

Vorabzug

IPAI - Heilbronn

Verkehrsuntersuchung zur äußeren Erschließung

Kurzbericht, 22.04.2024

Inhaltsverzeichnis Verkehrsuntersuchung

Erschließung IPAI

Vorabzug

1

Grundlagen,
Aufgabenstellung

2

Verkehrsaufkom-
mensabschätzung,
Bossert

3

Leistungsnachweise
nach HBS

4

Stellplatzermittlung
nach LBO / VwV

5

Zusammenfassung,
Empfehlung

6

Anhang

Seite 3

4 bis 10

11 bis 16

17 bis 19

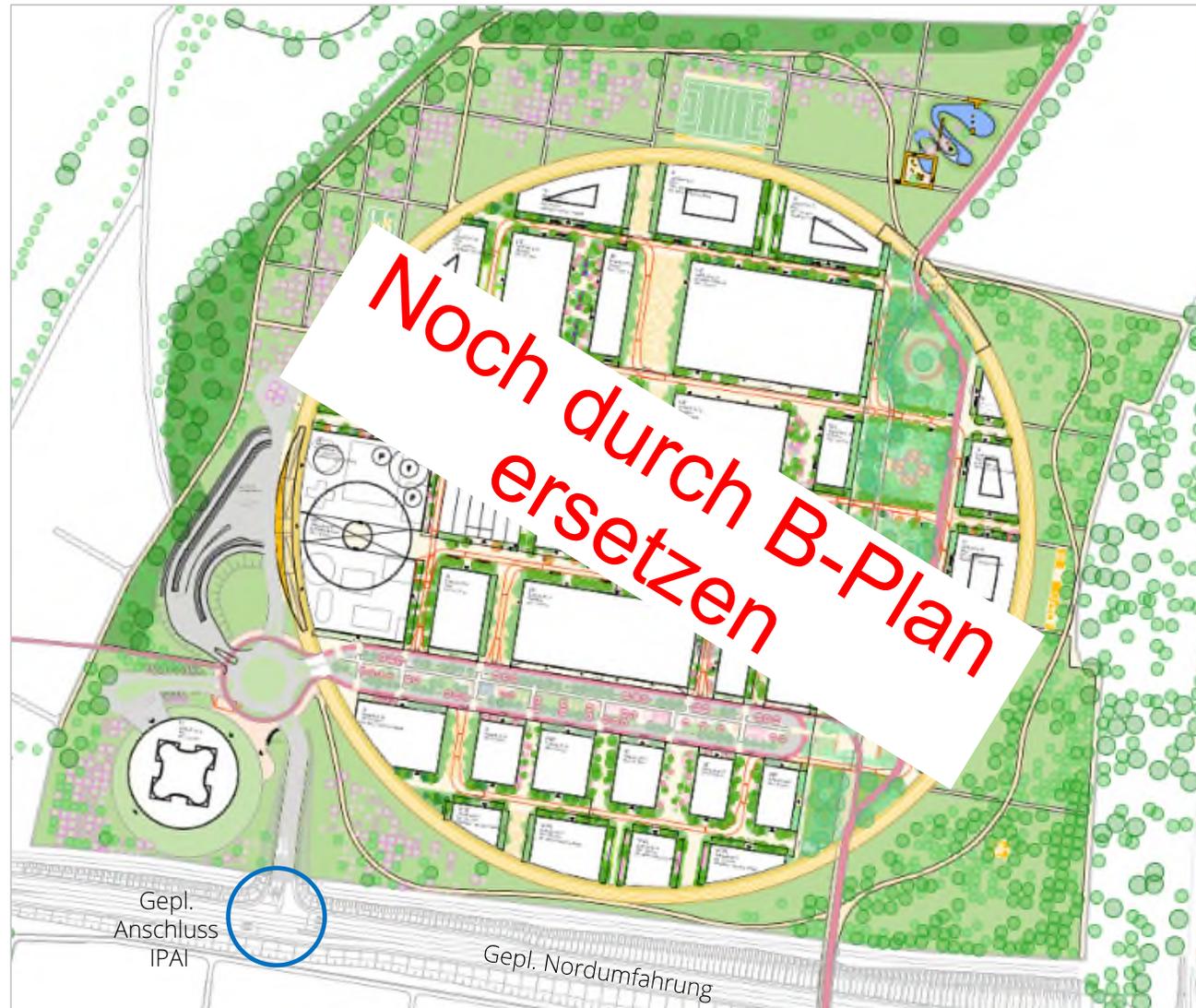
20 bis 22

23 bis 26

Grundlagen, Aufgabenstellung

Das Land Baden-Württemberg, die Stadt Heilbronn und die Schwarz Gruppe, vertreten durch MVRDV, planen auf rd. 23 Hektar Fläche den Innovation Park Artificial Intelligence (IPAI) im Norden von Heilbronn. Das IPAI soll als internationaler Campus für künstliche Intelligenz in mehreren Bauabschnitten realisiert werden. Vorgabe ist, bis ca. 3. Quartal 2026 den Standort mit dem Realisierungsteil (1. BA) mit 1.500 Arbeitsplätzen (Start-Up Innovation Center, Businesscampus, Reallabore, etc.) in Betrieb nehmen zu können.

Mit der Verkehrsuntersuchung soll geklärt werden, mit welchem Kfz-Verkehrsaufkommen durch den Bau des IPAI zu rechnen ist, ob die Erschließung über das vorhandene und geplante Straßennetz gesichert ist und welche Anforderungen ggf. an die Erschließung und die Gestaltung der Knotenpunkte zu stellen sind.



2. Verkehrsaufkommensabschätzung nach Bosserhoff

IPAI – Verkehrsaufkommen nach Bosserhoff

- Das künftige Verkehrsaufkommen des Gebietes IPAI wird über flächenbezogene Werte nach **Bosserhoff** abgeschätzt. Diese Abschätzung ist zur Beurteilung der verkehrserzeugenden Wirkung des Vorhabens notwendig. Das Verkehrsaufkommen des Gebietes IPAI setzt sich aus dem Pkw-Verkehr der Beschäftigten und Besucher sowie dem Lkw-/Lfw-Verkehr (Paket-/ Lieferdienste, Anlieferung / Abholung, Bürobedarf ...) zusammen. Die Berechnungsannahmen (Modal-Split, Wegehäufigkeit, Besetzungsgrad der Fahrzeuge) zur Ermittlung der Kfz-Fahrten werden nachfolgend dargestellt.
- Das daraus resultierende **neu induzierte Verkehrsaufkommen** wird **auf das angrenzende Straßennetz und den Anschluss an die Nordumfahrung verteilt** sowie anschließend zur **Darstellung der Verkehrsstärken** und zum **Nachweis der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte** verwendet.
- Die Querschnittsbelastung der Nordumfahrung wird aus der Verkehrsuntersuchung von gevas (Stand 2018) übernommen, die abgeschätzten Verkehre für das Gewerbegebiet Steinäcker werden abgezogen und durch die neue Abschätzung zum IPAI ersetzt.
- Für die maßgebende Spitzenstunde wird von ca. 10 % des Tagesverkehrsaufkommens ausgegangen.

IPAI – Verkehrsaufkommen nach Bosserhoff

Festlegungen/Eingangsgrößen zur Verkehrsaufkommensabschätzung und Umlegung

- In Abstimmung mit der Stadt Heilbronn (AfS) wird für die Verkehrsverteilung aus dem Gebiet heraus in Richtung Westen 30 % und in Richtung Osten 70 % angesetzt. In das Gebiet hinein fahren von Westen 35 % und von Osten 65 %.
- In der Morgenspitze fahren 30 % des neu induzierten Verkehrs aus dem Gebiet heraus und 70 % in das Gebiet hinein. Nachmittags dreht sich die Richtungsverteilung um.
- Gewählter Besetzungsgrad: 1,2 Personen/Pkw
Laut dem Bericht "Mobilität in Deutschland 2008" des Bundesverkehrsministeriums werden bezogen auf das Verkehrsaufkommen fünf Prozent der Arbeitswege als "Pkw-Mitfahrer" und 65 Prozent der Arbeitswege als Fahrer durchgeführt. Das Verhältnis von Mitfahrern zu Fahrer liegt damit bei etwa 1:13. Der durchschnittliche Besetzungsgrad im Berufsverkehr ist damit der niedrigste aller Fahrtzwecke und liegt bei rund 1,2 Personen pro Pkw, durchschnittlich fahren 1,5 Personen je Pkw (s. Balkendiagramm rechts, Quelle: MiD 2008).

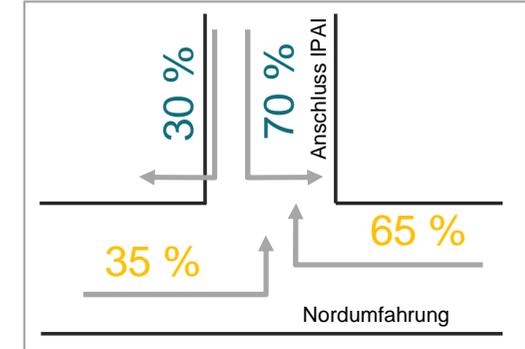
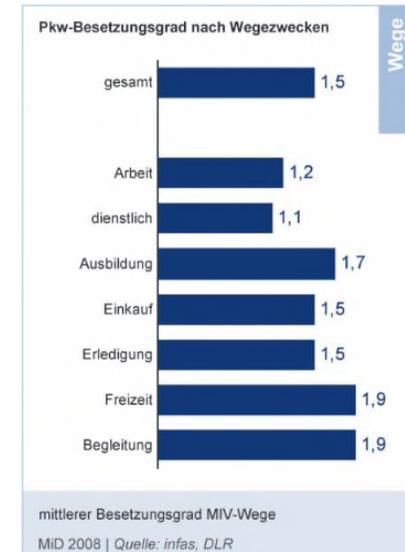


Abbildung 3.64



IPAI – Verkehrsaufkommen nach Bosserhoff

Festlegungen/Eingangsgrößen zur Verkehrsaufkommensabschätzung und Umlegung

Vorabzug

- Entsprechend dem „Mobilitätskonzept der Stadt Heilbronn“ aus dem Jahr 2019 (s. Auszug, Tabelle rechts) wird für die Verkehrsaufkommensabschätzung bei allen Nutzungen mit externen Wegen ein MIV-Anteil am Modal-Split von 47 % angesetzt.

		Modal Split 2015		Modal Split 2030	
Pkw	Motorisierte Individualverkehr (MIV)	57 %	58 %	46 %	47 %
Kraftrad		1 %		1 %	
Öffentlicher Personennahverkehr (Bus, Bahn) (ÖPNV)	Umweltverbund	10 %	39 %	15 %	50 %
Radverkehr		10 %		13 %	
E-Bike/Pedelec		1 %		2 %	
Fußverkehr		18 %		20 %	
andere		3 %		3 %	

Tabelle 13: Modal Split – Ausgangswert und Zielwert

- Feste Voraussetzung für die Einhaltung des geplanten MIV-Anteils ist:
 - gutes ÖPNV-Angebot (Vorschlag AfS: Abstimmung Buslinien und -taktung für BA1 gemeinsam mit der ÖPNV-Lenkungsgruppe der Stadt HN, langfristig kann auch eine Seilbahn oder S-Bahn mitgedacht werden, hierzu laufen aktuell Untersuchungen).
 - eine gute Radanbindung, um künftig bis zu 25 % Rad-Anteil am Modal-Split zu erreichen (s. auch Machbarkeitsstudie (MBS) von BIT, Stand April 2024) .
 - Fußverkehr wird als Binnenverkehr angesetzt (ggf. 0-1 % am externen Modal-Split, z. B. Jogger, als extern (Quell- / Zielverkehr) ansetzen).

IPAI – Verkehrsaufkommen nach Bosserhoff

Stand 04/2024

- Ansatz des Gesamtgebiets als Gewerbepark (Flächenangaben, MVRDV Feb. 2024):

Bedarf	Bruttogeschossfläche (m ²)	Kunden	Beschäftigte	Kfz-Fahrten/ Tag (Kfz/d) 47 % MIV 1,2 Besetzungsgrad
BGF gesamt <i>inkl. Flächen außerhalb Kreis</i>	431.932	2.610	4.679	8.274 (133)

- Begründung:
 - Aufgrund der allgemeinen Betrachtung des Gebietes im Bebauungsplan (nicht vorhabenbezogen), wurde auch für die Verkehrsaufkommensabschätzung ein allgemeiner Ansatz zugrunde gelegt.
 - Bis auf die Bauabschnitte 1-3 (Planung durch MVRDV) ist zudem noch keine konkrete Nutzung bekannt.

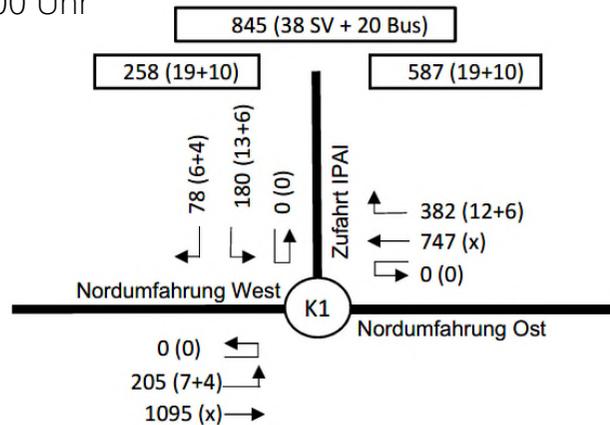
IPAI – Umlegung, Knotenstromdiagramme

Umlegung der Verkehrszahlen fürs Gesamtgebiet

Vorabzug

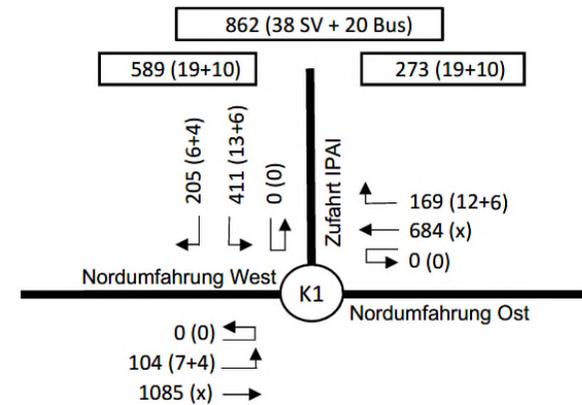
Unter Berücksichtigung der zuvor dargestellten Rahmenbedingungen entstehen werktäglich künftig ca. 8.274 neu induzierte Kfz-Fahrten im Querschnitt. Dieses Verkehrsaufkommen teilt sich auf in rd. 5.646 Pkw-Fahrten/Tag und rd. 2.628 Lkw/Lfw-Fahrten/Tag (davon 133 SV). Dieses Aufkommen wird auf das angrenzende Straßennetz und die Knoten verteilt und zum vorhandenen Verkehrsaufkommen dazu addiert. Für die maßgebende Spitzenstunde wird von ca. 10 % des Tagesverkehrsaufkommens ausgegangen, das entspricht 827 Kfz/h.

Spitzenstunde
vormittags [Kfz (SV)],
7:00-8:00 Uhr



Spitzenstunde Vormittag Kfz/h (SV mit Bus/h)

Spitzenstunde
nachmittags [Kfz (SV)],
16:00-17:00 Uhr

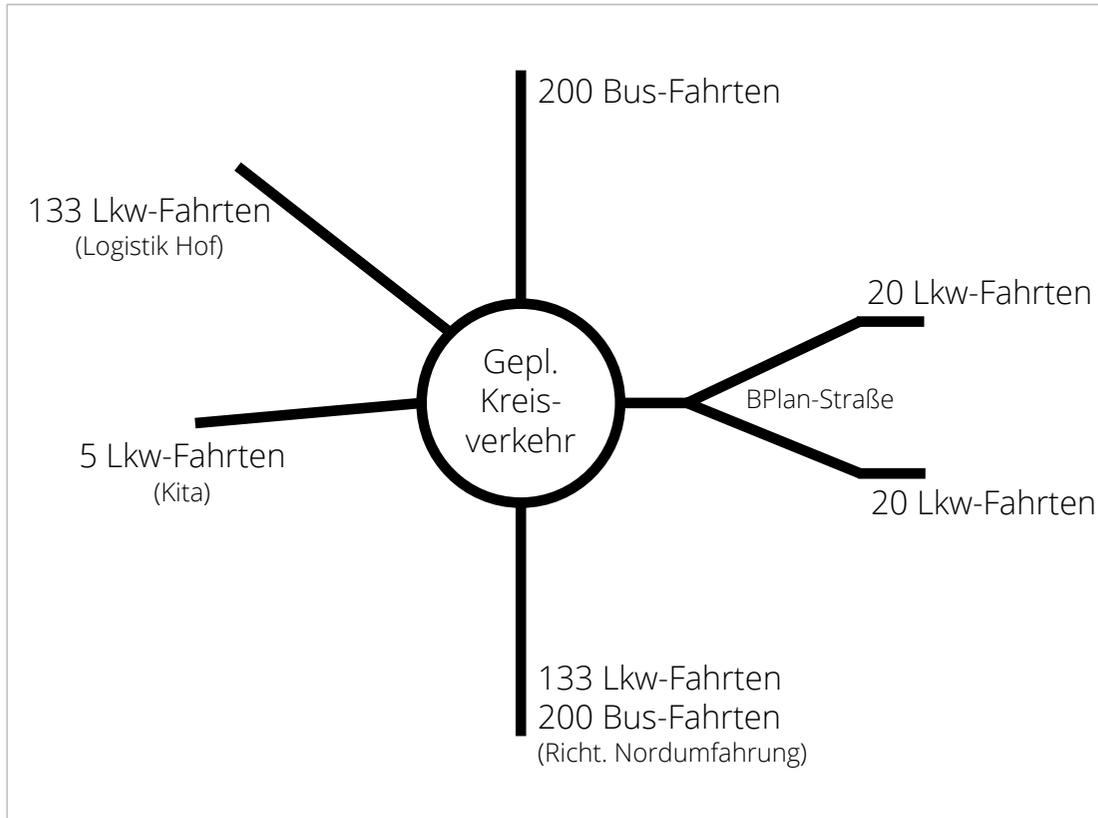


Spitzenstunde Nachmittag Kfz/h (SV mit Bus/h)

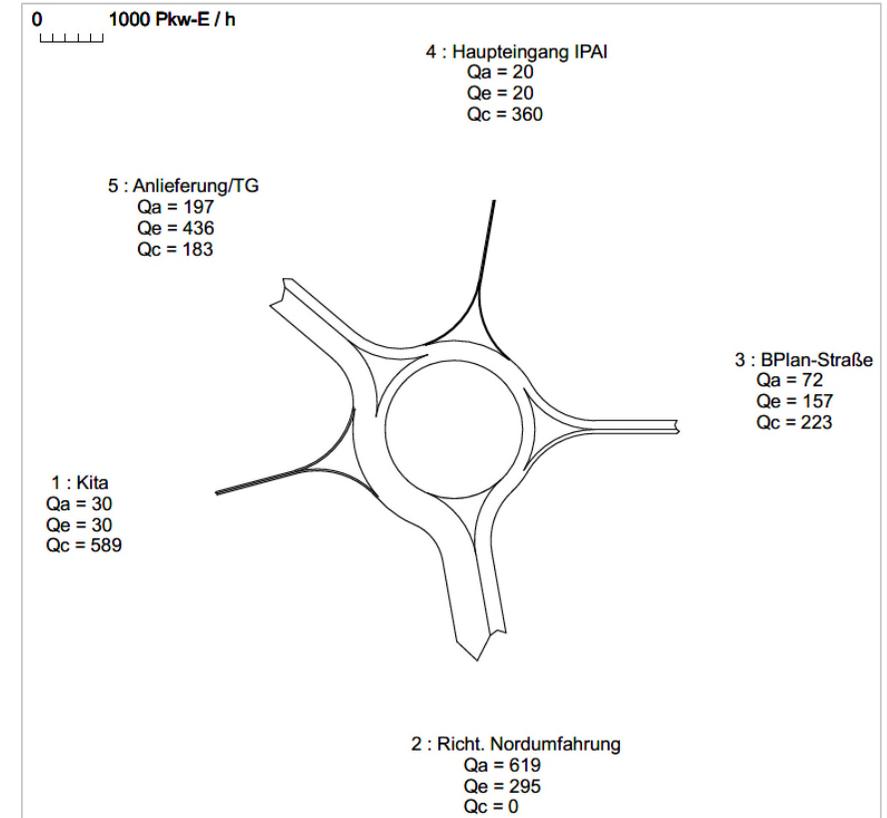
IPAI – Umlegung, Knotenstromdiagramme

Umlegung der Verkehrszahlen fürs Gesamtgebiet

Annahmen zum Schwerverkehr/Tag:



Annahmen zum Verkehrsaufkommen am Kreisverkehr (Spitzenstunde Nachmittag):



3. Leistungsnachweise nach HBS

Leistungsnachweise nach HBS

Methodik

- Die Bewertung der verkehrlichen Leistungsfähigkeit erfolgt im Untersuchungs- und Planungsraum für die Knotenpunkte
 - K1 Nordumfahrung / Anschluss IPAI
 - Geplanter Kreisverkehr im Gebiet

für die **beiden Spitzenstunden** für das Gesamtgebiet.

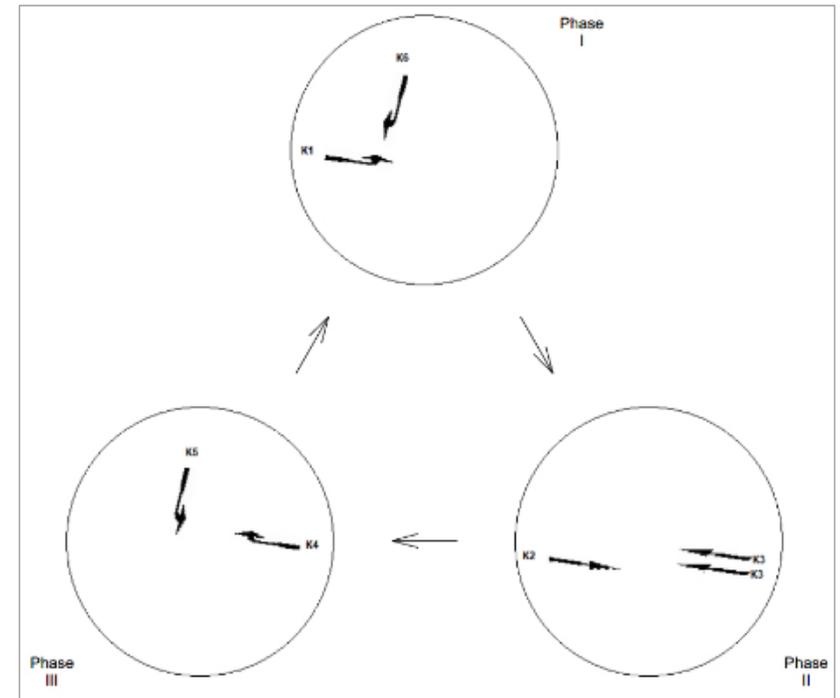
- Die **Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs** erfolgt aus der Sicht der Verkehrsteilnehmer (Gütebeurteilung). Es werden sechs verschiedene Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs nach dem **Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)** definiert. Maßgebend dafür ist das amerikanische Schulnotensystem, von Stufe A = beste Qualität bis Stufe F = schlechteste Qualität. Die Berechnung erfolgt mit dem Programm AMPEL für signalisierte Knotenpunkte und KREISEL für den Kreisverkehr im Gebiet. Die Auswertung erfolgt für den 95 %-Rückstau ($L_{95,j}$ - in 95 % aller Fälle wird dieser Rückstau unterschritten) und die mittleren Verlustzeiten bzw. mittleren Wartezeiten ($t_{w,j}$ - in 50 % aller Fälle wird diese Zeit unterschritten).
- Die **Definitionen der Qualitätsstufen** für signalisierte und unsignalisierte Knotenpunkte zeigen die **Tabellen** im Anhang.

LSA-Programm und Leistungsfähigkeit nach HBS

Vorgaben aus Abstimmung mit Stadt HN am 12.09.2023

Vorabzug

- Die Stadt Heilbronn stellt nach und nach alle LSA-Anlagen auf eine Umlaufzeit von 90 s um. Daher soll auch für den Anschluss an die Nordumfahrung eine Umlaufzeit von 90 s angesetzt werden.
- Dies weicht von den Annahmen für die LSA-Steuerung von gevas ab. Daher wird ein neues Signalprogramm ermittelt, das für die abgeschätzten Neuverkehre optimiert wird.
- Eine Einpflegung in das Gesamtkonzept (z. B. „Grüne Welle“ mit Nachbarknoten Neckartalstraße) erfolgt durch die Stadt HN.

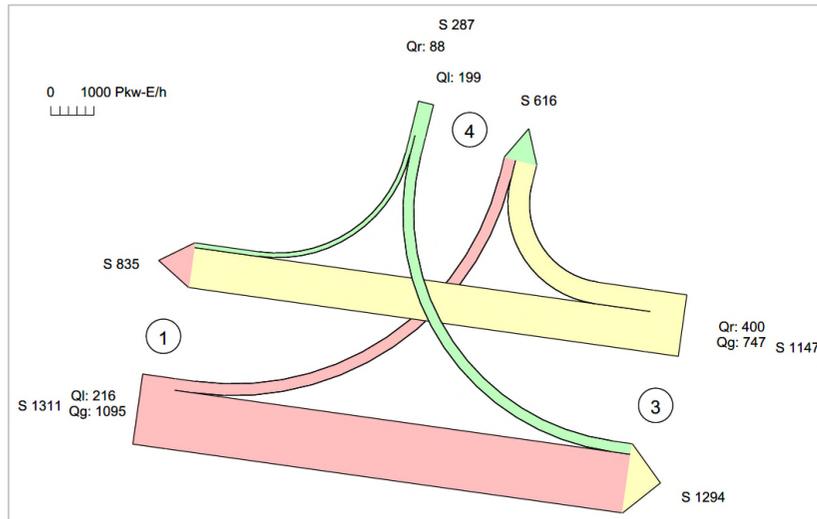


IPAI – Leistungsfähigkeitsberechnung nach HBS

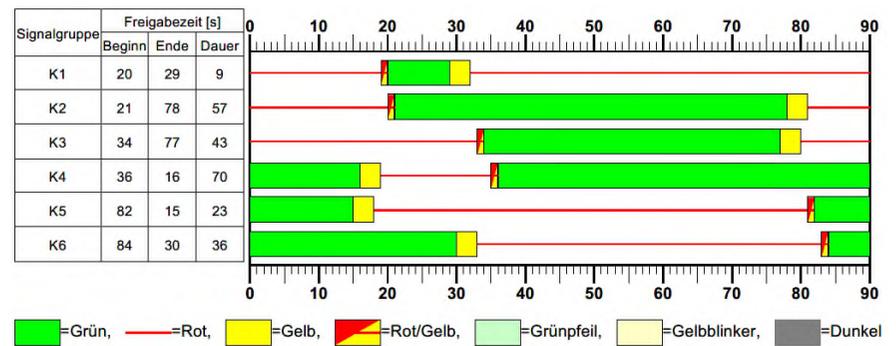
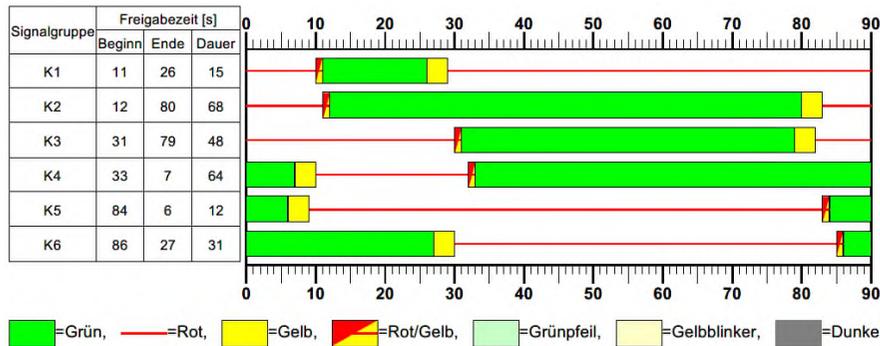
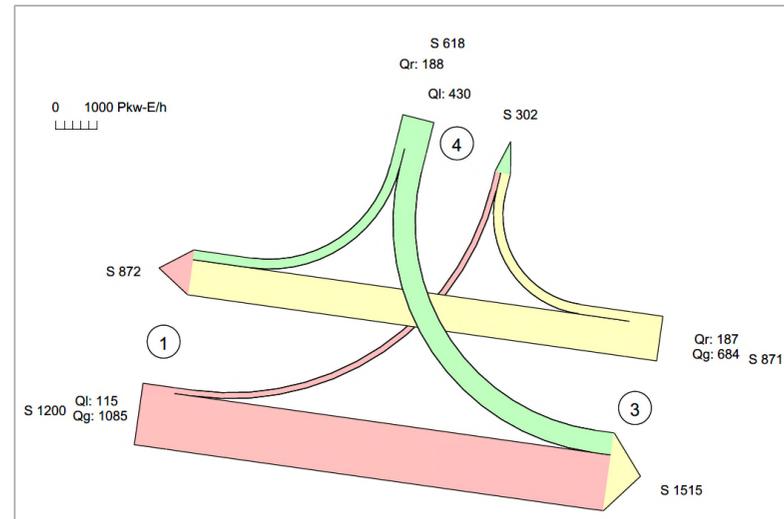
Anschluss Nordumfahrung – Verkehrszahlen, Signalprogramm

Vorabzug

Spitzenstunde vormittags, 7:00-8:00 Uhr



Spitzenstunde nachmittags, 16:00-17:00 Uhr



IPAI – Leistungsfähigkeitsberechnung nach HBS

Anschluss Nordumfahrung mit LSA-Optimierung – Gesamtgebiet

Vorabzug

Es hat eine Optimierung des LSA-Programms über das Programm AMPEL stattgefunden. Die Umlaufzeit beträgt 90s.

Signalgruppen:



Die Rückstaulänge reicht nachmittags nicht bis in den geplanten Kreisverkehr im Gebiet. Die vorhandene Aufstelllänge zwischen der Einmündung Nordumfahrung und dem Kreisverkehr liegt bei rd. 120 m.

Spitzenstunde vormittags, 7:00-8:00 Uhr

Kfz-Verkehrsströme - Verkehrsqualitäten (fahrstreifenbezogen)										
Nr.	Bez. SG	Ströme	q_j [Kfz/h]	x_j [-]	$f_{A,j}$ [-]	$N_{GE,j}$ [Kfz]	$N_{MS,j}$ [Kfz]	$L_{95,j}$ [m]	$t_{w,j}$ [s]	QSV [-]
11	K2	2	1095	0,714	0,77	1,799	15,925	136	9,6	A
12	K1	1	205	0,599	0,18	0,942	5,658	60	44,0	C
31	K4	9	382	0,274	0,72	0,215	3,521	42	4,9	A
32	K3	8	373	0,343	0,54	0,302	5,523	57	12,5	A
33	K3	8	374	0,343	0,54	0,303	5,542	57	12,5	A
41	K6	12	78	0,120	0,36	0,076	1,389	22	19,9	A
42	K5	10	180	0,672	0,14	1,327	5,591	62	54,3	D

Spitzenstunde nachmittags, 16:00-17:00 Uhr

Kfz-Verkehrsströme - Verkehrsqualitäten (fahrstreifenbezogen)										
Nr.	Bez. SG	Ströme	q_j [Kfz/h]	x_j [-]	$f_{A,j}$ [-]	$N_{GE,j}$ [Kfz]	$N_{MS,j}$ [Kfz]	$L_{95,j}$ [m]	$t_{w,j}$ [s]	QSV [-]
11	K2	2	1085	0,842	0,64	5,253	26,330	210	27,1	B
12	K1	1	104	0,505	0,11	0,610	3,059	39	48,3	C
31	K4	9	169	0,116	0,79	0,073	1,054	18	2,4	A
32	K3	8	342	0,350	0,49	0,312	5,582	57	15,3	A
33	K3	8	342	0,350	0,49	0,312	5,582	57	15,3	A
41	K6	12	178	0,226	0,41	0,165	3,053	38	18,0	A
42	K5	10	411	0,797	0,27	3,039	12,605	116	51,9	D

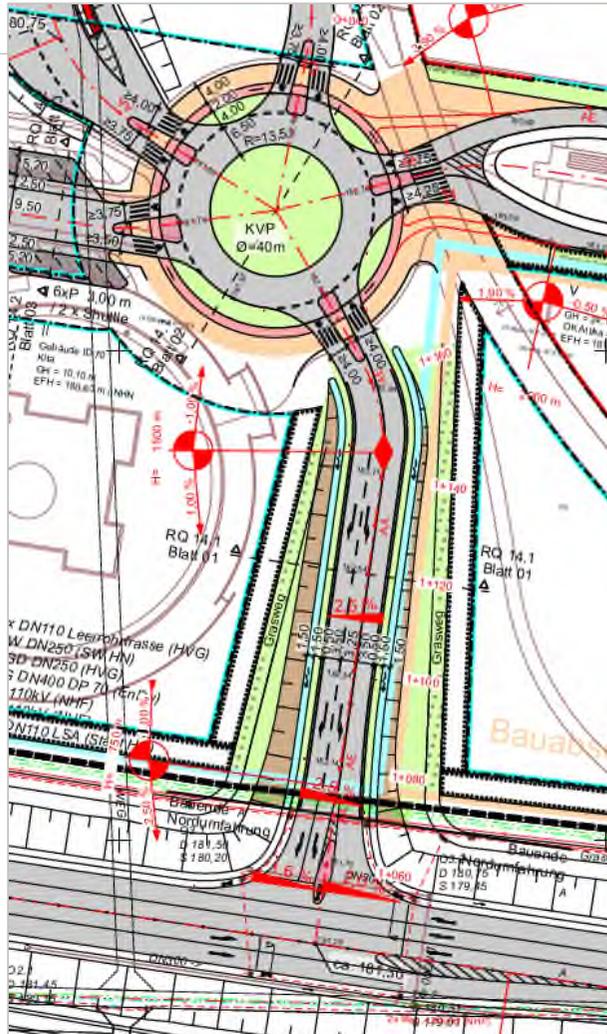
$L_{95,j}$: 95%-Rückstau (in 95% aller Fälle wird dieser Rückstau unterschritten)

$t_{w,j}$: mittleren Verlustzeiten bzw. mittleren Wartezeiten (in 50% aller Fälle wird diese Zeit unterschritten)

IPAI – Leistungsfähigkeitsberechnung nach HBS

Innere Erschließung mit KVP, Verkehrszahlen Gesamtgebiet

Vorabzug



Spitzenstunde nachmittags, 16:00-17:00 Uhr

Wartezeiten										
		n-in	n-K	q-Kreis	q-e-vorh	q-e-max	x	Reserve	Wz	QSV
	Name	-	-	Pkw-E/h	Pkw-E/h	Pkw-E/h	-	Pkw-E/h	s	-
1	Kita	1	1	589	30	755	0,04	725	5,0	A
2	Richt. Nordumfahrung	1	1	0	295	1245	0,24	950	3,8	A
3	BPlan-Straße	1	1	223	157	1049	0,15	892	4,0	A
4	Haupteingang IPAI	1	1	360	20	935	0,02	915	3,9	A
5	Anlieferung/TG	1	1	183	436	1083	0,40	647	5,6	A

Staulängen										
		n-in	n-K	q-Kreis	q-e-vorh	q-e-max	L	L-95	L-99	QSV
	Name	-	-	Pkw-E/h	Pkw-E/h	Pkw-E/h	Pkw-E	Pkw-E	Pkw-E	-
1	Kita	1	1	589	30	755	0,0	0	0	A
2	Richt. Nordumfahrung	1	1	0	295	1245	0,2	1	1	A
3	BPlan-Straße	1	1	223	157	1049	0,1	1	1	A
4	Haupteingang IPAI	1	1	360	20	935	0,0	0	0	A
5	Anlieferung/TG	1	1	183	436	1083	0,5	2	3	A

Gesamt-Qualitätsstufe : A

Die geplante Aufstelllänge zwischen der Einmündung Nordumfahrung und dem Kreisverkehr liegt bei rd. 120 m.

4. Stellplatzermittlung nach LBO / VwV Stellplätze

Kfz - Stellplatzermittlung über LBO / VwV Stellplätze

Vorabzug

BIT | INGENIEURE

Stand: 22.02.2024, ldo

Stellplätze für BA1-3 nach LBO / VwV Stellplätze

Projektspezifische Angaben									
	Verkehrsquelle	Zahl der Kfz-Stellplätze	gewählter Faktor	Kunden	Beschäftigte	Nutzfläche	empf. Stellplätze	Abminderungs-faktor	gewählte Stellplätze
1.6	Sonstige Wohnheime	1 je 2 - 5 Plätze, mindestens jedoch 2	5	783			157	0,2	31 0
2	Gebäude mit Büro-, Verwaltungs- und Praxisräumen								
2.1	Büro- und Verwaltungsräume allgemein	1 je 30 - 40 m ² Büronutzfläche (1), mindestens jedoch 1	40			59254	1481	0,85	1259 0
3	Verkaufsstätten								
3.1	Verkaufsstätten bis 700 m ² Verkaufsnutzfläche	1 je 30 - 50 m ² Verkaufsnutzfläche (2), mindestens jedoch 2 je Laden	50			832	17	0,3	5 0
5	Sportstätten								
5.2	Spiel- und Sporthallen	1 je 50 m ² Sportfläche zusätzlich 1 je 10 - 15 Besucherplätze (3)	50			1500	30	0,3	9
			15	180			12	0,3	4
5.3	Fitnesscenter	1 je 25 m ² Sportfläche (3)	25			1537	61	0,3	18
6	Gaststätten, Beherbergungsbetriebe, Vergnügungstätten								
6.1	Gaststätten	1 je 6 - 12 m ² Gastraum	12			4295	358	0	0
8	Schulen, Einrichtungen für Kinder und Kindergärten, Kindertagesstätten und dgl.								
8.6	Kindergärten, Kindertagesstätten und dgl.	1 je 20 - 30 Kinder, mindestens jedoch 2	25	258			10	0,85	9 0
9	Gewerbliche Anlagen								
9.1	Handwerks- und Industriebetriebe	1 je 50 - 70 m ² Nutzfläche (4) oder je 3 Beschäftigte (5)	70			347	5	0,85	4
			3	295			98	0,85	84
9.3	Ausstellungs- und Verkaufsplätze	1 je 80 - 100 m ² Nutzfläche (4) oder je 3 Beschäftigte (5)	100			14200	28	0,85	0 24
			3	85					
							2258		1447

*Hinweis:
Bei den Beschäftigten wurde ein Homeofficeanteil angesetzt, daher Reduzierung auf 0,85 (Begründung über Daten des IFO-Instituts zum Thema HomeOffice in verschiedenen Nutzungsklassen).
Die restlichen Nutzungen wurden aufgrund von Wechselwirkungen, Mitnahme-/Verbundeffekt, etc. reduziert.*

Kfz - Stellplatzermittlung über LBO / VwV Stellplätze

- Die Zahl der notwendigen Stellplätze soll als prozentualer Anteil der nach VwV empfohlenen Stellplatzrichtzahlen festgelegt werden.
- Konkret wurde anhand der Tabelle zu BA1-3 auf der vorangehenden Folie ein prozentualer Anteil von rd. 60 % der nach VwV empfohlenen Stellplatzrichtzahlen ermittelt.
- Für die weiteren Bauflächen wird von einem ähnlichen Nutzungsmix ausgegangen, daher hat keine gesonderte Berechnung stattgefunden.
- Im Falle von Spannen auf der Ebene der Bezugsgrößen gemäß VwV (z.B. „30 – 50 qm“) wurde in Abstimmung mit der Stadt Heilbronn der höhere Wert als maßgeblich festgesetzt werden.
- Eine Umsetzung erfolgt durch das Büro Künstler im Zuge des Bebauungsplanentwurfes.

5. Zusammenfassung, Empfehlung

IPAI Heilbronn

Zusammenfassung und Empfehlungen

- Der im Zuge der Planfeststellung vorgesehene Anschluss an die Nordumfahrung (mit Optimierung der LSA) ist bei Einhaltung des MIV-Anteils von 47 % rechnerisch leistungsfähig.
- Die vorhandene Rückstaulänge zwischen Nordumfahrung und Kreisverkehr (ca. 120 m) reicht für den 95%-Rückstau aus. Lediglich der Fußgängerüberweg vor dem Kreisverkehr wird leicht überstaut. → Dies betrifft nur wenige Zeitabschnitte am Tag (Spitzenstunde nachmittags).
Es wird empfohlen nach Umsetzung des 1. Bauabschnitts eine Verkehrszählung durchzuführen, um die Ergebnisse zu validieren. Darauf aufbauend ist die Untersuchung für das Gesamtgebiet zu aktualisieren. Die Radinfrastruktur muss zwingend ausgebaut werden, inkl. Bau Radschnellweg RS3.
- Eine attraktive ÖPNV-Anbindung ist sicherstellen. Eine Seilbahn / Stadtbahn ist weiter zu untersuchen. Bis zur Fertigstellung muss mit einer Busflotte geplant werden.
- Die Umsetzung eines hochwertigen Bussystems ist zu planen und umzusetzen.
- Die Nordumfahrung ist zügig zu realisieren.
- Die L 1100 ist 2-bahnig auszubauen (s. Anhang).
- Weitere Maßnahmen entsprechend Mobilitätspakt sind umzusetzen.

Aufgestellt:

M. Sc. Lisa Zörner
M. Sc. Mara Dreher

BIT Ingenieure AG
Standort Öhringen

Altstadt 36
74613 Öhringen

Phone: +49 (0) 7941 / 9241 - 0
Fax: +49 (0) 7941 / 9241 - 30

E-Mail: oehringen@bit-ingenieure.de
Web: www.bit-ingenieure.de

Anhang

Definition der Qualitätsstufen (QSV) nach HBS

Stufen	Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage	Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage
Stufe A	Die Mehrzahl der Verkehrsteilnehmer kann nahezu ungehindert den Knotenpunkt passieren. Die Wartezeiten sind sehr gering.	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer sehr kurz.
Stufe B	Die Abflussmöglichkeiten der wartepflichtigen Kraftfahrzeugströme werden vom bevorrechtigten Verkehr beeinflusst. Die dabei entstehenden Wartezeiten sind gering.	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer kurz. Alle während der Sperrzeit auf dem betrachteten Fahrstreifen ankommenden Kraftfahrzeuge können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren.
Stufe C	Die Verkehrsteilnehmer in den Nebenströmen müssen auf eine merkbare Anzahl von bevorrechtigten Verkehrsteilnehmern achten. Die Wartezeiten sind spürbar. Es kommt zur Bildung von Stau, der jedoch weder hinsichtlich seiner räumlichen Ausdehnung noch bezüglich der zeitlichen Dauer eine starke Beeinträchtigung darstellt.	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer spürbar. Nahezu alle während der Sperrzeit auf dem betrachteten Fahrstreifen ankommenden Kraftfahrzeuge können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit nur gelegentlich ein Rückstau auf.
Stufe D	Die Mehrzahl der Fahrzeugführer muss Haltevorgänge, verbunden mit deutlichen Zeitverlusten, hinnehmen. Für einzelne Fahrzeuge können die Wartezeiten hohe Werte annehmen. Auch wenn sich vorübergehend ein merklicher Stau in einem Nebenstrom ergeben hat, bildet sich dieser wieder zurück. Der Verkehrszustand ist noch stabil.	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer beträchtlich. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit häufig ein Rückstau auf.
Stufe E	Es bilden sich Staus, die sich bei der vorhandenen Belastung nicht mehr abbauen. Die Wartezeiten nehmen sehr große und dabei stark streuende Werte an. Geringfügige Verschlechterungen der Einflussgrößen können zum Verkehrszusammenbruch führen. Die Kapazität wird erreicht.	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer lang. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende Freigabezeit in den meisten Umläufen ein Rückstau auf.
Stufe F	Die Anzahl der Fahrzeuge, die in einem Verkehrsstrom dem Knotenpunkt je Zeiteinheit zufließen, ist über ein längeres Zeitintervall größer als die Kapazität für diesen Verkehrsstrom. Es bilden sich lange, ständig wachsende Schlangen mit besonders hohen Wartezeiten. Diese Situation löst sich erst nach einer deutlichen Abnahme der Verkehrsstärken im zufließenden Verkehr wieder auf. Der Knotenpunkt ist überlastet.	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer sehr lang. Auf dem betrachteten Fahrstreifen wird die Kapazität im Kfz-Verkehr überschritten. Der Rückstau wächst stetig. Die Kraftfahrzeuge müssen bis zur Weiterfahrt mehrfach vorrücken.

Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs nach HBS

- Knotenpunkte mit/ohne Lichtsignalanlage – Grenzwerte der mittleren Wartezeit für die Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV)

QSV	Mittlere Wartezeit t_w (s)				Maximale Wartezeit t_w (s)
	Regelung durch Vorfahrtsbeschilderung	Regelung „rechts vor links“		LSA-Knoten	LSA-Knoten
	Fahrzeugverkehr auf der Fahrbahn	Kraftfahrzeugverkehr		Kraftfahrzeugverkehr	Fußgänger- und Radverkehr
		Kreuzung	Einmündung		
A	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 20	≤ 30
B	≤ 20	≤ 10	≤ 10	≤ 35	≤ 40
C	≤ 30	≤ 15	≤ 15	≤ 50	≤ 55
D	≤ 45	≤ 20	≤ 15	≤ 70	≤ 70
E	> 45	≤ 25	≤ 20	> 70	≤ 85
F	- *	> 25	> 20	- *	> 85

* Die QSV F ist erreicht, wenn die nachgefragte Verkehrsstärke q_i über der Kapazität C_i liegt ($q_i > C_i$).

4-streifiger Ausbau L1100 mit Anbindung Nordumfahrung

