



# Zustandsbewertung der Fahrbahnen, Geh- und Radwege der Stadt Kirchheim unter Teck

Dr.-Ing. Marko Čičković

## Impressum

### **HELLER Ingenieurgesellschaft mbH**

Otto-Hesse-Straße 19/T9  
64293 Darmstadt

[www.heller-ig.com](http://www.heller-ig.com)

### **Dr.-Ing. Marko Čičković**

Tel.: +49 6151 66846-27  
Fax: +49 6151 66846-22  
E-Mail: [marko.cickovic@heller-ig.com](mailto:marko.cickovic@heller-ig.com)

im Auftrag der  
**Stadt Kirchheim unter Teck**

Marktstraße 14  
73230 Kirchheim unter Teck

© Copyright liegt bei HELLER Ingenieurgesellschaft mbH. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung der HELLER Ingenieurgesellschaft mbH unzulässig und strafbar.

26. April 2023, 1.0

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise</b> .....	<b>7</b>
2.1	Einleitung.....	7
2.2	Pilotstadtteil Lindorf .....	8
<b>3</b>	<b>Netzprüfung</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Verfügbarkeitsprüfung</b> .....	<b>13</b>
4.1	Vorgehen.....	13
4.2	Beispielsammlung .....	15
4.2.1	Irrelevante Geometrien.....	15
4.2.2	Nebenflächen (Park- und Busflächen) .....	16
4.2.3	Landwirtschaftliche Wege .....	19
4.2.4	Fahrbahnen und Radwege.....	20
4.2.5	Fahrbahnen und Gehwege .....	21
4.2.6	Radwege und Gehwege.....	21
<b>5</b>	<b>Sichtbarkeitsprüfung</b> .....	<b>24</b>
5.1	Einleitung.....	24
5.2	Definition von Sichtbarkeitsflags .....	24
5.3	Betrachtung der Sichtbarkeit für das Gesamtnetz .....	25
5.4	Beispielsammlung .....	25
5.4.1	Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 11 .....	26
5.4.2	Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 21 .....	27
5.4.3	Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 99 .....	28
<b>6</b>	<b>Bestimmung der Befestigungsart</b> .....	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Bestimmung der Breite</b> .....	<b>31</b>
7.1	Vorgehen.....	31
7.2	Beispielsammlung .....	31
<b>8</b>	<b>Definition von zustandshomogenen Abschnitten</b> .....	<b>34</b>
8.1	Vorgehen.....	34



<b>8.2</b>	<b>Beispielsammlung .....</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Zusätzliche messtechnische Erfassungen mittels E-Scooter .....</b>	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>Qualitative Zustandsbewertung auf Grundlage der Befahrungsbilder</b>	<b>40</b>
<b>10.1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>40</b>
<b>10.2</b>	<b>Erforderlicher Substanzerhalt.....</b>	<b>40</b>
10.2.1	Definitionen.....	40
10.2.2	Beispielsammlung .....	43
<b>10.3</b>	<b>Befahrbarkeit .....</b>	<b>48</b>
10.3.1	Definitionen.....	48
10.3.2	Beispielsammlung .....	51
<b>11</b>	<b>Bestimmung des rückständigen Erhaltungsbedarfs .....</b>	<b>57</b>
<b>11.1</b>	<b>Vorgehen.....</b>	<b>57</b>
<b>11.2</b>	<b>Monetarisierung .....</b>	<b>57</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>59</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>62</b>

## 1 Aufgabenstellung

Im gegenständlichen Schlussbericht werden die Grundlagen und die Ergebnisse der 2022 durchgeführten visuellen Zustandsbewertung der Fahrbahnen, Geh- und Radwege der Stadt Kirchheim unter Teck beschrieben.

Die Bewertung der einzelnen Verkehrsflächenbefestigungen erfolgt anhand hochauflösender Streckenbilder, die durch die Cyclomedia Deutschland GmbH in einem vorausgegangenen Projekt erfasst und der HELLER Ingenieurgesellschaft mbH zur Verfügung gestellt wurden.

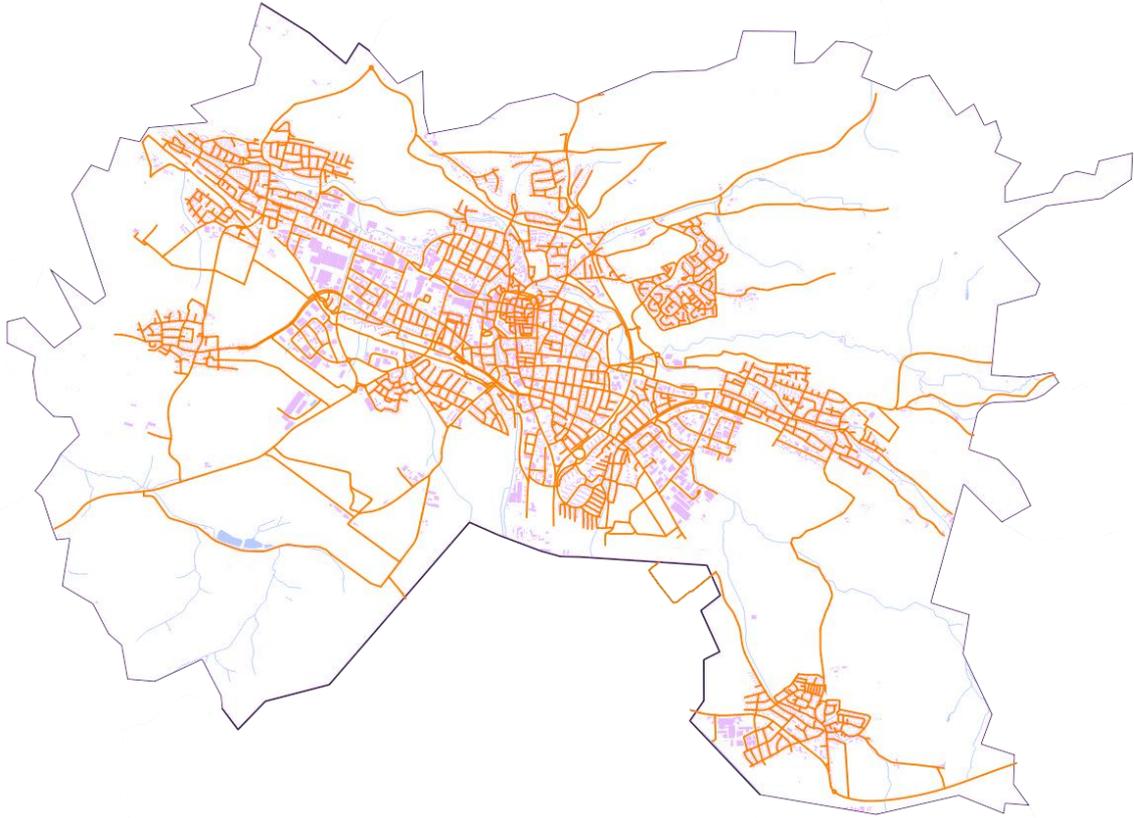
Die Zustandsbewertung bildet die Grundlage für die Ermittlung des rückständigen Erhaltungsbedarfs und der Befahrbarkeit des Straßennetzes. Darüber hinaus sind die Ergebnisse eine wichtige Basis für die zukünftige Planung und Priorisierung von Maßnahmen zur Erhaltung und Unterhaltung des Straßennetzes.

Grundlage für die Auswertung und Bewertung waren Streckenbilder (360°-Kamera), die von der Cyclomedia Deutschland GmbH (im Folgenden Cyclomedia genannt) in einem eigenen Projekt aufgenommen wurden. Die Bilder wurden als Online-Dienst zur Verfügung gestellt.

Die Auswertung erfolgte sowohl qualitativ als auch quantitativ. Die Ergebnisse der Auswertung wurden sowohl statistisch als auch kartographisch ausgewertet und visualisiert. Die Bewertungsergebnisse wurden den zu bewertenden Geometrien (Fahrbahn, Geh- und Radweg) zugeordnet.

Der vorliegende Bericht beschreibt, wie die Auswertung im Einzelnen durchgeführt wurde und welche Schritte dafür erforderlich waren (Aufbereitung der Daten, Erstellung der Auswertungsschnitte).

**Hinweis:** In diesem Dokument sind an vielen Stellen Screenshots des Online-Systems StreetSmart von Cyclomedia abgebildet. Die Bilder zeigen ausschließlich Beispiele aus der Stadt Kirchheim unter Teck.



**Bild 1** Befahrungsnetz in Kirchheim unter Teck

## 2 Vorgehensweise

### 2.1 Einleitung

Das vorliegende Projekt umfasst insgesamt drei verschiedene, aufeinander aufbauende Hauptaufgaben. Diese sind im Einzelnen:

- Verfügbarkeits- und Sichtbarkeitsprüfung
- Bildung von zustandshomogenen Abschnitten
- Qualitative Einschätzung des Zustandes auf der Basis von Bildern
- Ermittlung des rückständigen Instandhaltungsbedarfs

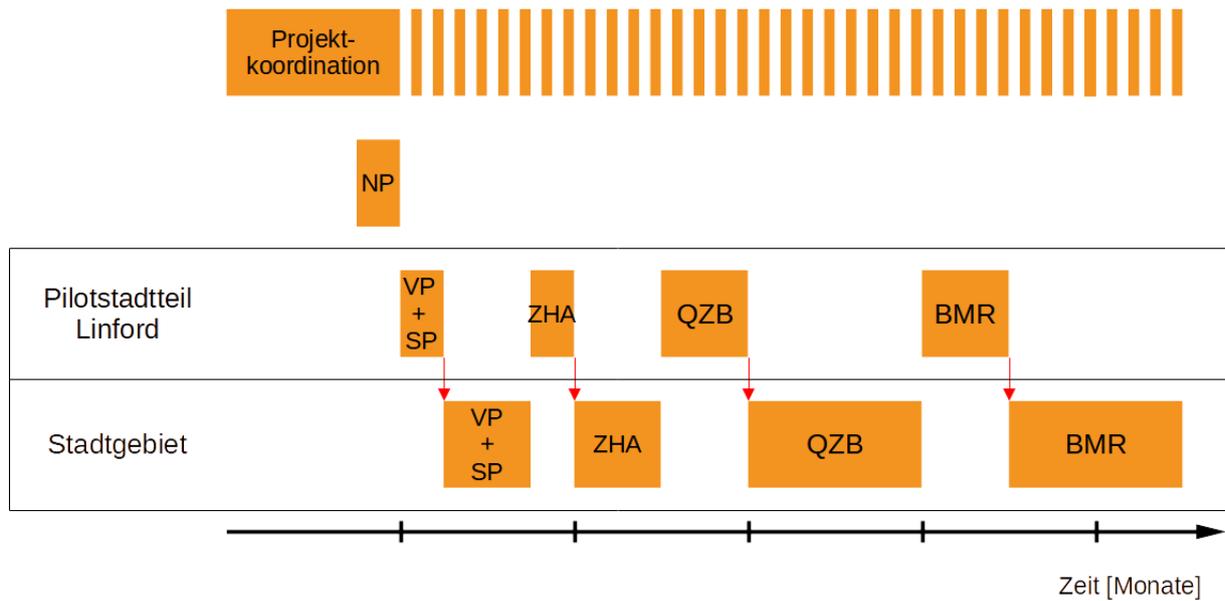
Die Eingangsdaten wurden vom Auftraggeber (AG) geliefert. Zunächst wurde das Straßennetz benötigt. Dabei war es äußerst wichtig, die Geh- und Radwege mit dem Straßennetz in Beziehung zu setzen. Darüber hinaus müssen die Daten eine eindeutige Identifizierung aller relevanten Abschnitte ermöglichen und geeignet sein, für die spätere statistische Auswertung entsprechende Filter (z.B. auf Stadtteile) zu setzen. Hierfür stellte der AG ein GIS-fähiges Knoten-Kanten-Modell zur Verfügung, welches die Grundlage für die weitere Bearbeitung war. Zudem wurde das Befahrungsnetz von Cyclomedia zur Verfügung gestellt, welches auch für weitere Prüfungen (Vollständigkeit, etc.) verwendet wurde. Darüber hinaus wurde ein WMS mit digitalen Orthofotos bereitgestellt, das ebenfalls eine Weiterverarbeitung ermöglichte.

Für die o.g. Kernaufgaben des vorliegenden Projektes wurden die von Cyclomedia aufgenommenen Vermessungsbilder benötigt. Der Auftraggeber stellte dabei sicher, dass diese Bilder verfügbar sind und verwendet werden können. In diesem Fall sind die Bilder der Fahrten nicht Eigentum des Auftraggebers, sondern Eigentum von Cyclomedia. Daher wurden diese für eine begrenzte Nutzungsdauer zur Verfügung gestellt. Dieser betrug derzeit fünf Monate (nach Auslösung). Die Triggerung erfolgte am 11. April und die bereitgestellte Lizenz ist bis zum 10. September gültig.

Weitere Inputdaten sind die Hintergrundebenen für die PDF-Karten mit den Zustandswerten, die im Rahmen des Projekts erstellt wurden.

Bild 2 zeigt den Projektablauf und die einzelnen Arbeitspakete (AP) für das Gesamtprojekt. Dabei ist zu beachten, dass das gesamte Projekt ein iterativer Prozess ist und daher ein hoher Abstimmungsbedarf zwischen HELLER und der Stadt Kirchheim unter Teck besteht.

Aus Bild 2 wird ersichtlich, dass ein zweistufiges Verfahren angewandt wird, d.h. jeder Arbeitsschritt wird zunächst auf einem „Testgebiet“ anhand eines Pilotstadtteils durchgeführt. Weitere Einzelheiten zur Wahl des Pilotstadtteils werden in Abschnitt 2.2 erläutert. Nach jedem Testschritt wurde das Ergebnis dem AG zur erneuten Prüfung und Abnahme vorgelegt, und nach erfolgreicher Abnahme konnte dann die netzweite Anwendung gestartet werden.



NP	Netzprüfung	ZHA	Definition von zustandshomogenen Abschnitten
VP	Verfügbarkeitsprüfung	QZB	Qualitative Zustandsbewertung auf Grundlage der Befahrungsbilder
SP	Sichtbarkeitsprüfung	BMR	Bestimmung des rückständigen Erhaltungsbedarfs
		↓	Abstimmung mit der Stadt Kirchheim unter Teck

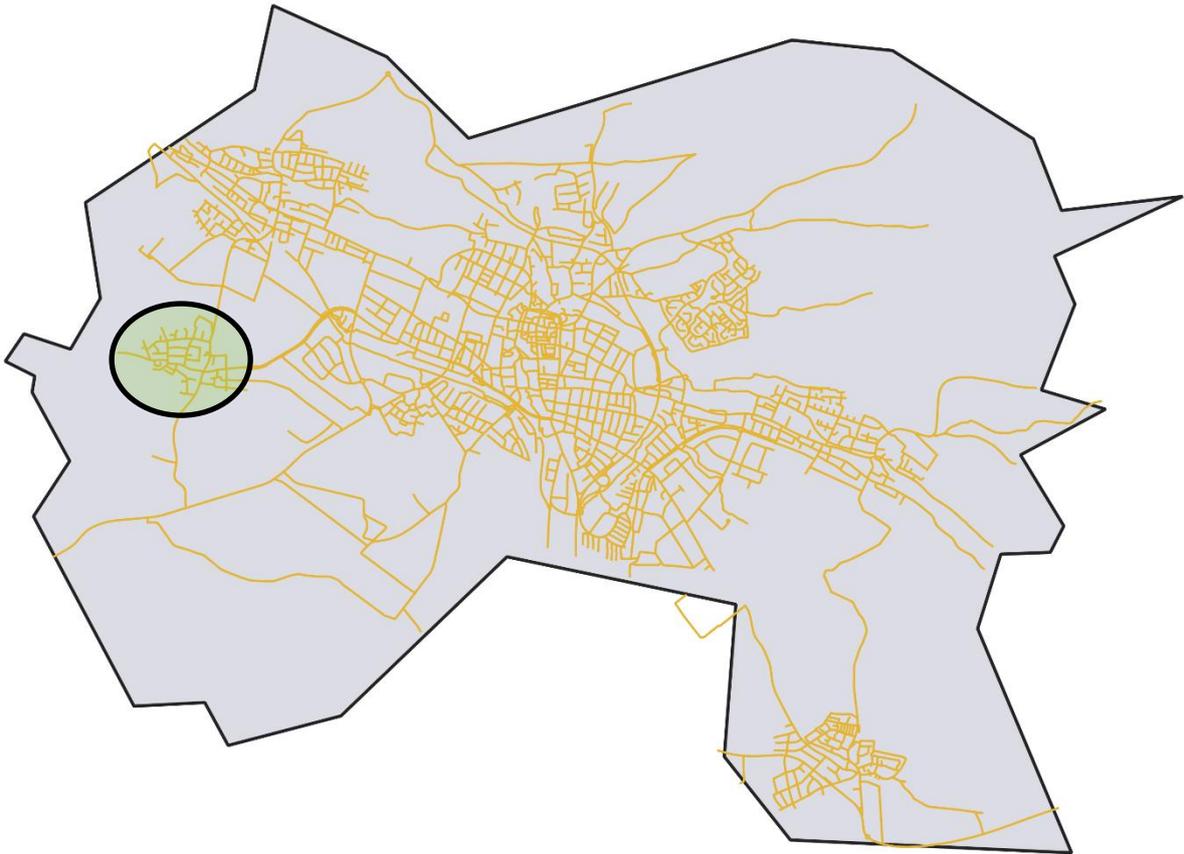
**Bild 2** Projektablaufplan

Abschließend wurden einige Netzabschnitte zusätzlich selbst befahren, um Aufnahmen von nicht einsehbaren oder schwer bewertbaren Abschnitten zu erhalten. Hierzu wurde ein E-Scooter mit drei GoPro-Kameras bestückt, um Videoaufnahmen von der Befahrung zu machen.

## 2.2 Pilotstadtteil Lindorf

Das gesamte Verfahren wurde abschnittsweise für einen Pilotbereich durchgeführt. Ausgewählt wurde der Ortsteil Lindorf, der im Westen der Stadt Kirchheim unter Teck liegt (siehe Bild 3). Der Grund dafür war die isolierte Lage (nur wenige Zufahrtsstraßen) und die überschaubare Netzlänge. Aus Bild 4 wird die Gesamtmenge an befahrenen Kanten in Lindorf ersichtlich.

Es wurden zunächst alle Bearbeitungsschritte für den Pilotstadtteil Lindorf durchgeführt. Dies betrifft die Verfügbarkeits- und Sichtbarkeitsprüfung, die Bildung von zustandshomogenen Abschnitten und die Zustandsbewertung.



**Bild 3** Lage des Pilotstadtteils Lindorf



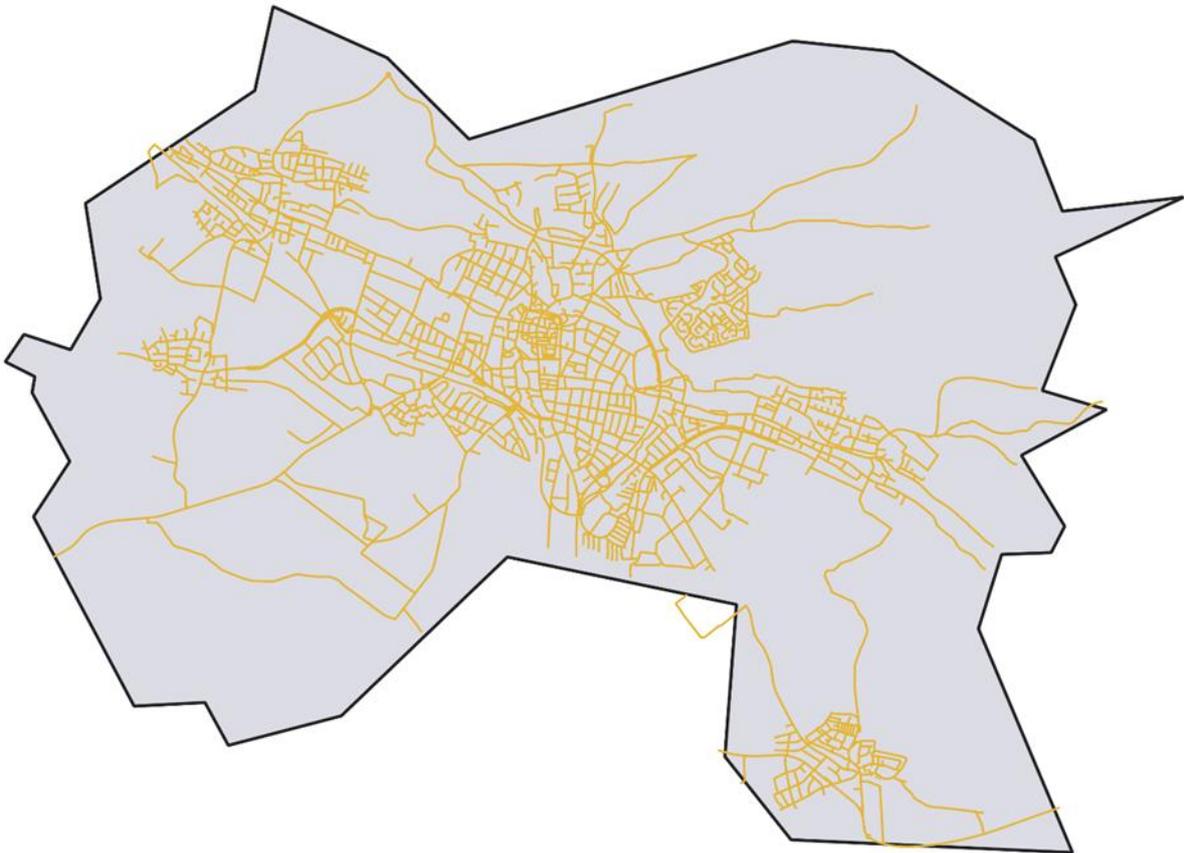
**Bild 4** Befahrungspunkte im Pilotstadtteil Lindorf

### 3 Netzprüfung

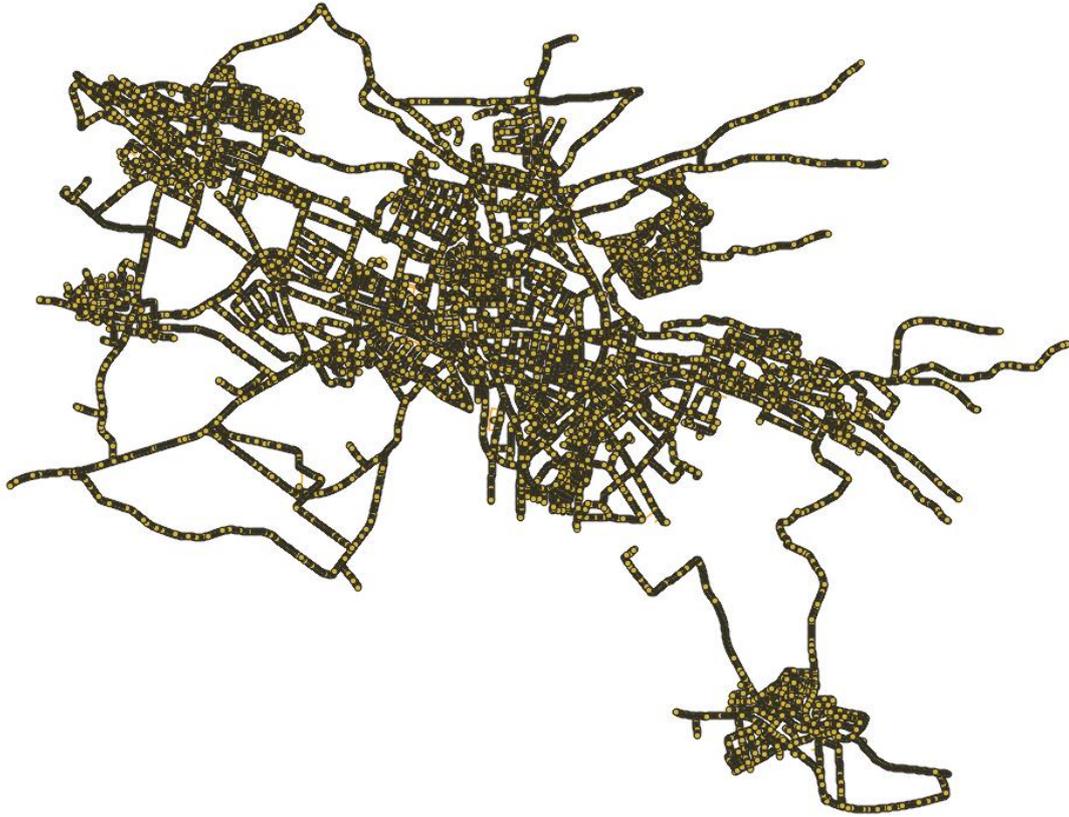
Das Modell für das Straßennetz der Stadt Kirchheim unter Teck wurde am 07. März 2022 per Mail zur Verfügung gestellt (siehe Bild 5). Es war zu prüfen, ob dieses Modell den Anforderungen entspricht und ob eine Weiterarbeit auf der Grundlage dieses Modells möglich ist. Außerdem wurden die Aufzeichnungspunkte der Cyclomedia-Befahrung geliefert (siehe Bild 6). Auch hier erfolgte eine Vollständigkeitsprüfung.

Am 21. April 2022 stellte der AG ein weiteres Netzmodell zur Verfügung, für das weitere Verfahren sollte jedoch das ursprünglich übermittelte Netz verwendet werden, da dieses die Grundlage für die Befahrung von Cyclomedia war.

Um die folgenden Arbeitsschritte zu vereinfachen, waren digitale Orthophotos in Form eines WMS vorteilhaft. Leider gibt es für das Bundesland Baden-Württemberg keinen öffentlich zugänglichen WMS-Dienst, jedoch konnte der AG ein nutzbares WMS zur Verfügung stellen. Dies WMS erfolgte auch am 21. April 2022 (siehe Bild 7).



**Bild 5** Straßennetzmodell der Stadt Kirchheim unter Teck



**Bild 6** Befahrungspunkte für das gesamte Stadtgebiet



**Bild 7** WMS der Stadt Kirchheim unter Teck

Für die Bearbeitung des Projekts wurde hauptsächlich QGIS zur Bearbeitung der notwendigen Schritte eingesetzt. Zu diesem Zweck wurde im Laufe des Projekts eine Liste von Attributen definiert, die relevant sind. Diese ergeben sich aus der Aufgabenstellung und sind die folgenden:

- Art des Infrastrukturelements
- Lage (nur für Radweg und Gehweg)
- Sichtbarkeitsflag
- Art der Befestigung
- Breite

Näheres zu den einzelnen Attributen und deren finale Ausprägung können in den einzelnen Unterschnitten nachgelesen werden. Sobald die zustandshomogenen Abschnitte definiert sind, können Informationen über den Zustand der gegebenen Befestigung attribuiert werden (Erhaltungsbedarf und Befahrbarkeit).

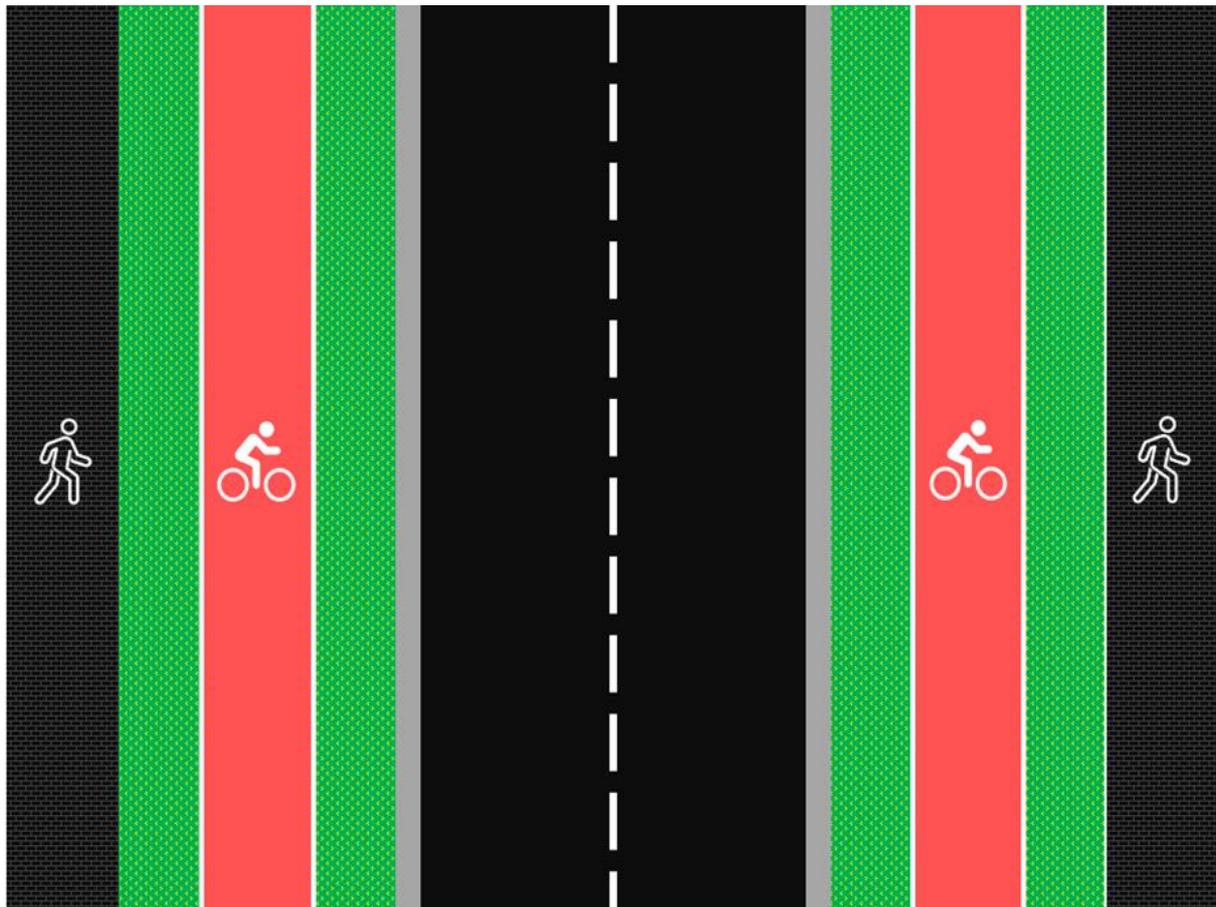
## 4 Verfügbarkeitprüfung

### 4.1 Vorgehen

Kernbestandteil der visuellen Bewertung ist die Einstufung des erforderlichen Erhaltungsbedarfs. Diese Einstufung ist grundsätzlich sowohl für die Fahrbahn als auch für selbstständige Geh- und Radwege vorzunehmen. In einem ersten Schritt ist daher zu prüfen, inwieweit die befahrene Fahrbahn über weitere zu bewertende Infrastrukturelemente verfügt:

- Die Geometrie wird in fünf verschiedene und unabhängige Achsen unterteilt: Gehweg (auf beiden Seiten der Fahrbahn), Radweg (auf beiden Seiten der Fahrbahn), Fahrbahn. Das System ist in Bild 8 dargestellt.
- Die Frage nach dem Vorhandensein von Geh- und Radwegen, für die eine gesonderte Zustandsbewertung vorzunehmen ist, richtet sich danach, ob sie eigenständige Infrastrukturelemente darstellen oder nicht.
- Es ist zu beachten, dass es mehrere Richtungsfahrbahnen geben kann, die baulich voneinander getrennt sind. In diesen Fällen müssen zwei unabhängige Fahrbahngeometrien modelliert werden.

Es ist auch möglich, dass es sich bei der von Cyclomedia untersuchten Strecke nicht um eine Fahrbahn, sondern um einen Geh- oder Radweg handelt. In diesem Fall muss die Strecke als solche modelliert werden.



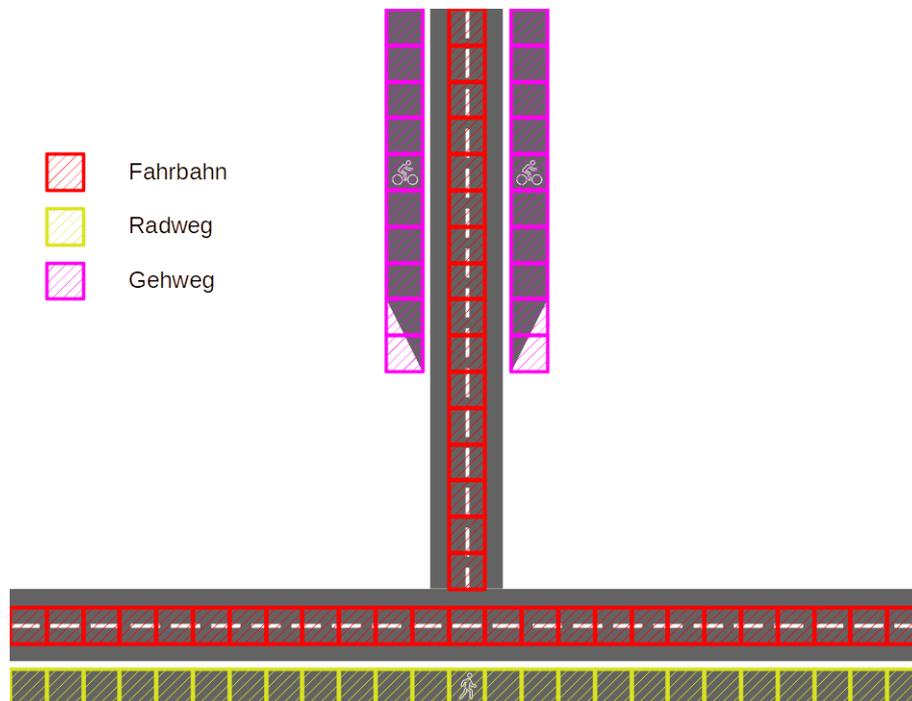
**Bild 8** Mögliche Aufteilung in unterschiedliche, voneinander unabhängige Infrastrukturelemente entlang der Fahrbahn

Beim Verfahren zur Prüfung der Verfügbarkeit wurde die Geometrie der Fahrbahn kopiert, parallel zur Fahrbahn verschoben und in einzelne 10-m-Segmente unterteilt, die dann den Prüfungsvorgang unterliefen, ob das entsprechende Infrastrukturelement hier tatsächlich vorhanden ist oder nicht (siehe Bild 9). Dabei kann es Sonderfälle geben, wie beispielsweise kombinierte Geh- und Radwege. Solche Einzelfälle wurden im Laufe des Projekts mit dem AG besprochen und mündeten in einen Beispielkatalog. Dieser kann in Abschnitt 4.2 nachgelesen werden.

Wie bereits erläutert, wurden Geh- und Radwege nur dann als separate (unabhängige) Infrastrukturelemente betrachtet, wenn keine physische Verbindung zur Fahrbahn besteht. Das Gleiche gilt für die Unterscheidung, ob der jeweilige Gehweg unabhängig von dem vorhandenen Radweg ist (wenn beide gleichzeitig vorhanden sind).

Bei der Attribution der Geh- und Radwege wird zudem noch zwischen der Lage unterschieden. Dabei können folgende Ausprägungen auftreten:

- L
- R



**Bild 9** Prinzipskizze zur Verfügbarkeitsprüfung



**Bild 10** Umsetzung der Verfügbarkeitsprüfung in QGIS

## 4.2 Beispielsammlung

### 4.2.1 Irrelevante Geometrien



**Bild 11** Beispiel für eine irrelevante Geometrie (keine Straßenbaulast)

Der Zustand wurde nur Fahrbahnen, Geh- und Radwege, die sich in der Baulast der Stadt Kirchheim unter Teck befinden, ausgewertet. Nachfolgende Beispiele für Bereiche die nicht ausgewertet wurden.



**Bild 12** Beispiel für eine irrelevante Geometrie (keine Straßenbaulast)

Dieser Gehweg an der Tankstelle ist nicht Bestandteil der Straßenbaulast der Stadt Kirchheim unter Teck und wurde daher bei allen weiteren Arbeitsschritten ignoriert werden.

#### 4.2.2 Nebenflächen (Park- und Busflächen)

Generell sind Busspuren in die Geometrie der Fahrbahn zu integrieren. Es ist davon auszugehen, dass die Haltestellen des öffentlichen Verkehrs keine separaten Buchten haben, sondern ein Fahrstreifen für diesen Zweck genutzt wird. Haltestellenbuchten sind ebenfalls in die Bewertung einzu beziehen.



**Bild 13** Busspur neben der Fahrbahn am ZOB

Die Fahrbahn ist im obigen Fall durch eine gepflasterte Rinne von der Busspur getrennt. Dennoch wird hier die Busspur der Fahrbahn zugeordnet.



**Bild 14** Busspur neben der Fahrbahn

Die Busspur rechts der Fahrbahn ist als zweiter Fahrstreifen und damit zusammen mit dem linken Fahrstreifen als Infrastrukturelement zu betrachten. Darüber hinaus ist hier die bauliche Trennung zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen vorzunehmen, so dass jede Fahrbahn ein eigenes Infrastrukturelement darstellt.

Bei Parkflächen neben der Fahrbahn ist zu unterscheiden, ob sie auch vom fließenden Verkehr genutzt werden oder nicht. Grundsätzlich sollten diese Flächen, die direkt neben der Fahrbahn verlaufen, gekennzeichnet werden. Es wurde ein Punkte-Layer hinzugefügt, in welchem größere Parkflächen gekennzeichnet wurden (siehe Bild 16 und Bild 17).



**Bild 15** Parkbucht neben der Fahrbahn

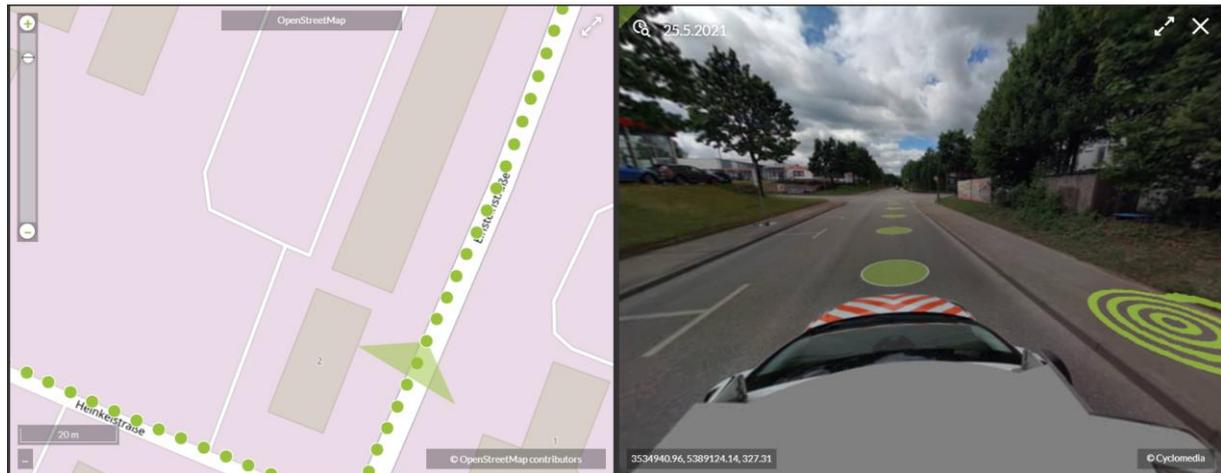
Die Parkflächen rechts der Fahrbahn stellen Nebenflächen dar und sind in diesem Fall vorerst zu ignorieren und zu kennzeichnen, damit dieser Fall mit dem Kunden besprochen werden kann.



**Bild 16** Parkflächen im Stadtgebiet



**Bild 17** Parkfläche inkl. zugehörigem Befahrungsbild



**Bild 18** Parkflächen auf der Fahrbahn

Die Parkplätze auf der linken Seite sind wie ein Radweg auf der Fahrbahn zu behandeln und daher in die Fahrbahnbewertung einzubeziehen.

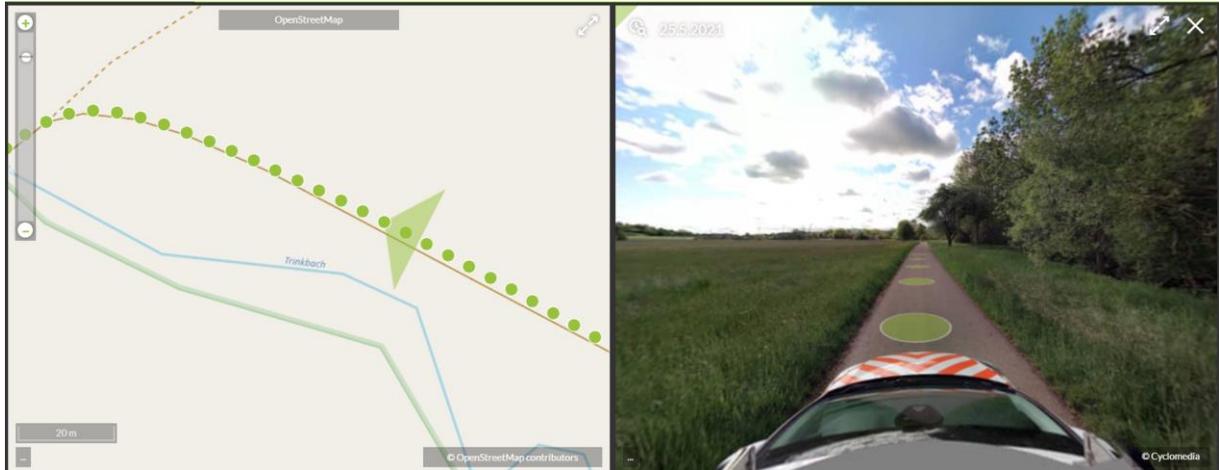
#### 4.2.3 Landwirtschaftliche Wege

Im gesamten Gebiet von Kirchheim unter Teck wurden auch landwirtschaftliche Wege erfasst. Für die Klassifizierung des jeweiligen Abschnitts ist die Frage zu stellen, inwieweit er vom motorisierten Verkehr genutzt werden kann. So sind beispielsweise unbefestigte Wirtschaftswege nicht für den motorisierten Verkehr geeignet und wurden daher als Radwege klassifiziert. In allen anderen Fällen wurden diese Wege als Fahrbahnen eingestuft.



**Bild 19** Unbefestigter landwirtschaftlicher Weg

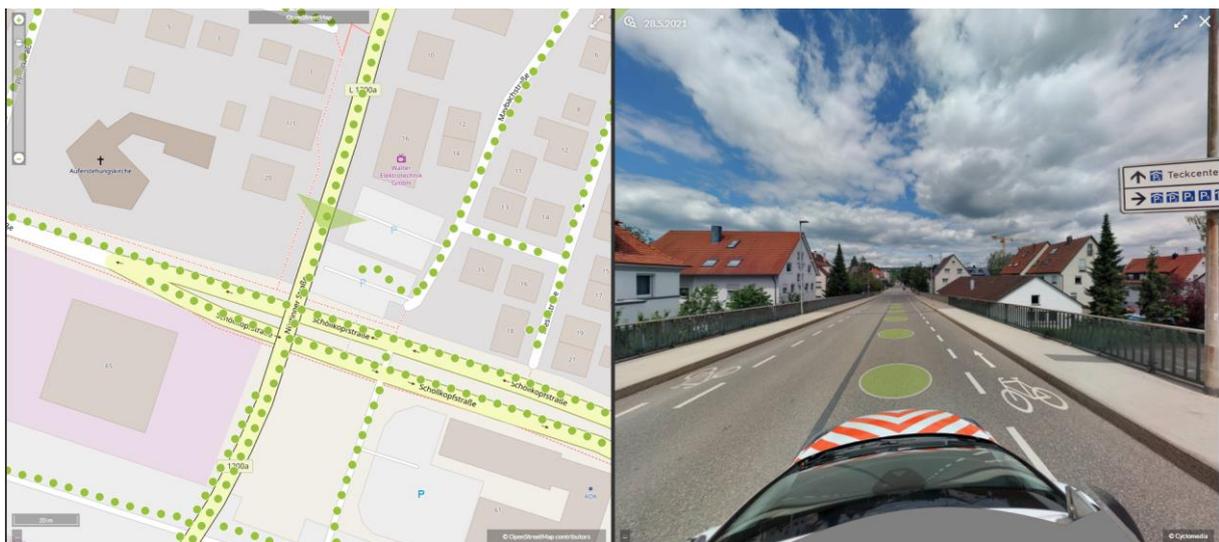
Dieser unbefestigte Weg ist nicht für den Kraftfahrzeugverkehr geeignet und bestimmt und daher als Radweg einzustufen.



**Bild 20** Befestigter landwirtschaftlicher Weg

Dieser landwirtschaftliche Weg wird zwar vom Fahrrad- und Fußgängerverkehr genutzt, dient aber auch dem Kraftfahrzeugverkehr und wurde daher als Fahrbahn eingestuft.

#### 4.2.4 Fahrbahnen und Radwege



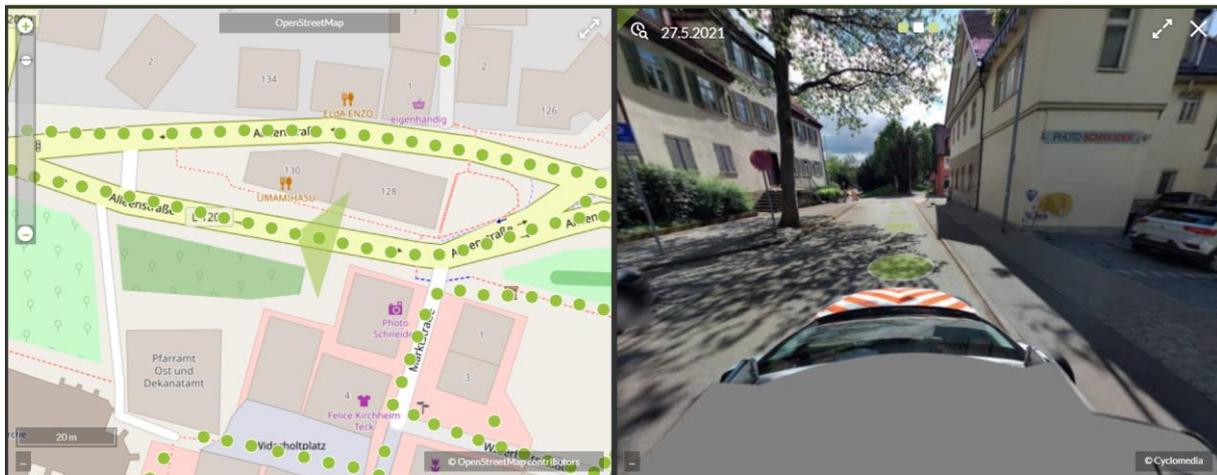
**Bild 21** Führung des Radverkehrs als Radspur auf der Fahrbahn

Hier wird der Radverkehr auf der Fahrbahn mittels Radfahrstreifen geführt und stellt kein eigenständiges Infrastrukturelement dar. Daher ist hier kein Radweg zuzurechnen, sondern der Radweg ist vollständig von der Fahrbahn überdeckt.



**Bild 22** Umgang mit Verkehrsinseln

Die hier vorhandene Verkehrsinsel stellt keine dauerhafte bauliche Trennung zwischen zwei Fahrspuren dar. Die Fahrbahn ist daher durchgängig als Infrastrukturelement zu werten.



**Bild 23** Dauerhafte Trennung zweier Fahrbahnen

Die Trennung der beiden Richtungsfahrbahnen durch Gebäude ist von längerer Natur. Daher sind die beiden Fahrspuren in diesem Bereich als eigenständige Infrastrukturelemente zu betrachten.

#### 4.2.5 Fahrbahnen und Gehwege

Eine Unterscheidung zwischen Gehwegen und Fahrbahnen findet nur in städtischen Gebieten oder auf landwirtschaftlichen Wegen statt. Es gilt die Regel, dass wenn eine motorisierte Nutzung erlaubt ist, der entsprechende Weg auch als Fahrbahn modelliert werden muss. Zweifelsfälle sind jedoch im Rahmen dieses Projekts nicht aufgetreten.

#### 4.2.6 Radwege und Gehwege

Bei der Unterscheidung zwischen Gehwegen und Radwegen sollten Gestaltungskriterien beachtet werden. Das Ziel dieses Projekts ist die Erhaltungsplanung, nicht die verkehrstechnische Analyse. Daher ist die vorhandene Bauweise entscheidend.



**Bild 24** Umgang mit kombinierten Geh- und Radwegen

Hier gibt es nur einen Gehweg, der von Radfahrern genutzt werden kann. Daher ist dieses Infrastrukturelement als Gehweg zu werten. Im Zweifelsfall ist der Beschilderung zu folgen, inwieweit diese Wege als Gehwege oder Radwege zu modellieren sind. Die Nutzung durch den motorisierten Verkehr ist in jedem Fall ausgeschlossen.



**Bild 25** Umgang mit getrennten Geh- und Radwegen bei unterschiedlicher Bauweise

In diesem Fall sollte die getrennte Führung von Geh- und Radweg bei der Verfügbarkeitsprüfung berücksichtigt werden. Dies wird aufgrund der unterschiedlichen Bauweisen relevant.



**Bild 26** Umgang mit getrennten Geh- und Radwegen bei unterschiedlicher Bauweise

In diesem Fall sollte die getrennte Führung von Geh- und Radweg in der Verfügbarkeitsprüfung berücksichtigt werden. Dies wird aufgrund der unterschiedlichen Bauweisen relevant, da unterschiedliche Pflastersteine verwendet wurden.



**Bild 27** Umgang mit getrennten Geh- und Radwegen bei gleicher Bauweise

In diesem Beispiel gibt es zwar auch eine getrennte Führung für den Radverkehr, aber die Bauweise ist die gleiche, so dass hier bei der Verfügbarkeitsprüfung die Kombination aus Geh- und Radweg vorgeschlagen wird.

## 5 Sichtbarkeitsprüfung

### 5.1 Einleitung

Wie in Abschnitt 3 beschrieben, stehen für das Netz nur Bilder von den Fahrbahnen zur Verfügung. Prinzipiell kann die Perspektive einen Einfluss auf die Qualität der Auswertung haben. Insbesondere, wenn nur Bilder aus der Fahrbahnperspektive für die Auswertung zur Verfügung stehen, ist es möglich, dass die Analyse des Zustandes der Geh- oder Radwege nur eingeschränkt oder gar nicht möglich ist. Die Information über die Einschränkungen bzw. die Unmöglichkeit der Auswertung muss entsprechend bereitgestellt werden. Aus diesem Grund wurden Sichtbarkeitsflags eingeführt, die als zusätzliche Information zur Verfügung stehen sollen. Sinnvoll können diese sein, wenn beispielsweise Nacherfassungen oder ähnliches geplant werden sollen.

Grundsätzlich können Einschränkungen in der Sichtbarkeit durch Distanz, Hindernisse, Schattenwurf oder Verschmutzung auftreten. All diese Faktoren wurden in Form von Sichtbarkeitsflags parametrisiert.

### 5.2 Definition von Sichtbarkeitsflags

Die möglichen Einträge sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Daten werden in der Ergebnistabelle gespeichert.

**Tabelle 1** Definition von Sichtbarkeitsflags

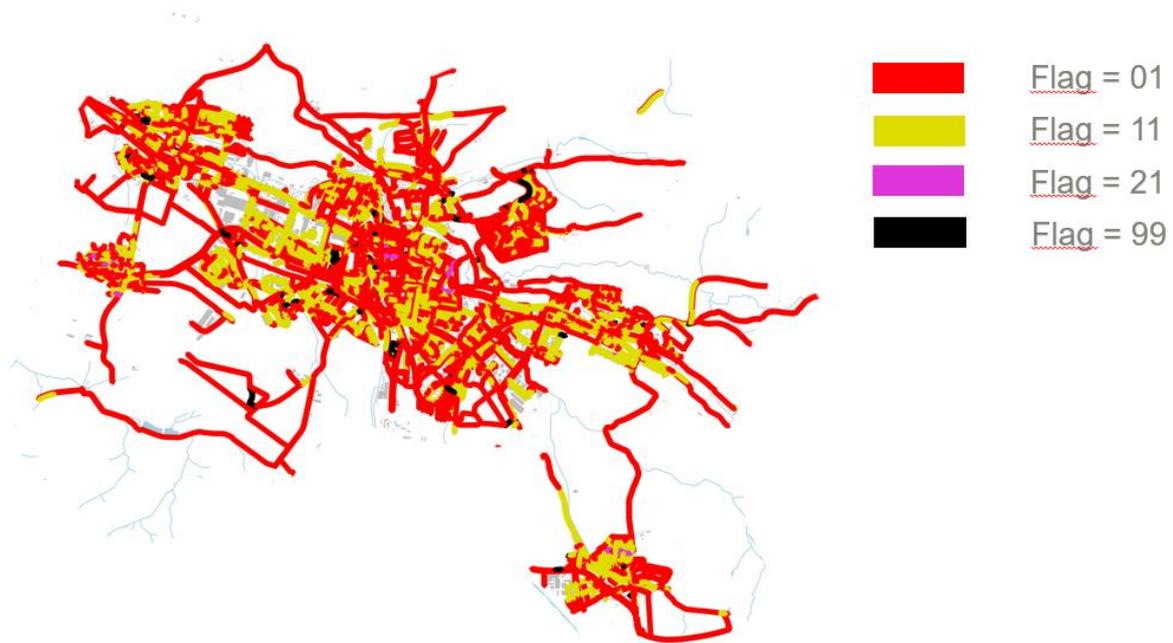
Flag	Beschreibung der Einschränkung	Bewertung
01	Die Qualität des Bildes ist gut, Geh- und Radwege sind vollständig sichtbar und es gibt keine weiteren relevanten Einschränkungen	Keine Einschränkung
11	Die Qualität des Bildes ist nur teilweise für die Auswertung nutzbar, aber überwiegend oder zumindest eingeschränkt nutzbar (z.B. Teilschatten), Geh- oder Radweg ist nur teilweise sichtbar	Partielle Einschränkung
21	Der Geh- oder Radweg ist weit vom Aufnahmeort des Verkehrsbildes entfernt oder die Sicht auf ihn ist durch parkende Autos oder Schatten vollständig versperrt	Auswertung nicht möglich
99	Keine Bilder vorhanden	Auswertung nicht möglich
00	(Noch) keine Auswertung durchgeführt	-

Bei der Abschätzung des Schadensausmaßes bei teilweise eingeschränkten Auswertungsmöglichkeiten wird die Abschätzung nur in Bezug auf die sichtbare Fläche vorgenommen. Wenn z.B. nur 60 % der Fläche des Abschnitts sichtbar sind und auf der Hälfte dieser Fläche Risse sichtbar sind, dann kann vorerst auch davon ausgegangen werden, dass sich das Rissbild im nicht sichtbaren Bereich der Straße ähnlich verhält.

### 5.3 Betrachtung der Sichtbarkeit für das Gesamtnetz

In Bild 28 ist die Verteilung der Flags im gesamten Befahrungsnetz dargestellt. Es fällt auf, dass es für den Großteil keine Sichtprobleme gab und nur einige wenige Abschnitte aufgrund unzureichender Sicht nicht bewertbar waren. Für das Gesamtnetz (bezogen auf die Streckenlänge) gilt folgende prozentuale Verteilung der Sichtbarkeitsflags:

- 01: 63,8 %
- 11: 34,6 %
- 21: 0,4 %
- 99: 1,2 %



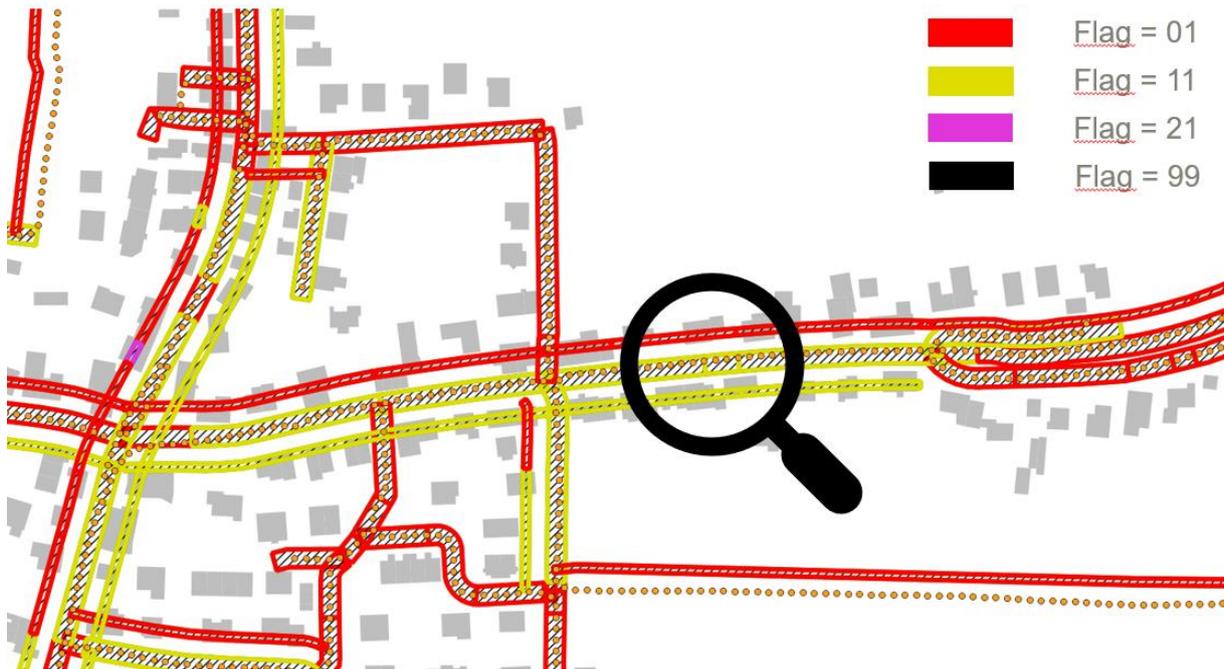
**Bild 28** Verteilung der Sichtbarkeitsflags im Gesamtnetz der Stadt Kirchheim unter Teck

Sichteinschränkungen wegen Verschmutzung oder Schattenwurf haben bei der Definition der Sichtbarkeit kaum eine Rolle gespielt. Es waren vornehmlich Sichthindernisse (z.B. parkende Fahrzeuge) oder eine zu große Distanz zwischen dem Befahrungsfahrzeug von Cyclomedia und dem zu untersuchenden Infrastrukturelement, die die Einordnung in Sichtbarkeitsflags bestimmt haben.

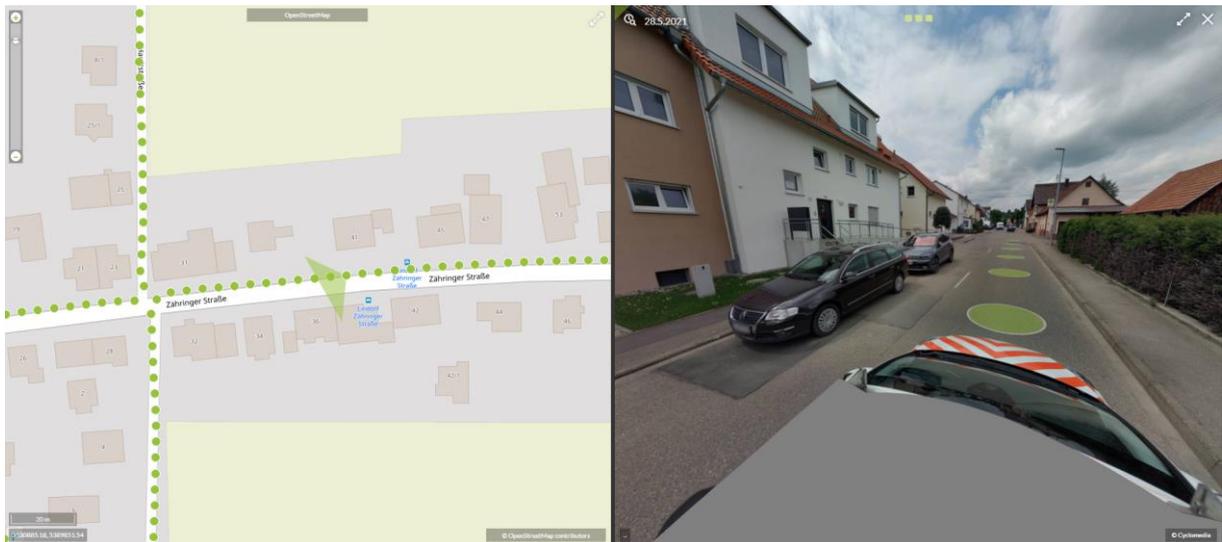
### 5.4 Beispielsammlung

Im Folgenden werden Beispiele aus dem Netz der Stadt Kirchheim unter Teck angeführt, die sich auf die in Tabelle 1 genannten Einschränkungen bei der Zustandsbewertung beziehen.

### 5.4.1 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 11



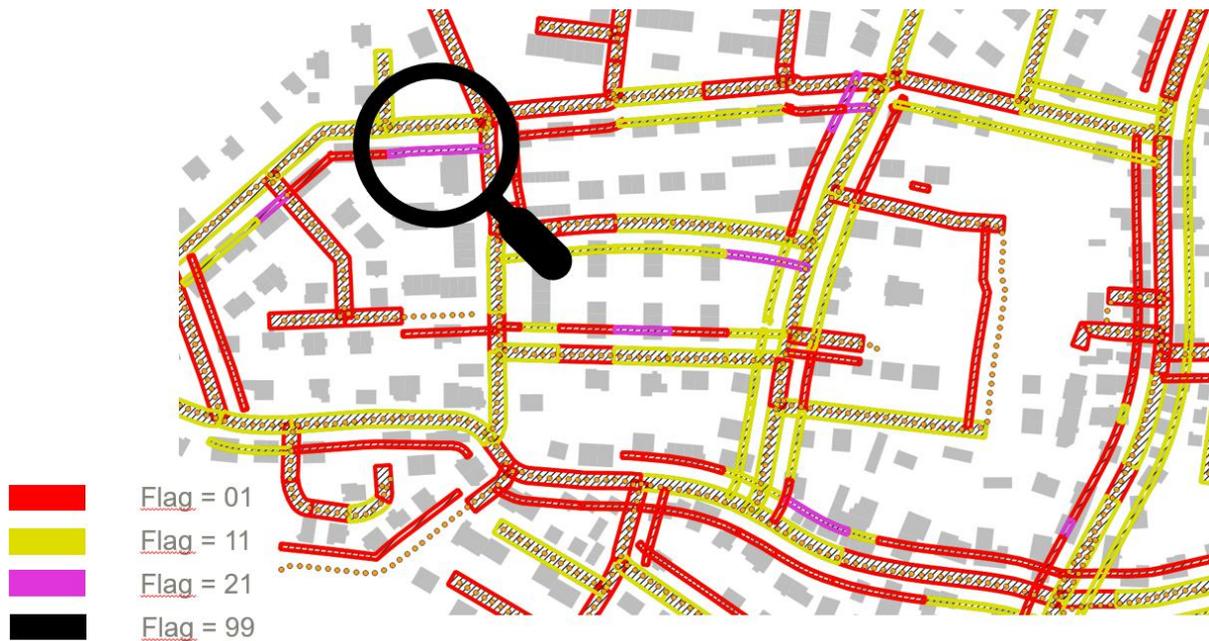
**Bild 29** Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 11 (Lageplan)



**Bild 30** Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 11 (Befahrungsbild)

Die parkenden Fahrzeuge auf der linken Seite der Fahrbahn behindern zwar teilweise die Sicht, jedoch ist genügend Restfläche vorhanden, um eine Bewertung des Zustands der Fahrbahn und des Gehwegs zu ermöglichen.

### 5.4.2 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 21



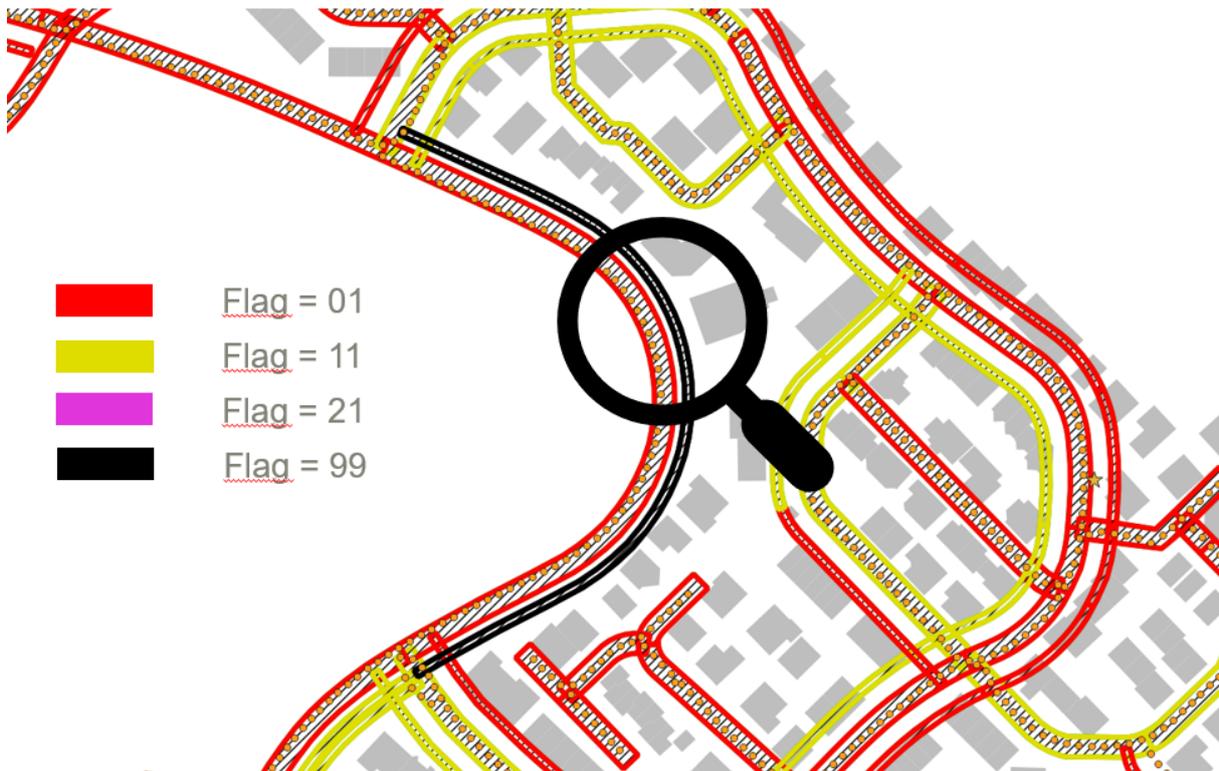
**Bild 31** Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 21 (Lageplan)



**Bild 32** Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 21 (Befahrungsbild)

Die parkenden Fahrzeuge in Kombination mit der Entfernung des Gehwegs zur Fahrbahn machen eine Bewertung des Zustands unmöglich. Eine Abschätzung des Typs der Befestigung ist zumindest möglich.

### 5.4.3 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 99



**Bild 33** Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 99 (Lageplan)



**Bild 34** Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 99 (Befahrungsbild)

Der hier relevante Geh- und/oder Radweg ist zwar prinzipiell erkennbar, allerdings ist die Distanz viel zu groß, sodass hier der Sichtbarkeitsflag auf 99 gesetzt wurde und das betrachtete Infrastrukturelement nicht befahren wurde.

## 6 Bestimmung der Befestigungsart

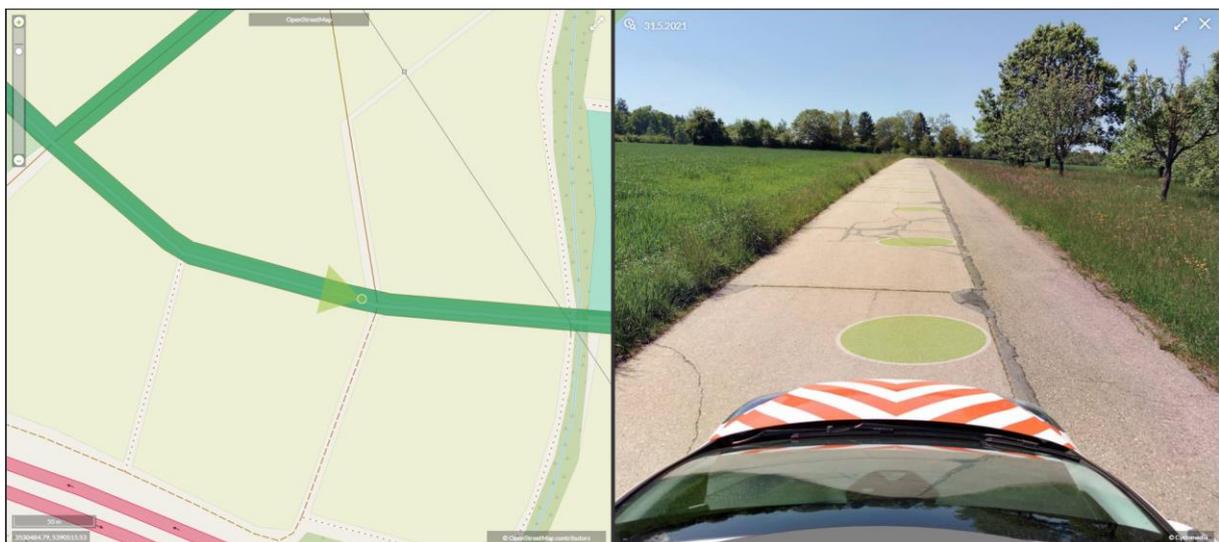
Bei der Bewertung und Beurteilung von Fahrbahn, Geh- und Radwegen wurden vier Arten von Befestigungen unterschieden:

- Asphalt
- Beton
- Pflaster
- Ungebundene Befestigungen

Im Zuge der Auswertung wird für jeden zustandshomogenen Abschnitt auch die Befestigungsart erfasst und in der Ergebnistabelle gespeichert. Sind in einem Bewertungsabschnitt mehrere Bauweisen vorhanden, ist die überwiegend verwendete Bauweise entscheidend. Ein Beispiel für einen solchen Fall ist in Bild 35 dargestellt. Kann die Bauweise nicht identifiziert werden, wird dies ebenfalls in der Ergebnistabelle vermerkt.

**Tabelle 2** Differenzierung hinsichtlich der Befestigungsart

Abkürzung	Befestigungsart
A	Asphalt
B	Beton
P	Pflaster
U	Ungebundene Befestigungen
X	Unbekannt



**Bild 35** Mehrdeutige Befestigungsarten

Dieser landwirtschaftliche Weg wird als Fahrbahn eingestuft. Die Frage nach der Befestigungsart ist nach der vorherrschenden Bauweise zu beantworten, d.h. hier ist die Betonbauweise maßgeblich. Für alle anderen Fälle ist ebenfalls nach der maßgeblichen Bauweise zu entscheiden - diese

wird nach den vorhandenen Flächenanteilen festgelegt. In nachstehendem Bild 36 ist zudem ein Ausschnitt aus QGIS beigefügt, der beispielhaft die Einteilung der Befestigungsarten im Stadtgebiet zeigen soll.



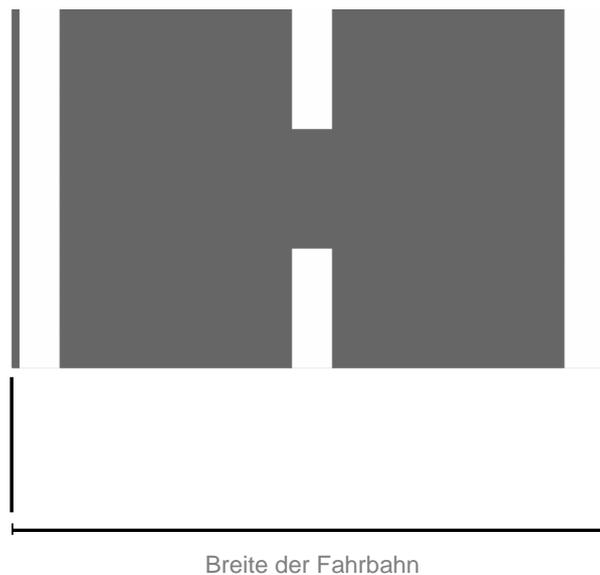
**Bild 36** Definition der Befestigungsarten

## 7 Bestimmung der Breite

### 7.1 Vorgehen

Die Breite wurde mit einem vereinfachten photogrammetrischen Verfahren bestimmt. Grundsätzlich soll die Breite aller vorhandenen Infrastrukturelemente erfasst werden. Da in diesem Projekt keine eigenen Bilddaten zur Verfügung stehen, sondern nur die Bilddaten von Cyclomedia, wurde die Ermittlung der Breite in dem dafür vorgesehenen Viewer (soweit möglich) durchgeführt.

Die genaue Breite wird immer in dem Bereich erfasst, für den auch das jeweilige Infrastrukturelement gewonnen wird. Bild 37 zeigt die Grundregel für die Erfassung der Breite:



**Bild 37** Definition der Breitenbestimmung

Bei kurzfristigen Verbreiterungen des jeweiligen Infrastrukturelementes (insbesondere an Kreuzungen, Bushaltestellen oder Parkbuchten) wurde vor und nach diesem einzelnen Punkt bis auf weiteres die ursprüngliche Breite angenommen, d.h. solche Punkte stellen vorerst keine Veränderung der Breite im Sinne des Projektes dar.

### 7.2 Beispielsammlung

Die nachfolgende Tabelle 3 stellt eine Beispielsammlung dar, wie die Breite der jeweiligen Infrastrukturelemente zu bestimmen ist. Diese Tabelle wird im Laufe des Projekts um weitere Beispielfälle erweitert.

**Tabelle 3** Beispielsammlung zur Breitenbestimmung

Beispiel	Beschreibung
	<p>Hier wurde bei der Ermittlung der Breite nur die asphaltierte Fläche erfasst. Die ungebundenen Flächen daneben sind irrelevant.</p>
	<p>Bei der Ermittlung der Fahrbahnbreite ist zwischen den beiden Bordsteinen zu messen. Der Geh- oder Radweg beginnt dann am Bordstein und reicht bis zum Zaun oder bis zum nächsten Bordstein bei den Büschen.</p>
	<p>Die einzelnen Verbreiterungen der Straße aufgrund von Hauseinfahrten wurden bei der Bestimmung der Straßenbreite nicht berücksichtigt.</p>
	<p>Die parkenden Fahrzeuge verengen die hier zu bestimmende Straßenbreite nicht, da die dafür vorgesehene Verkehrsfläche der Art des Straßenbefestigung entspricht.</p>
	<p>Die Einmündung verändert die Breite der zu definierenden Straße nicht. Die Grenze bildet hier die Fahrbahnmarkierung.</p>

## Beispiel



## Beschreibung

Die gepflasterte Rinne ist als Entwässerungseinrichtung Teil der Straße und muss daher bei der Festlegung der Fahrbahnbreite berücksichtigt werden.

## 8 Definition von zustandshomogenen Abschnitten

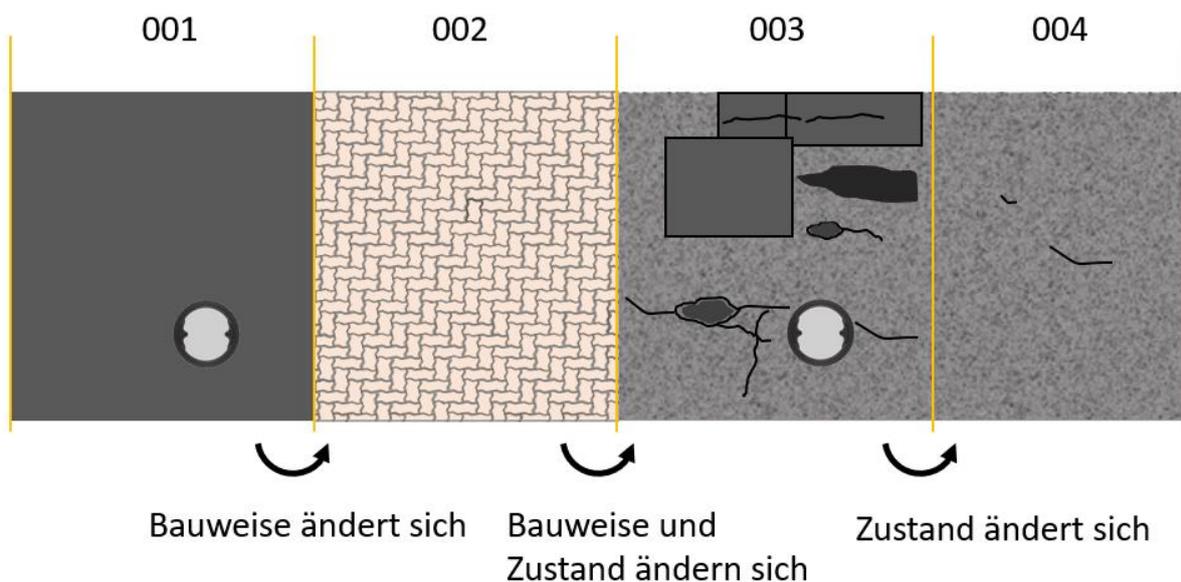
### 8.1 Vorgehen

Die Auswertung des Zustands von Fahrbahnen, Geh- und Radwegen und die darauf aufbauende Ermittlung des rückständigen Erhaltungsbedarfs wurde für zustandshomogene Abschnitte durchgeführt. Daher mussten zunächst diese Abschnitte definiert werden. In die Abschnittsbildung fließen der Oberflächenzustand, die Fahrbahnart und die Breite ein. Darüber hinaus wurde eine Einteilung an den Straßenkreuzungen (Netzknoten) vorgenommen.

Für die Einteilung der untersuchten Verkehrsflächen in zustandshomogene Abschnitte wurden folgende Grundsätze festgelegt:

- Die Fahrbahn, Geh- und Radwege wurden unabhängig voneinander hinsichtlich ihres jeweiligen Zustandes und der Bildung zustandshomogener Abschnitte betrachtet.
- Der oberflächlich sichtbare/erkennbare Zustand und die Art der Befestigung wurden bei der Bildung von Abschnitten berücksichtigt.
- Um im weiteren Verlauf aus den Zustandsabschnitten (längere) Erhaltungsabschnitte ableiten zu können, wurden kurze Bereiche mit Zustandsveränderungen (z.B. Flickstellen oder einzelne Bereiche (< 10 m) mit Rissen) oder Aufpflasterungen zur Geschwindigkeitsreduzierung bei der Abschnittsbildung ignoriert.
- Nach der Bildung der zustandshomogenen Abschnitte werden den einzelnen Abschnitten Zustandsmerkmale zugewiesen. Die einzelnen Merkmale, einschließlich ihrer genauen Unterscheidung hinsichtlich ihrer Ausprägung, können in Abschnitt XXX nachvollzogen werden.
- Die Abschnitte werden an jedem Netzknoten unterbrochen.

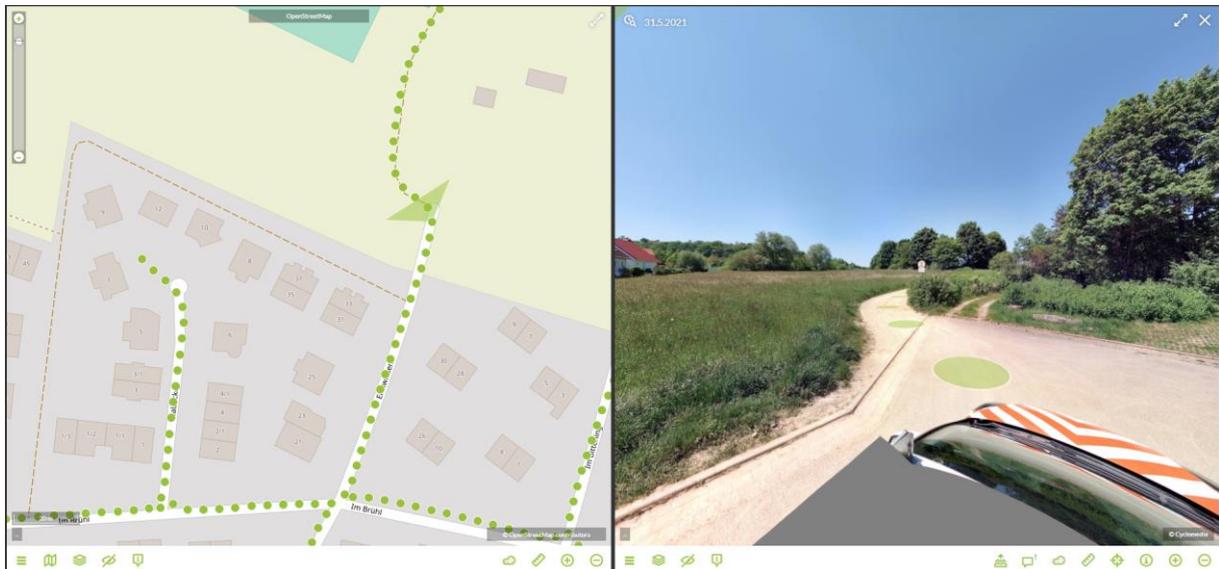
In Bild 38 ist die Bildung der zustandshomogenen Abschnitte auf Grundlage der oben genannten Prinzipien schematisch dargestellt.



**Bild 38** Definition von zustandshomogenen Abschnitten

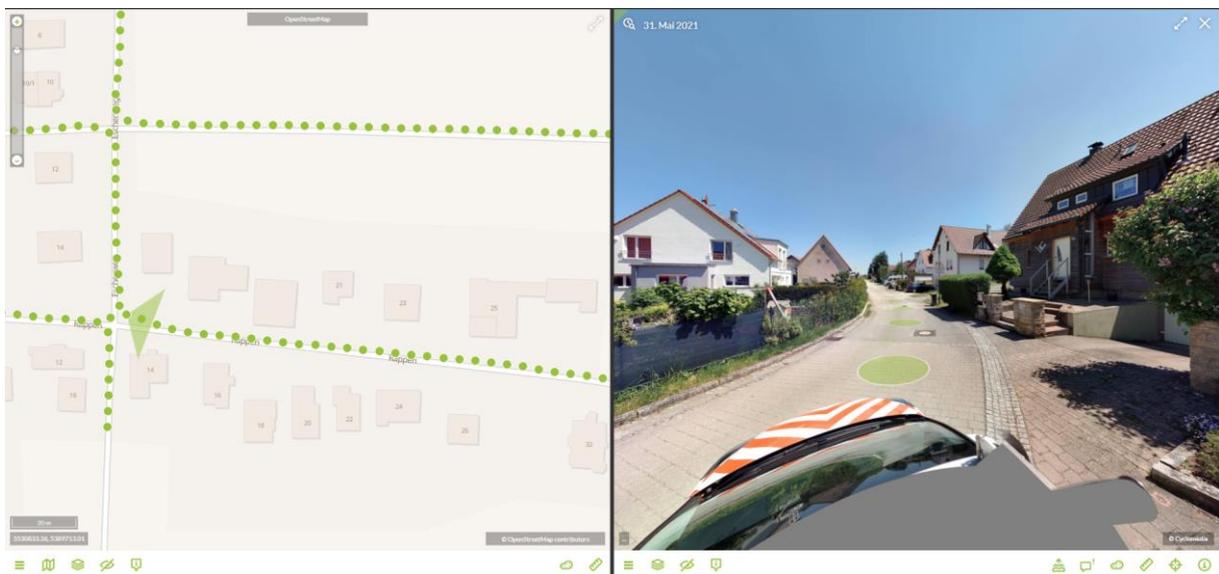
## 8.2 Beispielsammlung

Im nachfolgenden Abschnitt werden einige Fallbeispiele aus dem bestehenden Netz der Stadt Kirchheim unter Teck aufgeführt und diskutiert.



**Bild 39** Abschnittsgrenze wegen wechselnder Befestigungsart

In diesem Beispiel wurde eine Abschnittsgrenze definiert, da sich die Art der Befestigung über einen größeren Abschnitt verändert.



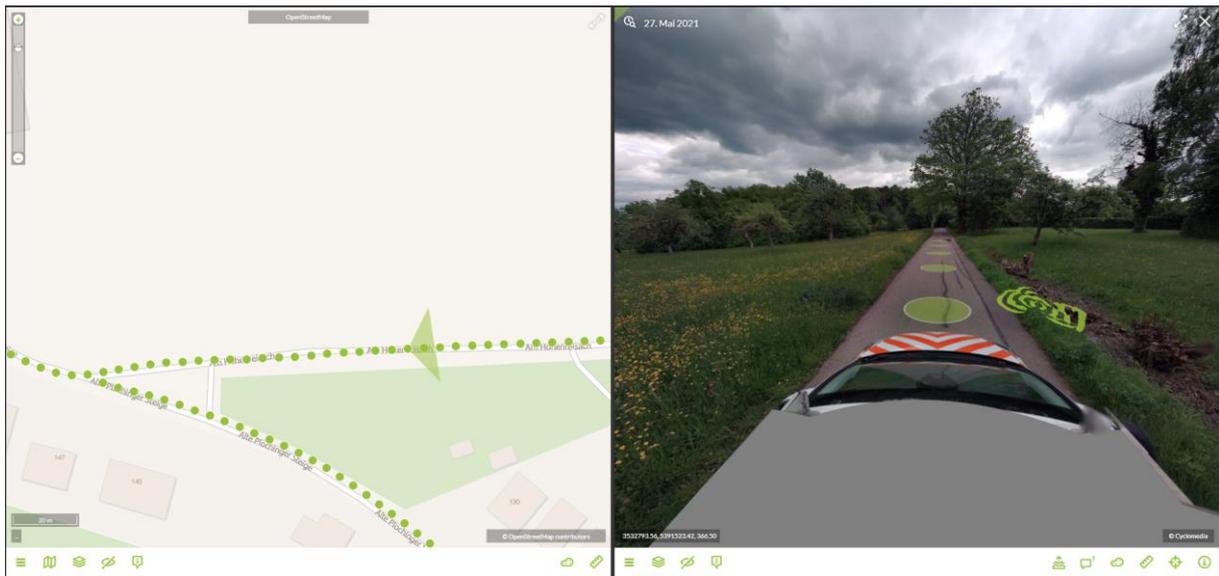
**Bild 40** Abschnittsgrenze wegen wechselnder Befestigungsart

Auch hier liegt ein klarer Wechsel in der Art der Befestigung vor, sodass hier ein neuer Abschnitt zu definieren ist.



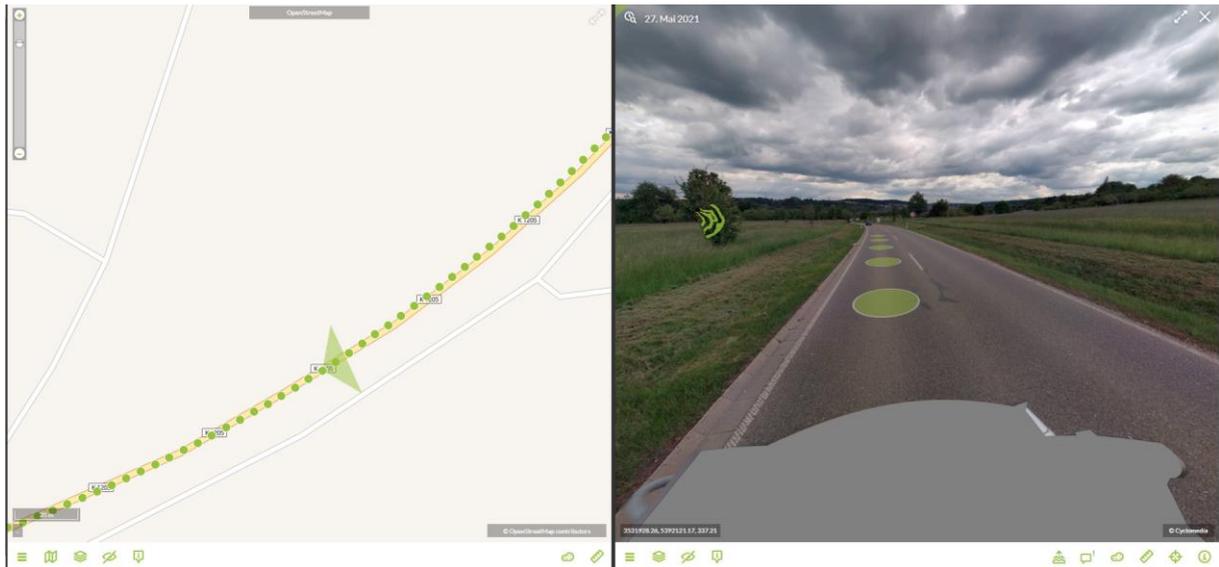
**Bild 41** Räumlich beschränkte Wechsel in der Befestigungsart

Die hier dargestellte, kurze Aufpflasterung des Radwegs stellt keine Eigenschaftsänderung gemäß der getroffenen Definition dar und ist daher nicht als Abschnittswechsel zu interpretieren.



**Bild 42** Abschnittsgrenze wegen deutlich abweichendem Zustand

An dieser Stelle wurde eine Abschnittsgrenze gesetzt, da sich der Zustand der betrachteten Befestigung ab diesem Punkt deutlich und systematisch verschlechtert.



**Bild 43** Räumlich beschränkte Zustandsveränderungen

Dieser kleine Bereich mit oberflächlich erkennbaren Rissen ist ein räumlich klar abgegrenzter und nicht repräsentativer Bereich und führt daher nicht dazu, dass an dieser Stelle eine Abschnittsgrenze definiert wird.

## 9 Zusätzliche messtechnische Erfassungen mittels E-Scooter

Auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Daten wird deutlich, dass einige Abschnitte kaum einsehbar sind und damit eine Bewertung nur unzureichend möglich ist. Aus diesem Grund wurde eine zusätzliche messtechnische Erfassung mittels E-Scooter durchgeführt.

Die Instrumentierung ist in Bild 44 zu sehen: Insgesamt drei GoPro-Kameras haben aus drei Perspektiven Aufnahmen vom Straßenraum gemacht, die dann im Nachgang bei der Bewertung des Straßenzustands zur Verfügung standen.



**Bild 44** Zusätzliche Erfassung in Kirchheim unter Teck

In Bild 45 ist das Erfassungsnetz dargestellt. Hierbei sind in blauer Farbe Radwege dargestellt und in roter Farbe Fahrbahnen, die durch die zusätzliche Erfassung abgefahren wurden. Die hierbei gemachten Aufnahmen wurden mit einem eigens dafür angefertigten Knoten-Kanten-Modell und den GPS-Informationen derart verschnitten, dass in einem Raster mit einer Maschenweite von 10 m einzelne Bilder (Frames) aus den Videos extrahiert wurden und in OnKo visualisiert wurden (siehe Bild 46). Diese Bildaufnahmen wurden dann zur Bewertung der jeweiligen Abschnitte verwendet.

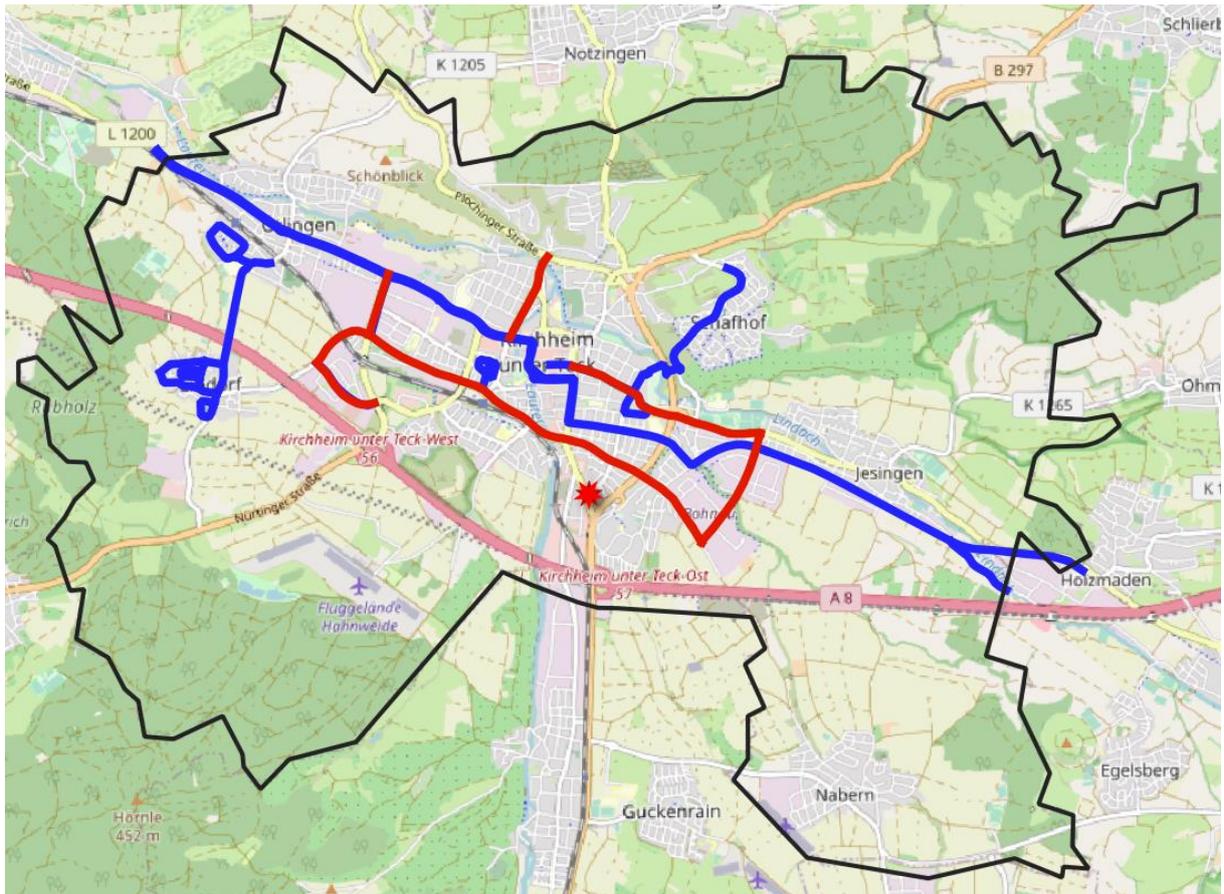


Bild 45 Erfassungsnetz

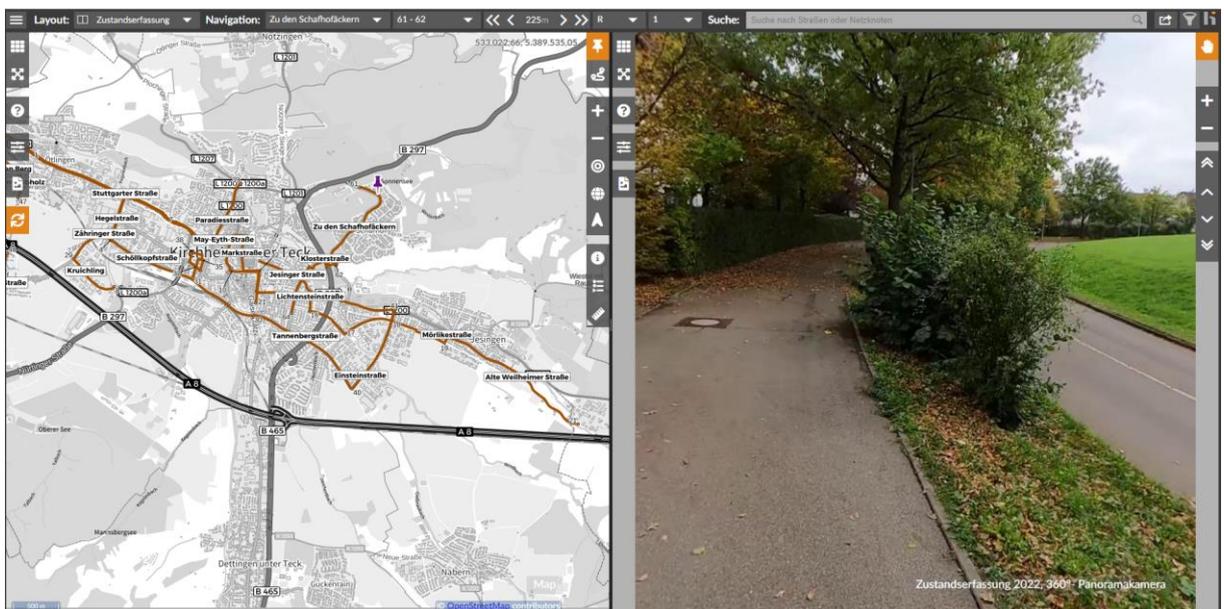


Bild 46 Visualisierung der Befahrungsbilder

## 10 Qualitative Zustandsbewertung auf Grundlage der Befahrungsbilder

### 10.1 Einleitung

Im Rahmen der Zustandsbewertung sind die zuvor gebildeten, zustandshomogenen Bereiche zu bewerten. Dabei ist nach der Art des betrachteten Infrastrukturelementes zu unterscheiden. Die Bewertung erfolgt anhand von visuellen Kriterien und zwei verschiedenen Parametern:

- Erforderlicher Substanzerhalt
- Befahrbarkeit

Die beiden Parameter werden im Folgenden hinsichtlich ihrer möglichen Ausprägungen aufgeführt. Dies beinhaltet zum einen eine Definition möglicher Ausprägungen, zum anderen eine Beispielsammlung mit dem dazugehörigen Kommentar zur gewählten Bewertung.

### 10.2 Erforderlicher Substanzerhalt

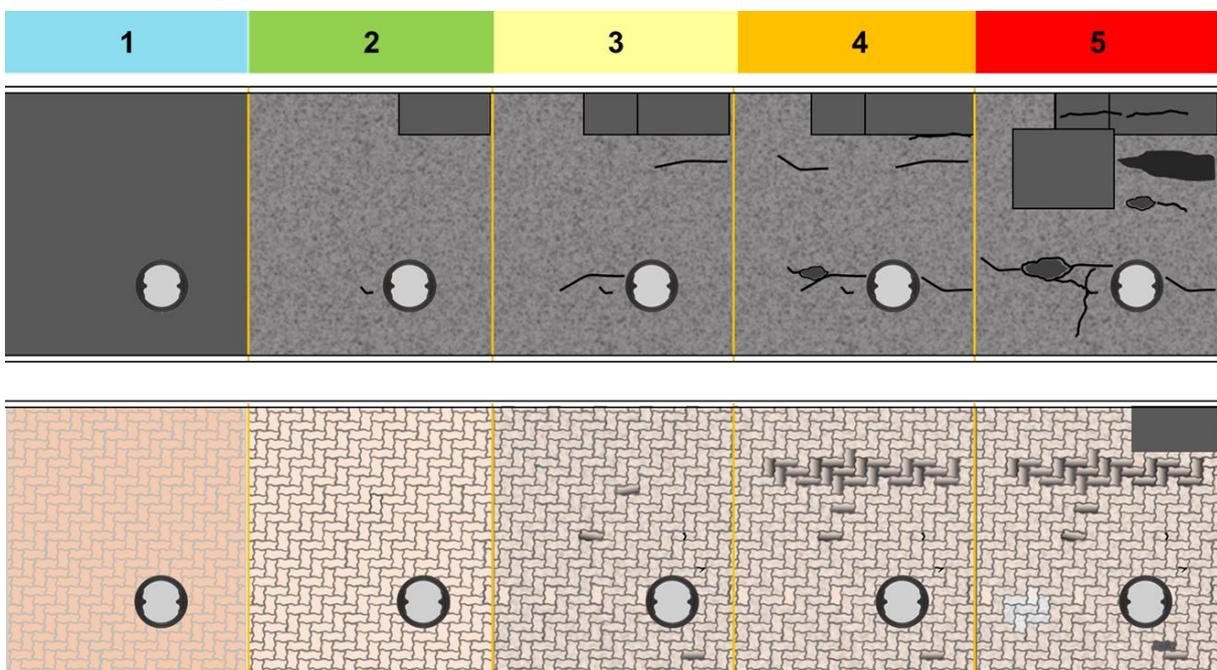
#### 10.2.1 Definitionen

Für das vorliegende Projekt wurden die in Tabelle 4 dargestellten Bezeichnungen für die Klassifizierung des erforderlichen Substanzerhalts verwendet:

**Tabelle 4** Klassifizierung des erforderlichen Substanzerhalts

Klasse	Bezeichnung	Beschreibung	Farbe
1	Neuwertige Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Befestigung zeigt noch keine Alterungserscheinungen</li> <li>■ Keine Aufbrüche bzw. Schäden an der Oberfläche erkennbar</li> <li>■ Neue Markierungen (sofern vorhanden)</li> </ul>	
2	Keine Maßnahme erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Befestigung zeigt erste Alterungserscheinungen</li> <li>■ Ebene Oberfläche bzw. vereinzelte Unebenheiten</li> <li>■ Keine Schäden (Risse) ggf. vereinzelte Flickstellen an der Oberfläche erkennbar</li> </ul>	
3	Unterhaltung erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Befestigung zeigt Alterungserscheinungen</li> <li>■ Schäden wie Risse oder Pflasterschäden an der Oberfläche erkennbar, die sich noch im Rahmen einer Oberflächenbehandlung bzw. mittels Vergussmasse sanieren lassen</li> </ul>	

Klasse	Bezeichnung	Beschreibung	Farbe
4	Leichtere Erhaltungsmaßnahme erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Befestigung zeigt deutliche Alterungserscheinungen bzw. Verwitterungserscheinungen.</li> <li>■ Vereinzelt Unebenheiten bis deutlich erkennbare Unebenheiten</li> <li>■ Vermehrt Aufbrüche bzw. großflächige Schäden an der Oberfläche erkennbar.</li> <li>■ Oberfläche muss vor eindringendem Wasser geschützt werden</li> </ul>	Yellow
5	Schwerere Erhaltungsmaßnahme bzw. Erneuerung erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Befestigung zeigt deutliche Alterungserscheinungen / Auflösungserscheinungen</li> <li>■ Deutlich erkennbare Unebenheiten führen dazu, dass die Fahrbahn durch Lkw und Busse zunehmend geschädigt wird</li> <li>■ Vermehrt Aufbrüche bzw. großflächige Schäden und Ablösungen an der Oberfläche erkennbar</li> <li>■ Oberfläche muss vor eindringendem Wasser geschützt werden und weiteren Ablösungen der Deckschicht geschützt werden</li> </ul>	Red



**Bild 47** Einteilung des erforderlichen Substanzerhalts in verschiedene Klassen



**Bild 48** Beispielhafter Ausschnitt für die Bewertung des erforderlichen Substanzerhalts

Für das Gesamtnetz der Stadt Kirchheim unter Teck wurde auf Grundlage der obigen Klassendefinition folgende Verteilung (basierend auf Längen) des erforderlichen Substanzerhalts ermittelt:



**Bild 49** Längenstatistik für die Klassenverteilung des erforderlichen Substanzerhalts

## 10.2.2 Beispielsammlung

Nachfolgend sind für alle fünf möglichen Klassen des erforderlichen Substanzerhalts Beispiele aus dem Netz der Stadt Kirchheim unter Teck aufgeführt.



**Bild 50** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 1)



**Bild 51** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 1)



**Bild 52** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 1)



**Bild 53** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 2)



**Bild 54** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 2)



**Bild 55** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 3)



**Bild 56** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 3)



**Bild 57** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 4)



**Bild 58** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 4)



**Bild 59** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 5)



**Bild 60** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 5)



**Bild 61** Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 5)

## 10.3 Befahrbarkeit

### 10.3.1 Definitionen

Für das vorliegende Projekt wurden die in Tabelle 5 aufgeführten Bezeichnungen für die Klassifizierung der Befahrbarkeit verwendet:

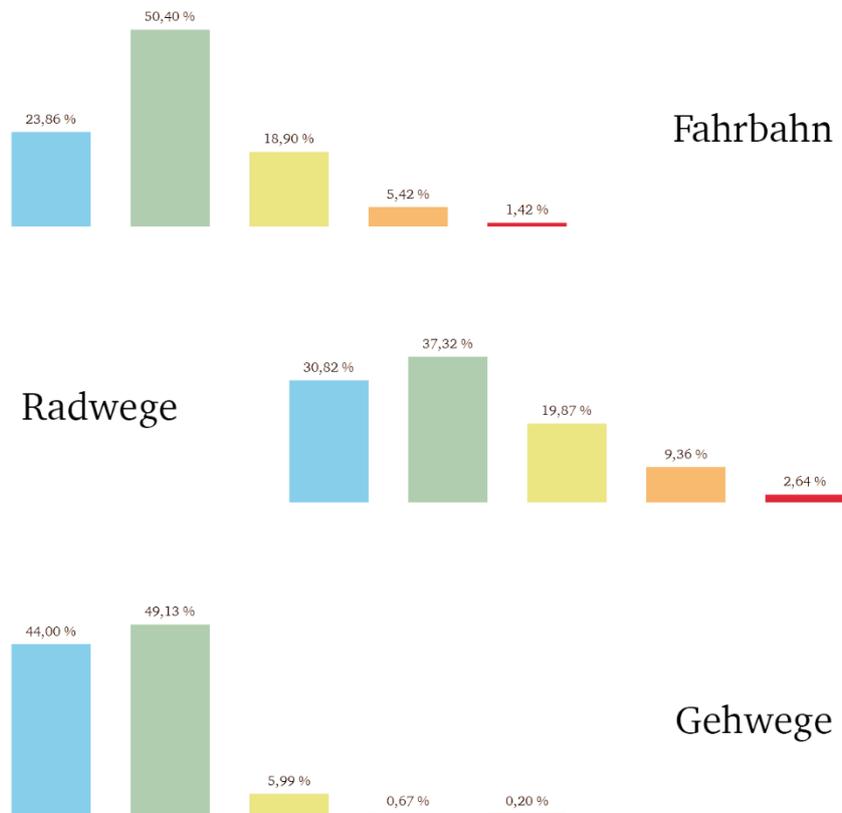
**Tabelle 5** Klassifizierung der Befahrbarkeit

Klasse	Bezeichnung	Beschreibung	Farbe
1	Sehr gut	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sehr ebene (neuwertige) Fahrbahnoberfläche</li> <li>■ Sehr gute Befahrbarkeit</li> </ul>	
2	Gut	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ebene Fahrbahnoberfläche</li> <li>■ Gute Befahrbarkeit</li> </ul>	
3	Befriedigend	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Unebene Fahrbahnoberfläche</li> <li>■ Zufriedenstellende Befahrbarkeit</li> <li>■ Deutliche Spurbildung</li> </ul>	
4	Mangelhaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sehr unebene Fahrbahnoberfläche</li> <li>■ Schlaglöcher bzw. partielle Ablösung der Fahrbahnoberfläche, Wurzelhebungen, Setzungen oder loser Pflasterverbund</li> <li>■ Sehr starke Spurrinnenbildung</li> <li>■ Teilweise Sicherheitsmängel</li> </ul>	
5	Ungenügend	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Extrem unebene Fahrbahnoberfläche</li> <li>■ Schlaglöcher oder großflächige Ablösung der Fahrbahnoberfläche, Wurzelhebungen, Setzungen oder loser Pflasterverbund, fehlende Pflastersteine</li> <li>■ Sicherheitsmängel</li> <li>■ Ungenügende Befahrbarkeit</li> </ul>	



**Bild 62** Beispielhafter Ausschnitt für die Bewertung der Befahrbarkeit

Für das Gesamtnetz der Stadt Kirchheim unter Teck wurde auf Grundlage der obigen Klassendefinition folgende Verteilung (basierend auf Längen) der Befahrbarkeit ermittelt:



**Bild 63** Längensstatistik für die Klassenverteilung der Befahrbarkeit

### 10.3.2 Beispielsammlung

Nachfolgend sind für alle fünf möglichen Klassen der Befahrbarkeit Beispiele aus dem Netz der Stadt Kirchheim unter Teck aufgeführt.



**Bild 64** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 1)



**Bild 65** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 1)



**Bild 66** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 1)



**Bild 67** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 2)



**Bild 68** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 2)



**Bild 69** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 3)



**Bild 70** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 3)



**Bild 71** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 4)



**Bild 72** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 4)



**Bild 73** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 5)



**Bild 74** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 5)



**Bild 75** Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 5)

# 11 Bestimmung des rückständigen Erhaltungsbedarfs

## 11.1 Vorgehen

Zur Ermittlung des rückständigen Erhaltungsbedarfs werden die Befestigungsflächen anhand des zuvor klassifizierten erforderlichen Substanzerhalts bzw. der Befahrbarkeit / Begehbarkeit in fünf Erhaltungsklassen eingeteilt (siehe Bild 76). Abschnitte werden als erhaltungsbedürftig eingestuft, wenn sie entweder substanzerhaltende Maßnahmen erfordern und/oder eine schlechte Befahrbarkeit aufweisen. Es wird zwischen Fahrbahn, Gehweg und Radweg unterschieden.

		Befahrbarkeit				
		Sehr gut	Gut	Befriedigend	Mangelhaft	Ungenügend
Substanzerhalt	Neuwertige Oberfläche					
	Keine Unterhaltung bzw. Erhaltung erforderlich					
	Unterhaltung erforderlich					
	Leichtere Erhaltungsmaßnahme bzw. Erneuerung erforderlich					
	Schwerere Erhaltungsmaßnahme bzw. Erneuerung erforderlich					

**Bild 76** Bewertungsmatrix zur Ermittlung des rückständigen Erhaltungsbedarfs

Anschließend wird für jede Instandhaltungsstufe eine entsprechende Instandhaltungsstrategie festgelegt. Bei Flächen mit fortgeschrittenen Substanzschäden oder großen Unebenheiten wird davon ausgegangen, dass diese überwiegend grundlegend erneuert werden müssen. Bei Abschnitten mit geringerem Schädigungsgrad oder weniger ausgeprägten Unebenheiten wird davon ausgegangen, dass diese überwiegend saniert oder punktuell mit leichteren Maßnahmen instandgehalten werden können. Es ist wichtig, an dieser Stelle zu betonen, dass es sich hierbei um eine ingenieurmäßige Abschätzung auf Basis von Erfahrungswerten handelt. Eine genauere Untersuchung würde eine Laboranalyse von Bohrkernen oder Baugrunduntersuchungen erfordern.

## 11.2 Monetarisierung

Für die Monetarisierung des rückständigen Erhaltungsbedarfs wurden zunächst in Absprache mit dem Auftraggeber die gängigen Instandhaltungsarten definiert und Einheitspreise (€/m<sup>2</sup>) vereinbart. Diese sind folgendermaßen definiert:

- Punktuelle Instandhaltung: 15 €/m<sup>2</sup>
- Leichtere Erhaltungsmaßnahme erforderlich -> hier wurde von einer Deckenerneuerung ausgegangen: 100 €/m<sup>2</sup>

- Schwererer Erhaltungsmaßnahme erforderlich -> hier wurde mittels Mischkalkulation der Einheitspreis aus Teilausbau (grundhafte Erneuerung) und Vollausbau (Erneuerung des gesamten Straßenoberbaus) miteinander verwoben: 200 €/m<sup>2</sup>

Zusammenfassend ergibt sich ein Gesamtbedarf von ca. **41,6 Mio. €** der erforderlich wäre, um die Substanz zu schützen, die Substanz wiederherzustellen bzw. eine angemessene Befahrbarkeit zu gewährleisten (siehe Tabelle 6). Diese Summe beinhaltet noch keinerlei Priorisierung oder anderweitige Berücksichtigung anderer Kriterien und Faktoren, die für die Zuteilung möglicher Mittel notwendig sein könnte.

**Tabelle 6** Rückständiger Erhaltungsbedarf von Fahrbahn, Geh- und Radwegen

Maßnahme	Fläche [m <sup>2</sup> ]	EP [€/m <sup>2</sup> ]	Bedarf [Mio. €]
keine Maßnahme	604.740,3	0,-	0,0
punktueller Instandhaltung	621.240,4	15,-	9,3
großflächige Deckensanierung	214.788,0	100,-	21,5
grundhafte Erneuerung	53.839,2	200,-	10,8
<b>Summe</b>			<b>41,6</b>

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1 Befahrungsnetz in Kirchheim unter Teck .....	6
Bild 2 Projektablaufplan .....	8
Bild 3 Lage des Pilotstadtteils Lindorf .....	9
Bild 4 Befahrungspunkte im Pilotstadtteil Lindorf .....	9
Bild 5 Straßennetzmodell der Stadt Kirchheim unter Teck.....	10
Bild 6 Befahrungspunkte für das gesamte Stadtgebiet .....	11
Bild 7 WMS der Stadt Kirchheim unter Teck .....	11
Bild 8 Mögliche Aufteilung in unterschiedliche, voneinander unabhängige Infrastrukturelemente entlang der Fahrbahn .....	13
Bild 9 Prinzipskizze zur Verfügbarkeitsprüfung.....	14
Bild 10 Umsetzung der Verfügbarkeitsprüfung in QGIS.....	15
Bild 11 Beispiel für eine irrelevante Geometrie (keine Straßenbaulast) .....	15
Bild 12 Beispiel für eine irrelevante Geometrie (keine Straßenbaulast) .....	16
Bild 13 Busspur neben der Fahrbahn am ZOB.....	16
Bild 14 Busspur neben der Fahrbahn .....	17
Bild 15 Parkbucht neben der Fahrbahn .....	17
Bild 16 Parkflächen im Stadtgebiet .....	18
Bild 17 Parkfläche inkl. zugehörigem Befahrungsbild .....	18
Bild 18 Parkflächen auf der Fahrbahn .....	19
Bild 19 Unbefestigter landwirtschaftlicher Weg .....	19
Bild 20 Befestigter landwirtschaftlicher Weg.....	20
Bild 21 Führung des Radverkehrs als Radspur auf der Fahrbahn .....	20
Bild 22 Umgang mit Verkehrsinseln.....	21
Bild 23 Dauerhafte Trennung zweier Fahrbahnen.....	21
Bild 24 Umgang mit kombinierten Geh- und Radwegen .....	22
Bild 25 Umgang mit getrennten Geh- und Radwegen bei unterschiedlicher Bauweise.....	22
Bild 26 Umgang mit getrennten Geh- und Radwegen bei unterschiedlicher Bauweise.....	23
Bild 27 Umgang mit getrennten Geh- und Radwegen bei gleicher Bauweise.....	23
Bild 28 Verteilung der Sichtbarkeitsflags im Gesamtnetz der Stadt Kirchheim unter Teck .....	25
Bild 29 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 11 (Lageplan) .....	26
Bild 30 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 11 (Befahrungsbild) .....	26
Bild 31 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 21 (Lageplan) .....	27
Bild 32 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 21 (Befahrungsbild) .....	27
Bild 33 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 99 (Lageplan) .....	28

Bild 34 Beispiel für Sichtbarkeitsflag = 99 (Befahrungsbild) .....	28
Bild 35 Mehrdeutige Befestigungsarten .....	29
Bild 36 Definition der Befestigungsarten .....	30
Bild 37 Definition der Breitenbestimmung .....	31
Bild 38 Definition von zustandshomogenen Abschnitten.....	34
Bild 39 Abschnittsgrenze wegen wechselnder Befestigungsart.....	35
Bild 40 Abschnittsgrenze wegen wechselnder Befestigungsart.....	35
Bild 41 Räumlich beschränkte Wechsel in der Befestigungsart .....	36
Bild 42 Abschnittsgrenze wegen deutlich abweichendem Zustand .....	36
Bild 43 Räumlich beschränkte Zustandsveränderungen .....	37
Bild 44 Zusätzliche Erfassung in Kirchheim unter Teck.....	38
Bild 45 Erfassungsnetz.....	39
Bild 46 Visualisierung der Befahrungsbilder.....	39
Bild 47 Einteilung des erforderlichen Substanzerhalts in verschiedene Klassen .....	41
Bild 48 Beispielhafter Ausschnitt für die Bewertung des erforderlichen Substanzerhalts .....	42
Bild 49 Längenstatistik für die Klassenverteilung des erforderlichen Substanzerhalts .....	42
Bild 50 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 1).....	43
Bild 51 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 1).....	43
Bild 52 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 1).....	44
Bild 53 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 2).....	44
Bild 54 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 2).....	45
Bild 55 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 3).....	45
Bild 56 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 3).....	46
Bild 57 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 4).....	46
Bild 58 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 4).....	47
Bild 59 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 5).....	47
Bild 60 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 5).....	48
Bild 61 Beispiel für den erforderlichen Substanzerhalten (Note 5).....	48
Bild 62 Beispielhafter Ausschnitt für die Bewertung der Befahrbarkeit.....	50
Bild 63 Längenstatistik für die Klassenverteilung der Befahrbarkeit .....	50
Bild 64 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 1) .....	51
Bild 65 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 1) .....	51
Bild 66 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 1) .....	52
Bild 67 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 2) .....	52
Bild 68 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 2) .....	53

Bild 69 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 3) .....	53
Bild 70 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 3) .....	54
Bild 71 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 4) .....	54
Bild 72 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 4) .....	55
Bild 73 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 5) .....	55
Bild 74 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 5) .....	56
Bild 75 Beispiel für die Befahrbarkeit (Note 5) .....	56
Bild 76 Bewertungsmatrix zur Ermittlung des rückständigen Erhaltungsbedarfs .....	57

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Definition von Sichtbarkeitsflags .....	24
Tabelle 2 Differenzierung hinsichtlich der Befestigungsart.....	29
Tabelle 3 Beispielsammlung zur Breitenbestimmung.....	32
Tabelle 4 Klassifizierung des erforderlichen Substanzerhalts.....	40
Tabelle 5 Klassifizierung der Befahrbarkeit .....	49
Tabelle 6 Rückständiger Erhaltungsbedarf von Fahrbahn, Geh- und Radwegen .....	58