

1 Begrifflichkeiten

Verbrauch und Bedarf

Bei der Benennung energetischer Größen meint der „Verbrauch“ eine reale, gemessene Größe. So ist z. B. der „Endenergieverbrauch Gas“ die am Zähler ablesbare, real verbrauchte Gasmenge. Berechnete, theoretische energetische Größen werden hingegen mit „Bedarf“ bezeichnet. Der im Bericht genannte Heizwärmebedarf ist z. B. die berechnete Menge an Wärme, die theoretisch an die Räume eines Gebäudes zur Beheizung abgegeben wird. Zwischen dem realen Verbrauch und dem theoretischen Bedarf eines Gebäudes können starke Unterschiede existieren da der reale Verbrauch von vielen schwer zu kalkulierenden Faktoren abhängt. Dazu gehört beispielsweise das Nutzer:innen-Verhalten.

Endenergiebedarf

Die der Heizung oder Warmwasseranlage zugeführte Menge an Öl, Gas, Strom etc. ist die Endenergie. Der Endenergiebedarf enthält alle anlagenspezifischen Verluste. Er entspricht der (errechneten) Energiemenge, die vom Energieversorger bezogen wird und auf dessen Rechnung aufgeführt ist.

Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf enthält neben den anlagenspezifischen Verlusten auch die bei der Erzeugung und Verteilung der Energieträger auftretenden Verluste wie z. B. die Verluste bei Stromerzeugung im Kraftwerk und Verteilung im Stromnetz. Durch Verwendung der Primärenergiefaktoren kann von der Endenergie auf die Primärenergie geschlossen werden. Sie soll den Einfluss eines Energieträgers inklusive seiner Vorkette auf die Umwelt bewerten.

CO₂ / CO₂-Äquivalent / THG-Emissionen

Das klimaschädliche Gas Kohlenstoffdioxid, kurz CO₂ ist das bekannteste Gas mit Treibhauseffekt und wird daher meist als Kenngröße für alle klimarelevanten Gase herangezogen. Dabei wird die Wirkung aller klimarelevanten Gase auf CO₂-Äquivalente heruntergerechnet – als Vielfaches der Klimawirkung von CO₂. Durch die CO₂-Faktoren kann spezifisch für jeden Brennstoff sein jeweiliges CO₂-Äquivalent ermittelt werden. Bei den CO₂-Faktoren werden auch die Vorketten einberechnet, d.h. es werden zusätzlich zu den Emissionen des Energieträgers auch die Emissionen berücksichtigt, die bei Herstellung, Aufbereitung und Transport des Energieträgers entstehen.

2 Verwendete Parameter

2.1 Parameter der Kostenermittlung

Kosten für Mustergebäude (Steckbrief)

Beispielhaft wurde die Sanierung von Gebäuden anhand von fünf Typgebäuden dargestellt. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgten in Anlehnung an die Annuitätenmethode nach **[Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.]** und stellen die mittleren jährlichen Gesamtkosten dar. Untersucht wurden dabei fünf unterschiedliche Varianten, die von einer Sanierung nach dem gesetzlichen Mindeststandard des GEG bis zu einer Sanierung nach Effizienzhaus-Standard 55 zuzüglich Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung reichen. Die Berechnung verwendet die erforderlichen Investitionen für die energetische Sanierung der Gebäudehülle aus **[Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.]**. Die Werte aus dieser Datengrundlage wurden mit dem Baupreisindex und dem Ortsfaktor für Tübingen angepasst. Für den Einbau von Lüftungsanlagen wurden Erfahrungswerte der TGA-Planungsabteilung des Büros ebök verwendet. Die Kennwerte sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Verwendete Kostenkennwerte für energ. Sanierungsmaßnahmen an Mustergebäuden

Saniert nach...	GEG	EG70	EG55	
Dämmung Außenwand	190	197	217	EUR/m ² (brutto)
Dämmung Dach	229	264	290	EUR/m ² (brutto)
Dämmung Geschossdecke	98	101	111	EUR/m ² (brutto)
Austausch der Fenster	504	576	634	EUR/m ² (brutto)

Tab. 2: Verwendete Kostenkennwerte für den Einbau von Lüftungsanlagen in Mustergebäuden

Im Bestand: Einbau einer...	im EFH	im MFH	
Abluftanlage	52	79	EUR/m ² (brutto)
Zu-/Abluftanlage mit WRG	157	196	EUR/m ² (brutto)

Zusätzlich wurde ein Zuschlag von 20 % für Nebenarbeiten, Gerüst und Baustelleneinrichtung angesetzt. Außerdem wurden 20 % Baunebenkosten (Planungshonorar) berücksichtigt.

Neben den Investitionen sind auch Förderungen nach den aktuellen Förderbedingungen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) berücksichtigt. Die entsprechenden Fördersätze sind in Tab. 3 dokumentiert.

Tab. 3: Fördersätze nach der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), Stand 06/2021

Sanierungsmaßnahme	Investitionszuschuss in % je Wohneinheit (WE)
Effizienzhaus Denkmal*	5 % der förderfähigen Kosten von max. 120.000 Euro je WE
Effizienzhaus 70*	10 % der förderfähigen Kosten von max. 120.000 Euro je WE
Effizienzhaus 55*.**	15 % der förderfähigen Kosten von max. 120.000 Euro je WE
Effizienzhaus 40*.**	20 % der förderfähigen Kosten von max. 120.000 Euro je WE

* jeweils auch als Erneuerbare-Energien-Klasse: um 5 % erhöhte Förderung mit max. Zuschuss von 150.000 Euro je Wohneinheit

** für Effizienzgebäude 55 und 40 sind zusätzliche 5 % möglich, wenn das Gebäude zu den Worst Performing Buildings gehört. Dieser Bonus ist mit der Erneuerbaren-Energien-Klasse kombinierbar

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist zu berücksichtigen, dass es sich um die Sicht von Besitzer*innen handelt, die die Wohnung selbst nutzen. Sind Besitzer*innen und Bewohner*innen nicht identisch, hängt die Wirtschaftlichkeit davon ab, wie Investitionskosten und Einsparungen unter den Parteien aufgeteilt werden.

Die Ergebnisse der energetischen und wirtschaftlichen Berechnungen für die fünf Typgebäude sind in Steckbriefen zur energetischen Sanierung¹ übersichtlich dargestellt, so dass diese zur Öffentlichkeitsarbeit eingesetzt werden können.

2.2 Parameter der Bilanzierung der Umweltwirkung

Bei der Bilanzierung der Umweltwirkung eines Energieträgers werden neben seines ermittelten Endenergiebedarfs auch der Primärenergiebedarf sowie die Treibhausgasemissionen betrachtet.

Eine besondere Rolle bei den Primärenergie- und Treibhausgasfaktoren nimmt der deutsche Strommix ein. Während die Primärenergie- und THG-Faktoren von z. B. Gas oder Öl auch in Zukunft als gleichbleibend angenommen werden können, wird der auf Bundesebene angestrebte stetige Ausbau der regenerativen Energien in der Stromerzeugung die Umweltwirkung des Strommix' positiv beeinflussen. Da die Veränderungen auf überregionaler Ebene stattfinden, können sie durch Maßnahmen im Quartier kaum beeinflusst werden. Dies kann bei der Bilanzierung der Maßnahmen die Wahrnehmung und Bewertung hinsichtlich ihrer positiven Umweltwirkung beeinflussen. In der Bilanzierung wurde deshalb den Tab. 4, Tab. 5 und

¹ Die Steckbriefe sind dem Endbericht als Anlage beigefügt

Tab. 6 genannten Faktoren des Strommix' für 2030 und 2040 auch immer der Ist-Wert des Strommix' gegenübergestellt, um den inneren vom äußeren Einfluss sichtbar trennen zu können.

Primärenergiebedarf

Mit der Bilanzierung der nicht erneuerbaren Primärenergie werden die ermittelten Endenergiebedarfe nach ihrem Ressourcenbedarf beurteilt. Die Primärenergiefaktoren berücksichtigen dafür auch den Aufwand durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes, z. B. durch Gewinnung, Umwandlung und Transport des jeweiligen Energieträgers. Für den Ist-Zustand ergeben sich die meisten Primärenergiefaktoren durch die aktuelle Fassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** oder durch die DIN V 18599 [DIN V 18599-1:2018-09, Tabelle A.1].

Für den deutschen Strommix im Ist-Zustand wird der Wert des GEG herangezogen, für die Jahre 2030 und 2040 wurden die in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** auf Grundlage der GEMIS-Datenbank prognostizierten Umweltfaktoren verwendet.

Die derzeitigen Primärenergiefaktoren der Wärmenetze in den Schulzentren ergeben sich aus gutachterlichen Bescheinigungen der Netzbetreiber. Der zukünftige Wert der Fernwärme der Stadtwerke im zukünftigen Netzverbund-Süd ergibt sich aus der Bescheinigung des Planwertes vom Februar 2022. Dieser ist zunächst bis Februar 2029 gültig.

Treibhausgasemissionen

Die Bewertung der Klimawirkung einzelner Energieträger und Erzeugungsprozesse erfolgt durch die Betrachtung der mit ihnen verbundenen Emissionen an klimaschädlichen Treibhausgasen. Für eine einheitliche Bewertung werden dafür zunächst alle klimarelevanten Emissionen in CO₂-Äquivalente umgerechnet, um ihre Klimawirkung als ein Vielfaches der Klimawirkung von CO₂ vergleichen zu können. Dies geschieht über die Verwendung von CO₂-Emissionsfaktoren.

Für Emissionsfaktoren gibt es derzeit verschiedene Quellen, deren Methoden und Bilanzgrenzen zur Ermittlung der Faktoren teils sehr unterschiedlich sind, so dass die einzelnen Ergebnisse schlecht mit denen anderer Quellen vergleichbar sind.

Zur Ermittlung der CO₂-Äquivalente je Energieträger werden im Rahmen dieses Quartierskonzeptes die endenergiebezogenen Angaben aus der aktuellen Fassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** oder aus der DIN V 18599 [DIN V 18599-1:2018-09, Tabelle A.1] verwendet. Die Faktoren für die Wärmenetze in den Schulzentren ergeben sich aus gutachterlichen Bescheinigungen der Netzbetreiber.

Für den deutschen Strommix im Ist-Zustand wird der Wert des GEG herangezogen, für die Jahre 2030 und 2040 wurden die in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** auf Grundlage der GEMIS-Datenbank prognostizierten Umweltfaktoren verwendet.

Der zukünftige Wert der Fernwärme der Stadtwerke im zukünftigen Netzverbund-Süd ergibt sich aus der Bescheinigung des Planwertes vom Februar 2022. Dieser ist zunächst bis Februar 2029 gültig. Hierbei wurde für die Bilanzierung der im Gutachten bescheinigte Wert nach Carnot-Berechnungsverfahren verwendet.

Für die im Rahmen des integrierten Quartierskonzeptes zu bilanzierenden Energieträger werden folgende Faktoren für den Ist-Zustand (Tab. 4), das Jahr 2030 (Tab. 5) und das Jahr 2040 (Tab. 6) verwendet:

Tab. 4: Zur Bilanzierung verwendete Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren IST-Zustand

Energieträger / Prozess / Anlage – IST	f _p , nicht ern. Anteil [kWh _{End} /kWh _{Prim}]	Emissionsfaktor CO ₂ [t/MWh]	Quelle
Heizöl	1,1	0,310	DIN V 18599-1:2018-09
Erdgas	1,1	0,240	DIN V 18599-1:2018-09
Flüssiggas	1,1	0,240	DIN V 18599-1:2018-09
Erdgas-BHKW	0,23	0,104	DIN V 18599-1:2018-09
Holz	0,2	0,040	GEG 2020
Heizstrom direkt	1,8	0,560	GEG 2020
Strommix	1,8	0,560	GEG 2020
Wärmepumpe (Luft)	0,4	0,120	GEG 2020
Selbstgenutzter PV-Strom	0,0	0,000	DIN V 18599-1:2018-09
Solarthermie	0,0	0,000	DIN V 18599-1:2018-09
Wärme aus Solarthermie	0,0	0,000	DIN V 18599-1:2018-09
Fernwärme Tübingen (Süd)	0,42	0,130	SWT, Zertifikat FW-Süd
Nahwärme städt. Schulgebäude	0,39	0,170	SWT; Energiemanagement Tü
Nahwärme LK Schulgebäude	0,2	0,071	Energiebericht LK; KWA Bescheinigung PE

Tab. 5: Zur Bilanzierung verwendete Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren 2030

Energieträger / Prozess / Anlage – 2030	f _p , nicht ern. Anteil [kWh _{End} /kWh _{Prim}]	Emissionsfaktor CO ₂ [t/MWh]	Quelle
Heizöl	1,1	0,310	DIN V 18599-1:2018-09
Erdgas	1,1	0,240	DIN V 18599-1:2018-09
Flüssiggas	1,1	0,240	DIN V 18599-1:2018-09
Erdgas-BHKW	0,23	0,104	DIN V 18599-1:2018-09
Holz	0,2	0,020	GEG 2020
Heizstrom direkt	0,65	0,270	IINAS 2021, GEMIS 5.0
Strommix	0,65	0,270	IINAS 2021, GEMIS 5.0
Wärmepumpe (Luft)	0,14	0,060	Anlehnung an Strommix
Selbstgenutzter PV-Strom	0,0	0,000	DIN V 18599-1:2018-09
Solarthermie	0,0	0,000	DIN V 18599-1:2018-09
Fernwärme Tübingen (Süd)	0,42	0,075	Eigene Abschätzung in Anlehnung an die Zielwerte des KWP

Tab. 6: Zur Bilanzierung verwendete Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren 2040

Energieträger / Prozess / Anlage – 2040	f _p , nicht ern. Anteil [kWh _{End} /kWh _{Prim}]	Emissionsfaktor CO ₂ [t/MWh]	Quelle
Heizöl	1,1	0,310	DIN V 18599-1:2018-09
Erdgas	1,1	0,240	DIN V 18599-1:2018-09
Flüssiggas	1,1	0,240	DIN V 18599-1:2018-09
Erdgas-BHKW	0,23	0,104	DIN V 18599-1:2018-09
Holz	0,2	0,020	GEG 2020
Heizstrom direkt	0,05	0,151	IINAS 2021, GEMIS 5.0
Strommix	0,05	0,151	IINAS 2021, GEMIS 5.0
Wärmepumpe (Luft)	0,01	0,034	Anlehnung an IINAS 2021, GEMIS 5.0
Selbstgenutzter PV-Strom	0,0	0,000	DIN V 18599-1:2018-09
Solarthermie	0,0	0,000	DIN V 18599-1:2018-09
Fernwärme Tübingen (Süd)	0,24	0,044	Eigene Abschätzung in Anlehnung an die Zielwerte des KWP



Legende

- Absolutes Halteverbot
- - - Eingeschränktes Halteverbot
- Parken, bewirtschaftet (Bewohnerparken oder mit Parkschein)
- P Parkplatz, bewirtschaftet (mit Parkschein)
- P Parkhaus, bewirtschaftet (mit Parkschein)
- ⚡ Elektro-Ladeinfrastruktur



maßstabslos

**iQK Tübingen Derendingen
Bestandsanalyse**

Ruhender Kfz-Verkehr

Plan 3.1

Dezember 2021

STETE PLANUNG

Büro für Stadt- und Verkehrsplanung



Legende

- Führung TüBus-Linie 16
- Führung TüBus-Linie 3
- Führung TüBus-Linie 5
- H Haltestelle TüBus
- H Einzug Haltestelle (r=300m)
- H Haltestelle Schulbus
- Bahnhof "Tübingen Derendingen"

- 📍 Carsharing-Station
- 📍 Einzug Carsharing-Station (r=200m)

- Bewertung Situation an Haltestellen TüBus:**
 (S/S = beidseitig vorhanden, S/- Einseitig vorhanden, -/- nicht vorhanden)
- S/S Sitzmöglichkeiten
 - S/B Barrierefreiheit
 - D/D Überdachung



maßstabslos

iQK Tübingen Derendingen Bestandsanalyse

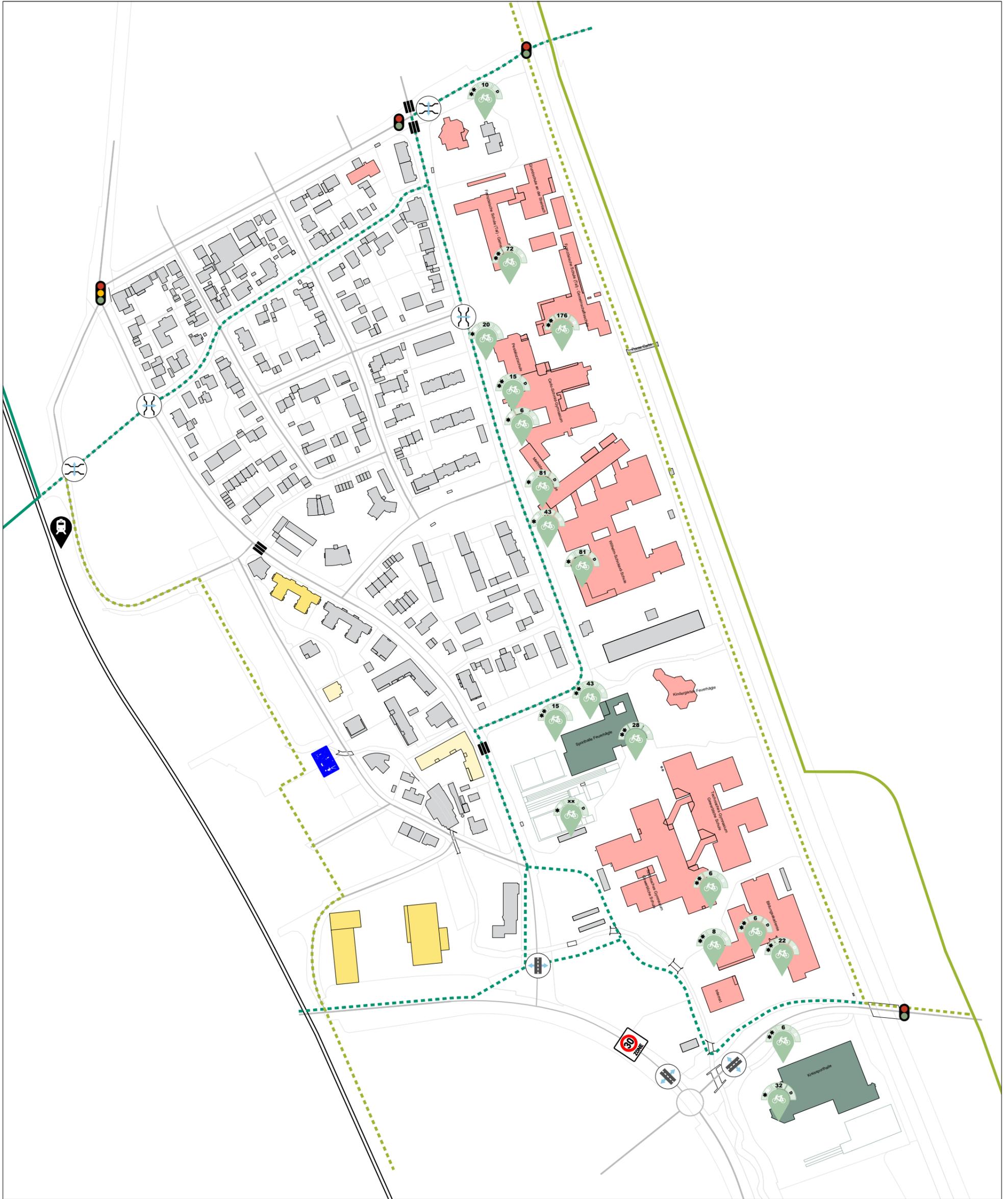
ÖPNV / Multimodale Mobilitätsangebote

Plan 3.2

Dezember 2021

STETE PLANUNG

Büro für Stadt- und Verkehrsplanung



Legende

-  Lichtsignalanlage (LSA)
-  Fußgängerschutzanlage (FSA)
-  Fußgängerüberweg (FSA)
-  Bauliche Querungshilfe / Unterführung
-  Radabstellanlage
-  Radhauptroute (RHR)
-  Radnebenroute (RNR)
-  RHR Stadtteilverbindingsspange Süd
-  RNR Stadtteilverbindingsspange Süd

Bewertung Situation an Haltestellen TüBus:

-  Qualität der Abstellanlage (* Felgenklemmer / ** Bügel, Beta-Parker)
-  Anzahl der Abstellplätze
-  Überdachung (D vorhanden / □ nicht vorhanden)

Nutzungen im Quartier

-  Nahversorgung
-  Gastronomie
-  Bildung / Erziehung
-  Sport Freizeit



**iQK Tübingen Derendingen
Bestandsanalyse**

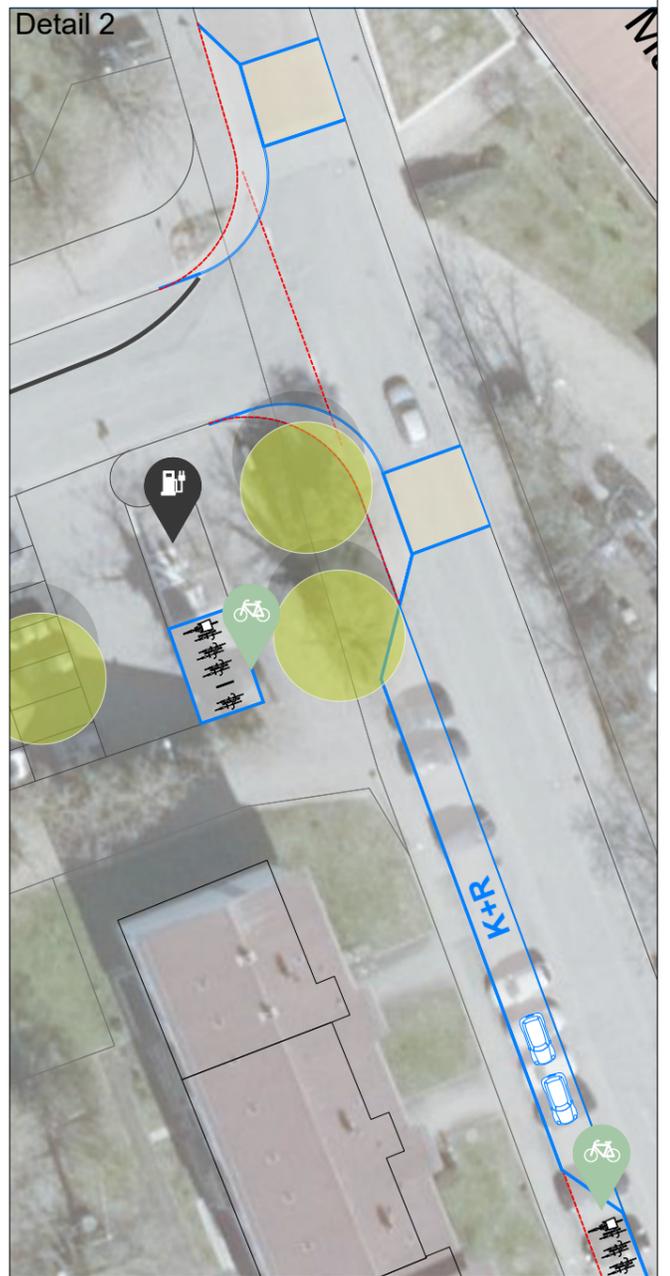
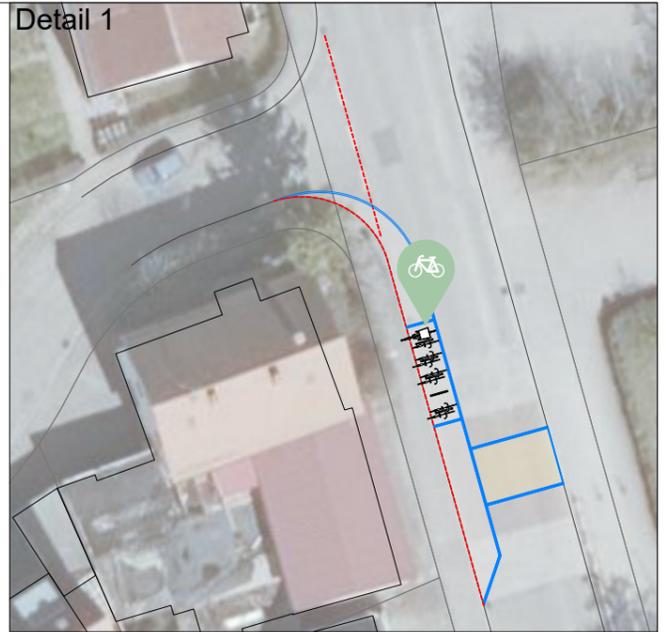
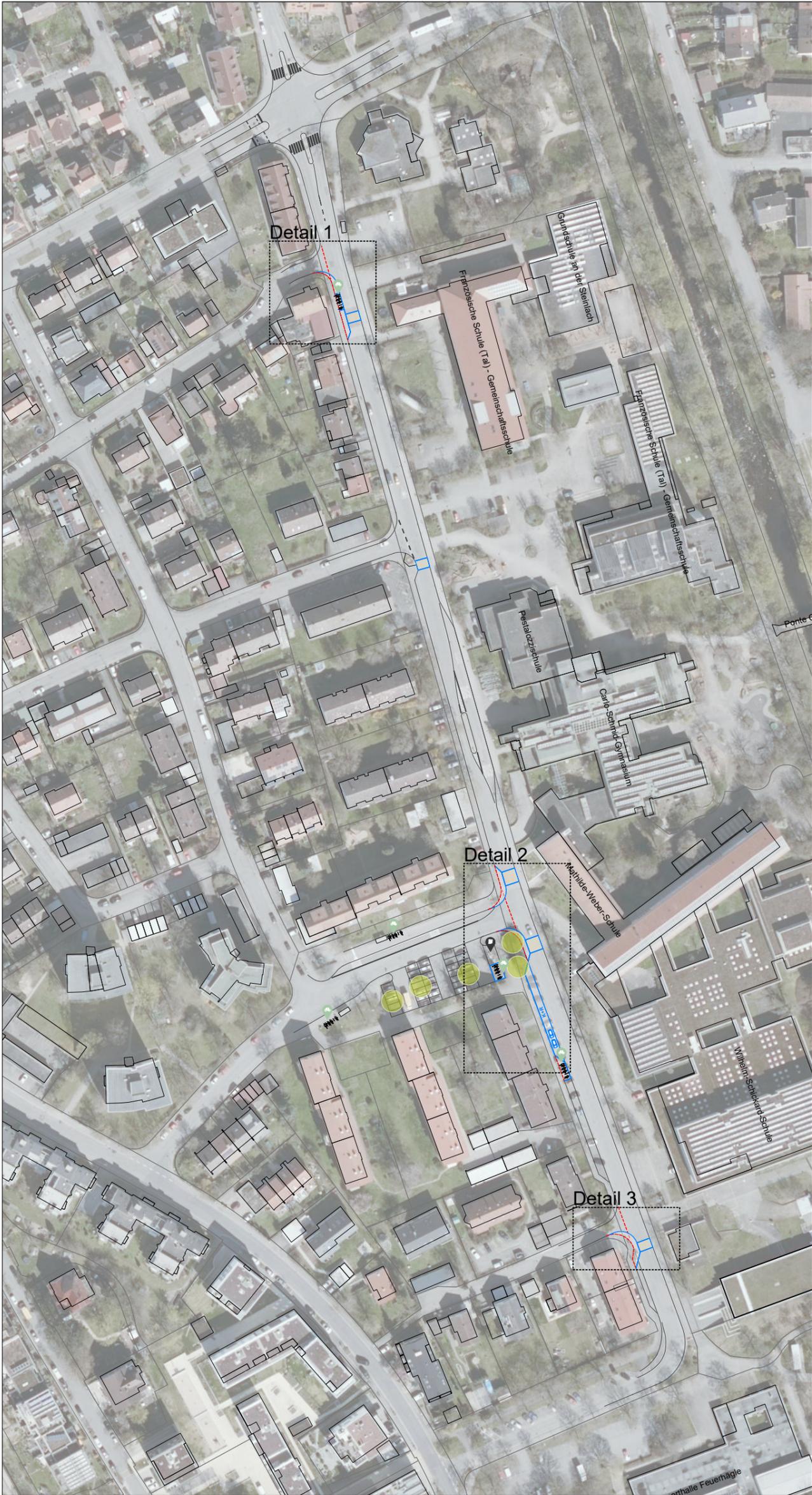
Fuß- und Radverkehr / Nutzungen

Plan 3.3

Dezember 2021

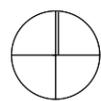
STETE PLANUNG

Büro für Stadt- und Verkehrsplanung



Legende

- Fahrbahn-/ Gehwegkante, Bestand
- Fahrbahn-/ Gehwegkante, Planung
- - - Fahrbahn-/ Gehwegkante, Fahrbahnmarkierung entfällt
- ☐ Querungsangebot Fußverkehr mit Einengung der Fahrbahn
- 🚲 Radabstellanlage
- 🚗 Carsharing-Station
- 🔌 Elektro-Ladeinfrastruktur
- K+R Kiss and Ride-Vorfahrt



maßstabslos

**iQK Tübingen Derendingen
Maßnahmenentwicklung**

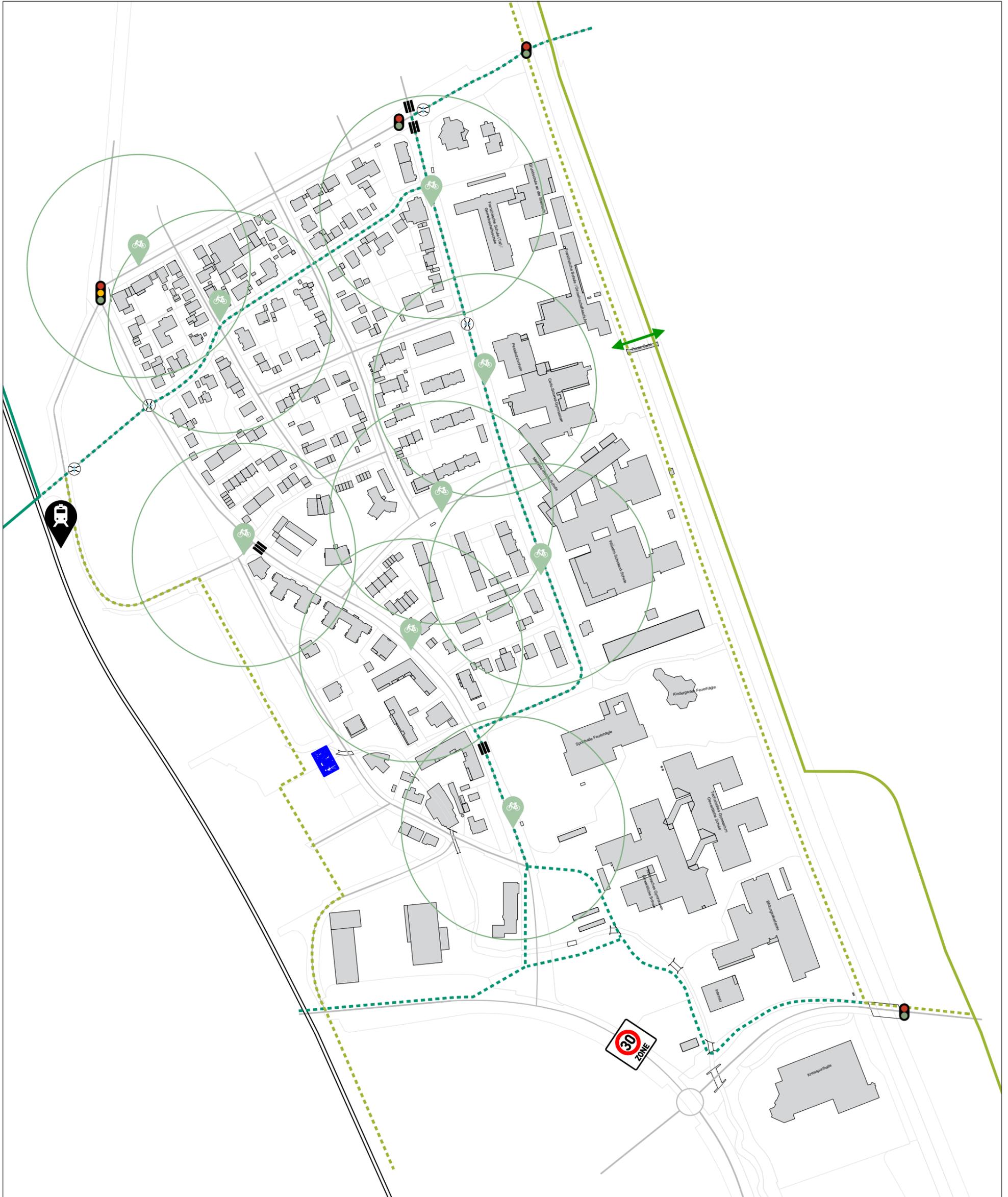
Untersuchung Primus-Truber-Straße

Plan 3.4

November 2022

STETE PLANUNG

Büro für Stadt- und Verkehrsplanung

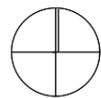


Legende

-  Lichtsignalanlage (LSA)
-  Fußgängerschutzanlage (FSA)
-  Fußgängerüberweg (FSA)
-  Bauliche Querungshilfe
-  Radhauptroute (RHR)
-  Radnebenroute (RNR)
-  RHR Stadtteilverbindingsspange Süd
-  RNR Stadtteilverbindingsspange Süd

Maßnahmen:

-  Einrichtung Radabstellanlage (öffentlicher Raum)
-  Einzug Radabstellanlage (r=100m)
-  Einrichtung Fahrradsteg



maßstabslos

**iQK Tübingen Derendingen
Maßnahmen**

Standortprüfung Radabstellanlagen

Plan 3.5

Dezember 2022

STETE PLANUNG

Büro für Stadt- und Verkehrsplanung