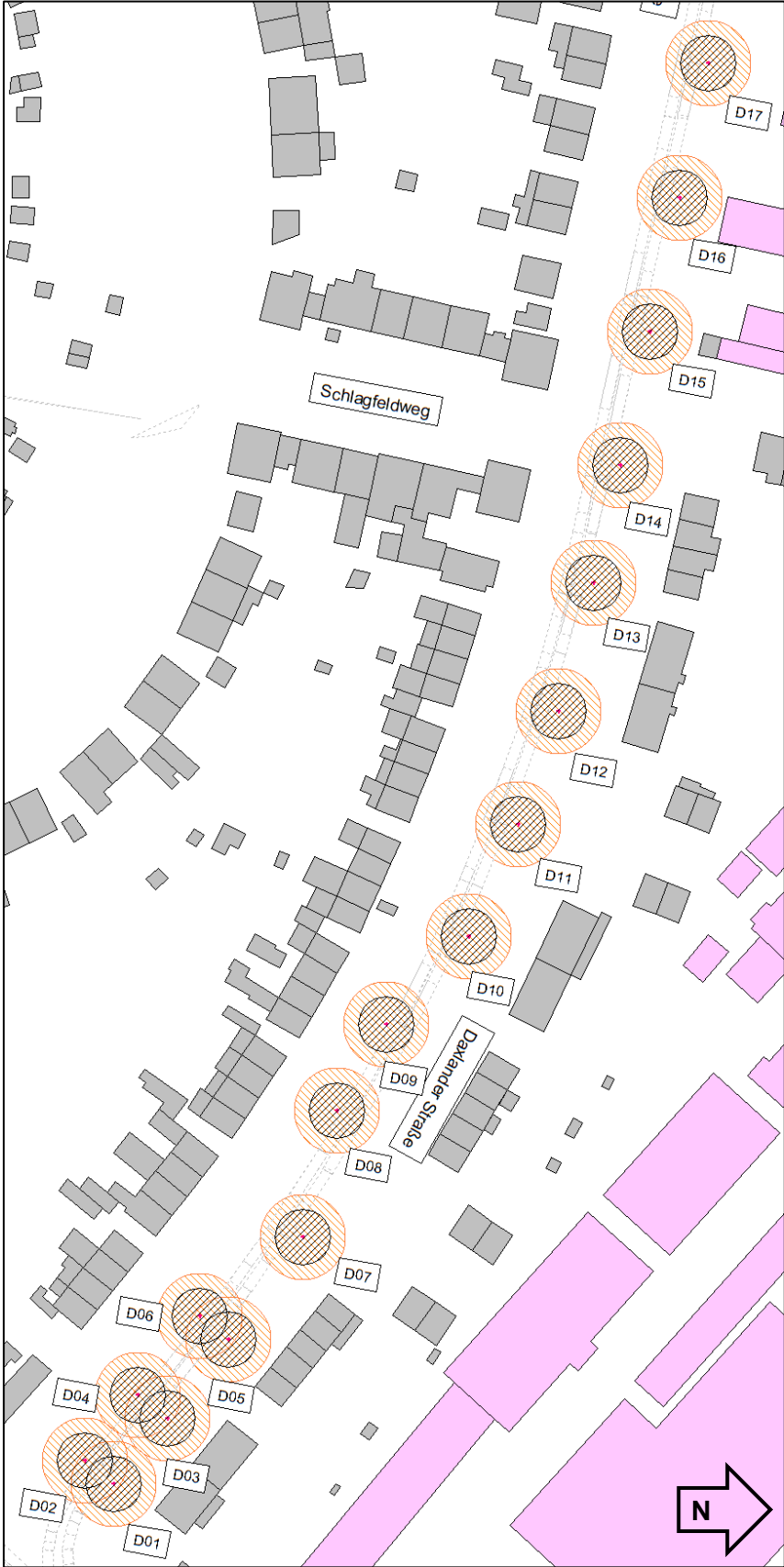


Anlage 2 Übersichtsplan Bohrgründung (Belästigung Menschen)

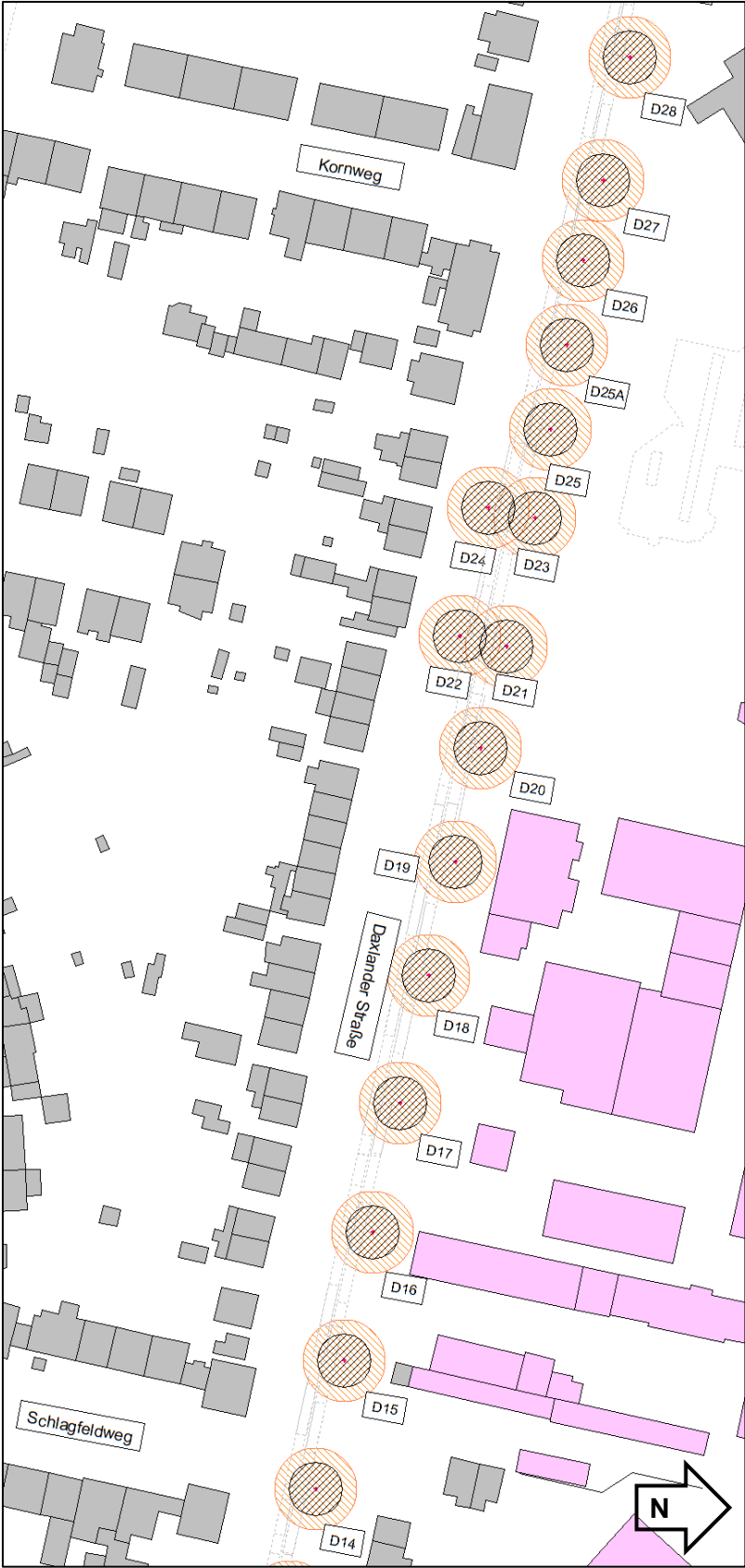
Anlage 2.1 Informative Darstellung



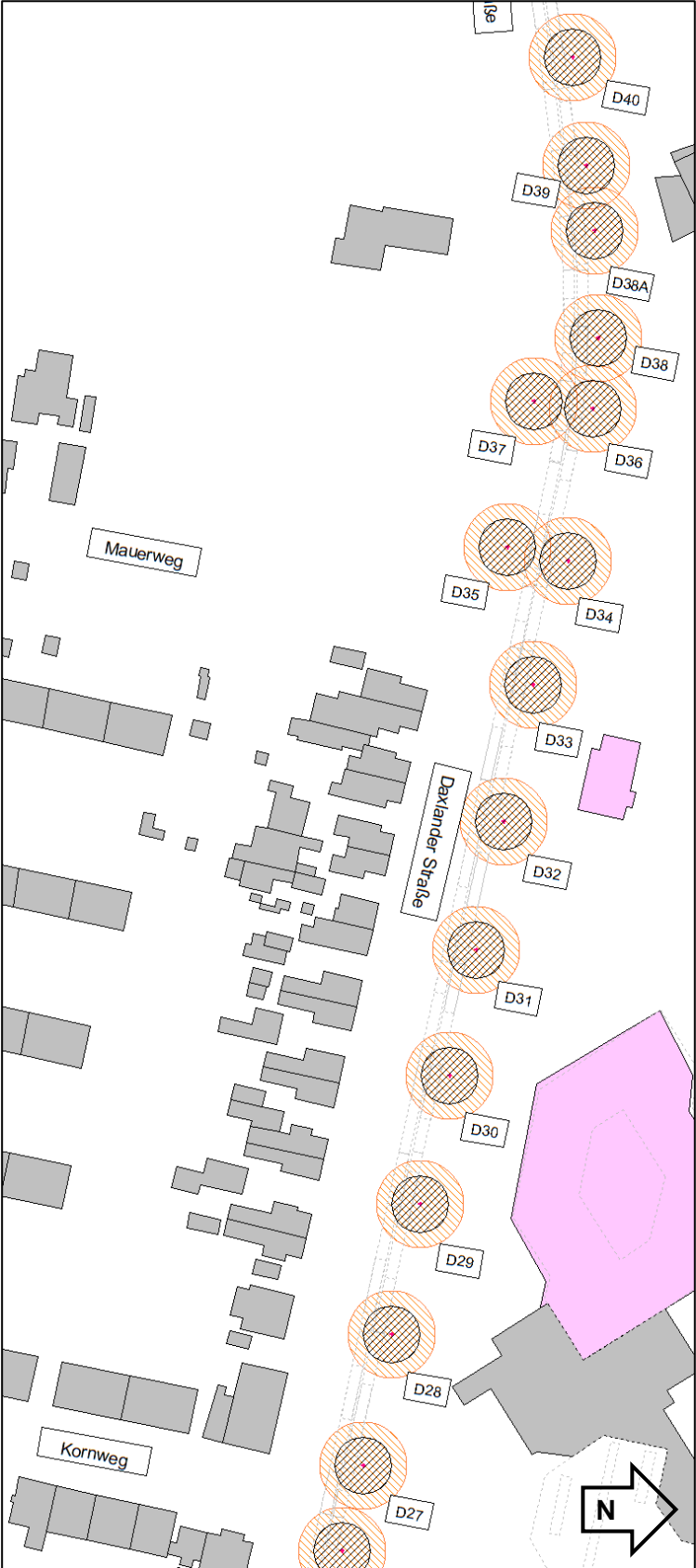
Anlage 2.2 Abschnitt 1



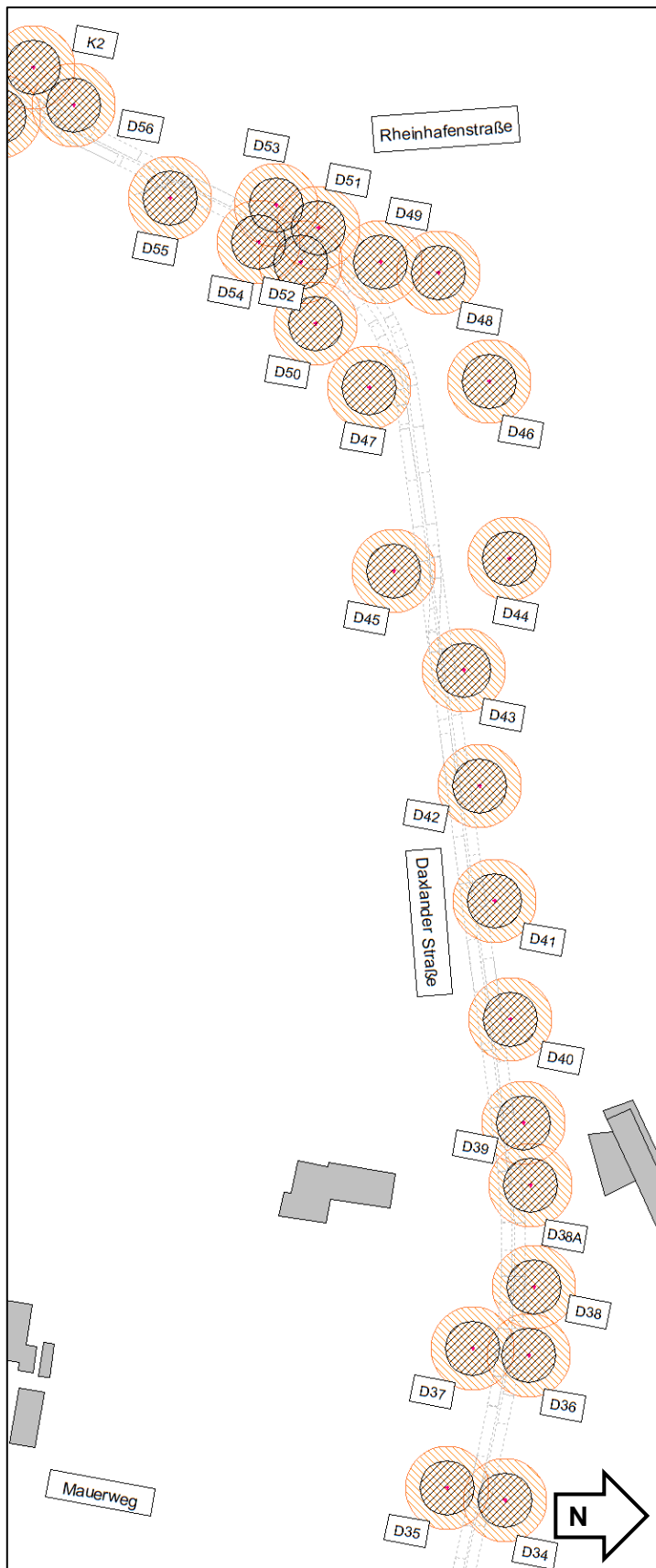
Anlage 2.3 Abschnitt 2



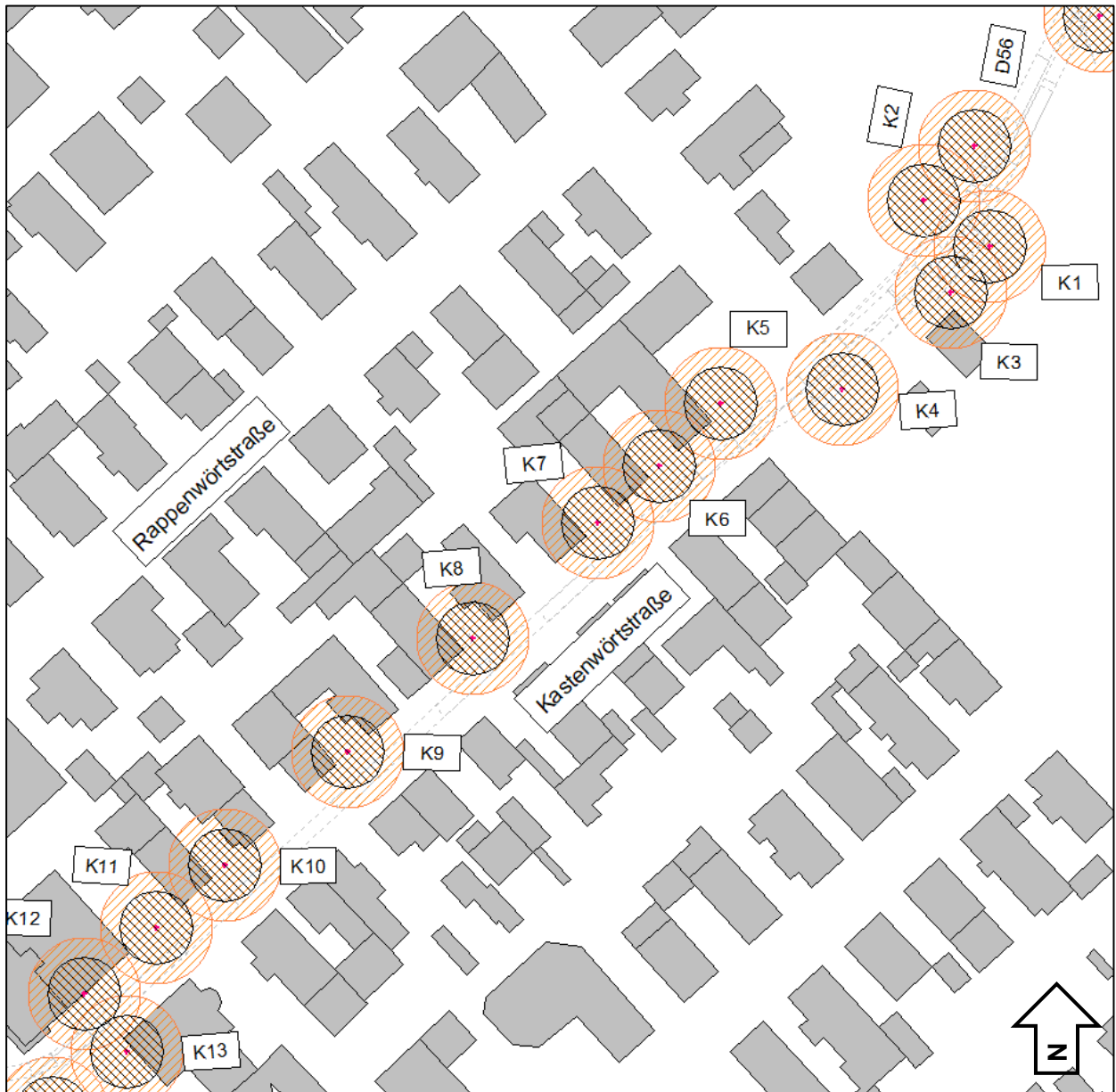
Anlage 2.4 Abschnitt 3



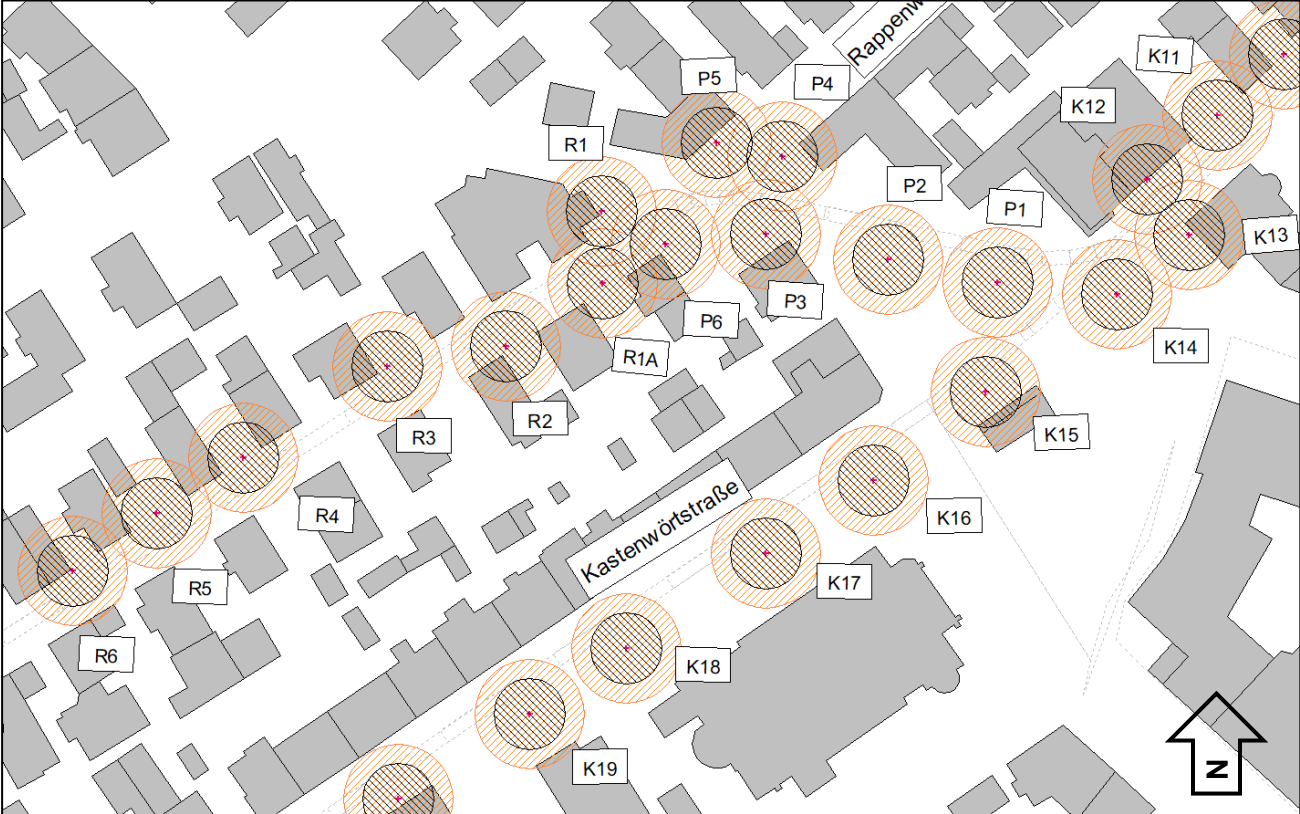
Anlage 2.5 Abschnitt 4



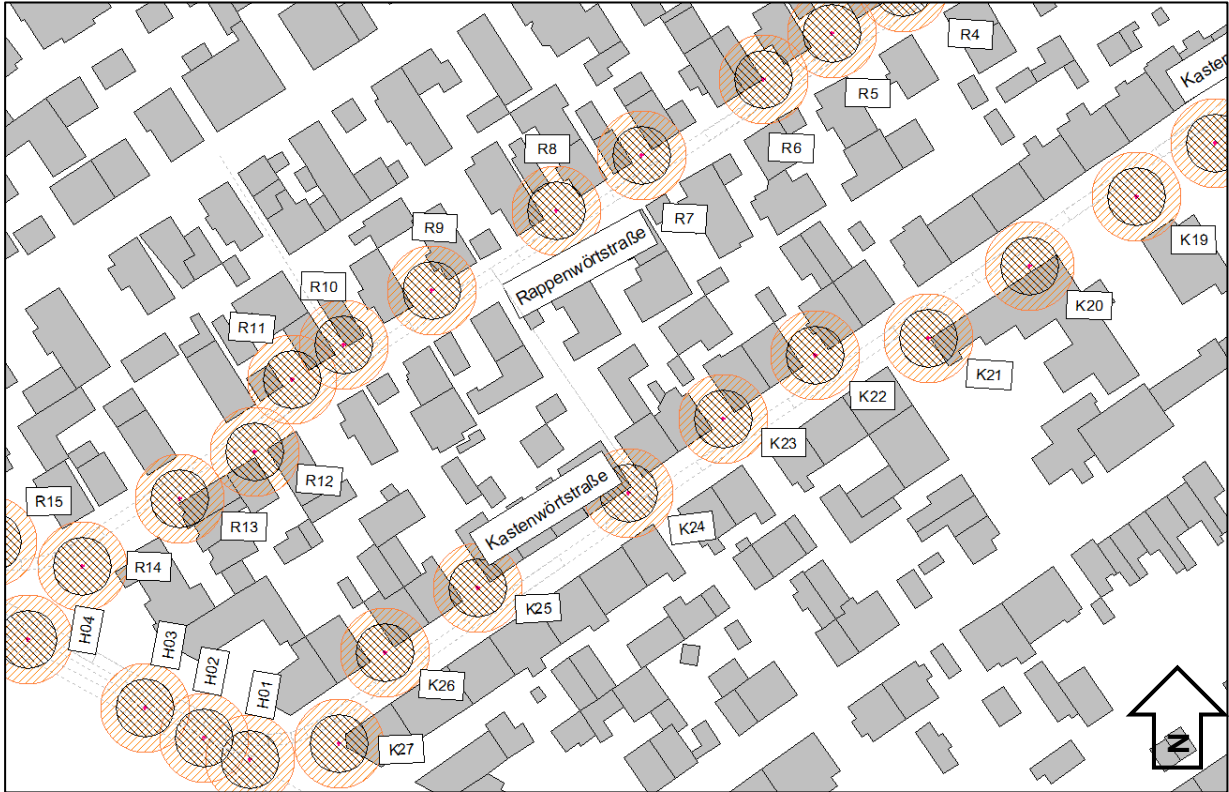
Anlage 2.6 Abschnitt 5



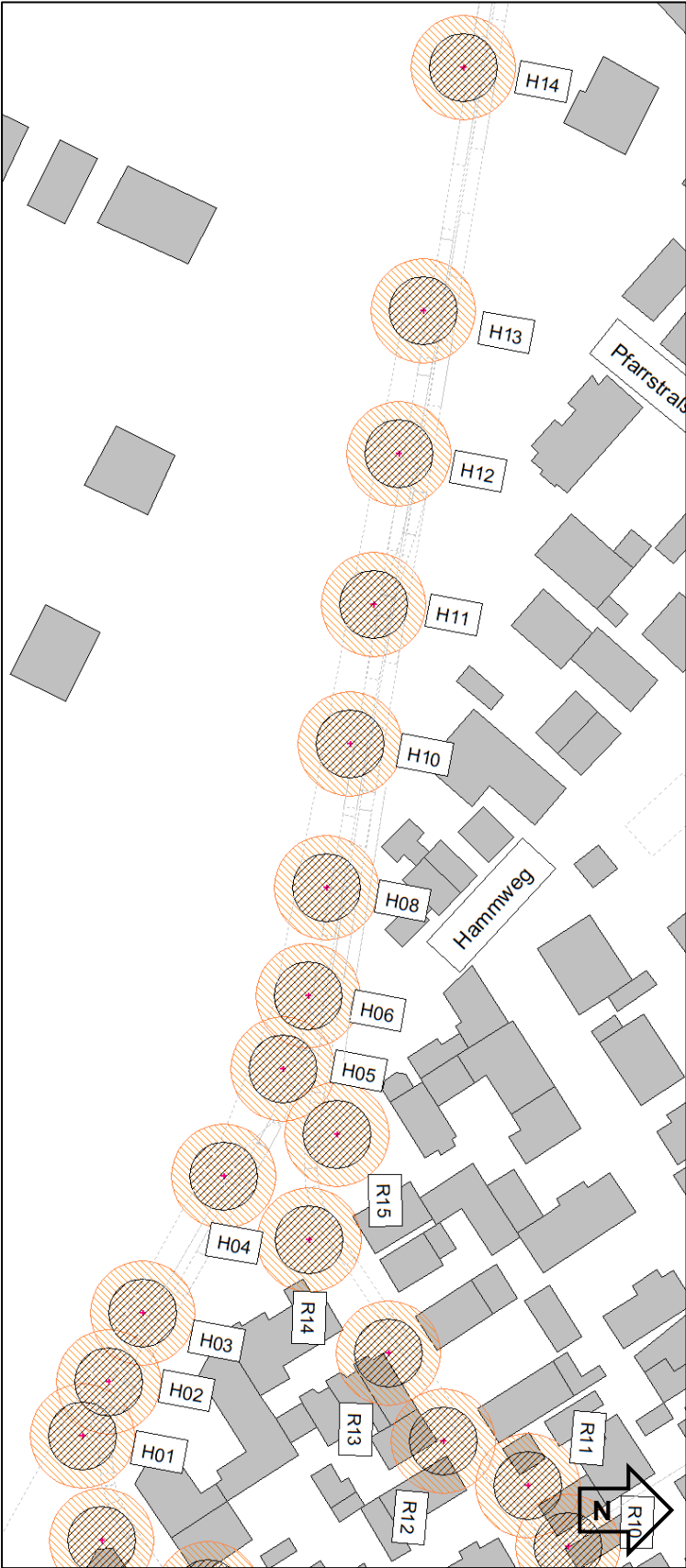
Anlage 2.7 Abschnitt 6



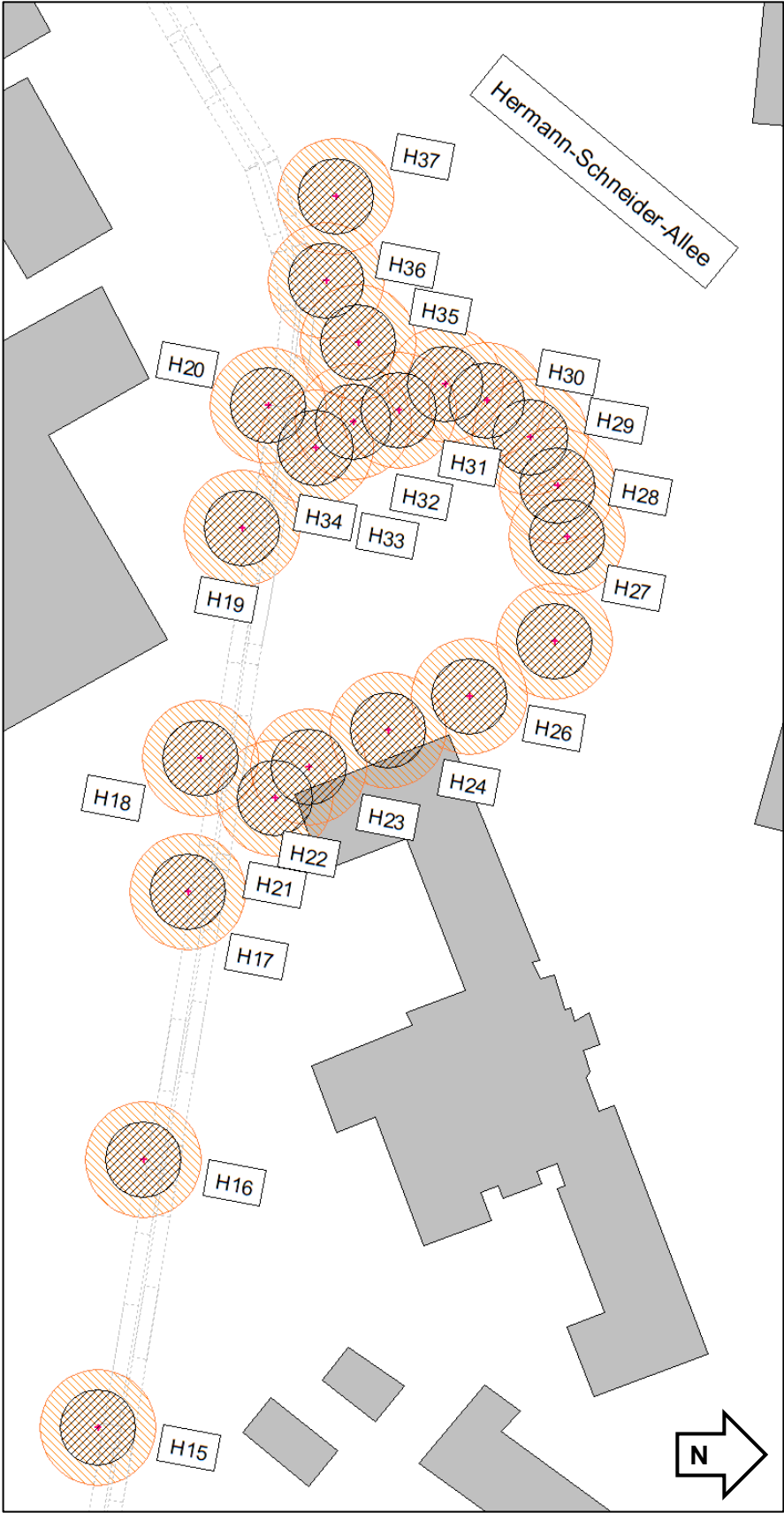
Anlage 2.8 Abschnitt 7



Anlage 2.9 Abschnitt 8



Anlage 2.10 Abschnitt 9



Anlage 3 Mastkoordinaten

Mastr.	Mastmittelpunkt in Höhe Mastfuß bzw. - einspannstelle	
	x	y
H1	34509368604	54297849574
H2	34509265833	54297898942
H3	34509133784	54297965564
H4	34508870452	54298120827
H5	34508665524	54298234485
H6	34508523874	54298281985
H8	34508316792	54298316743
H10	34508041333	54298362978
H11	34507773239	54298407981
H12	34507485520	54298456274
H13	34507210725	54298502397
H14	34506743888	54298580314
H15	34506280296	54298657523
H16	34505816634	54298734751
H17	34505353065	54298811949
H18	34505123494	54298833694
H19	34504725766	54298905940
H20	34504513386	54298951794
H21	34505191959	54298963310
H22	34505138262	54299022130
H23	34505074700	54299158514
H24	34505015639	54299297990
H26	34504920722	54299445168
H27	34504740340	54299467603
H28	34504651829	54299451647
H29	34504567770	54299403806
H30	34504504810	54299329080
H31	34504476098	54299257852
H32	34504521555	54299175949
H33	34504540953	54299098921
H34	34504587054	54299032497
H35	34504404710	54299107383
H36	34504297399	54299051954
H37	34504151554	54299067795

Masnr.	Mastmittelpunkt in Höhe Mastfuß bzw. - einspannstelle	
	x	y
D1	34525098190	54300282889
D2	34525044274	54300214374
D3	34524944277	54300407577
D4	34524890361	54300339062
D5	34524759677	54300552304
D6	34524705761	54300483789
D7	34524518985	54300726976
D8	34524222360	54300806972
D9	34524019993	54300921129
D10	34523814017	54301116942
D11	34523551512	54301232423
D12	34523284519	54301327272
D13	34522984580	54301409581
D14	34522708040	54301472461
D15	34522393997	54301541311
D16	34522079904	54301609930
D17	34521765812	54301678549
D18	34521452288	54301747410
D19	34521174961	54301813642
D20	34520896578	54301874699
D21	34520648077	54301937529
D22	34520622534	54301823551
D23	34520335618	54302006059
D24	34520310076	54301892082
D25	34520118274	54302045351
D25A	34519911673	54302084506
D26	34519705391	54302125653
D27	34519509122	54302172176
D28	34519207554	54302238178
D29	34518908272	54302303806
D30	34518614461	54302370110
D31	34518324637	54302431706
D32	34518030654	54302496437
D33	34517717056	54302562307
D34	34517431809	54302642943
D35	34517400880	54302503824
D36	34517082393	54302699140
D37	34517065481	54302564580
D38	34516920126	54302711631
D38A	34516674199	54302703373
D39	34516525257	54302685872
D40	34516275942	54302653957
D41	34515991602	54302616983
D42	34515715512	54302580200
D43	34515438359	54302543250
D44	34515170025	54302652874
D45	34515199511	54302374861
D46	34514745780	54302605326
D47	34514761045	54302316389
D48	34514484954	54302483114
D49	34514458155	54302343568
D50	34514607347	54302187447
D51	34514377647	54302194601
D52	34514459682	54302151947
D53	34514322594	54302092041
D54	34514410645	54302050269
D55	34514306298	54301837941
D56	34514082744	54301605140

Masnr.	Mastmittelpunkt in Höhe Mastfuß bzw. - einspannstelle	
	x	y
K1	34514108755	54301426336
K2	34513991473	54301508935
K3	34514040324	54301345145
K4	34513845500	54301172917
K5	34513629252	54301146833
K6	34513520218	54301034894
K7	34513410668	54300934350
K8	34513186199	54300728334
K9	34512964558	54300524913
K10	34512743923	54300322415
K11	34512622282	54300210773
K12	34512493310	54300092840
K13	34512570403	54299991674
K14	34512438309	54299882086
K15	34512196847	54299703973
K16	34511990971	54299540634
K17	34511793876	54299407133
K18	34511538583	54299234335
K19	34511361461	54299114129
K20	34511121383	54298957897
K21	34510894694	54298796589
K22	34510639462	54298757956
K23	34510433779	54298614511
K24	34510206532	54298468822
K25	34509881688	54298235184
K26	34509671539	54298090450
K27	34509569681	54297885743
P1	34512219512	54299903600
P2	34512018716	54299945485
P3	34511793885	54299993084
P4	34511823659	54300135275
P5	34511703662	54300160607
P6	34511611030	54299974768
R1	34511494125	54300034436
R1A	34511495169	54299901562
R2	34511317239	54299787346
R3	34511100728	54299750862
R4	34510837154	54299583741
R5	34510677603	54299481334
R6	34510518928	54299377796
R7	34510248594	54299206854
R8	34510058242	54299083084
R9	34509778606	54298904467
R10	34509580429	54298780634
R11	34509463159	54298702884
R12	34509379214	54298542078
R13	34509210330	54298436510
R14	34508992108	54298284242
R15	34508789710	54298338090