

**Entwurfsempfehlungen für
Querschnittsbreiten von Über-/
Unterführungsbauwerken
ländlicher Wege**

**Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

bast

Entwurfsempfehlungen für Querschnittsbreiten von Über-/ Unterführungsbauwerkenländlicher Wege

Projektnummer

FE 02.0446/2020

Matthias Zimmermann
Philipp Riemer
Nicolai Förter

Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen
Karlsruher Institut für Technologie

Stephan Hoffmann
Lasse Bienzeisler

Institut für Verkehr und Stadtbauwesen
Technische Universität Braunschweig

Fachbetreuung

Dominik Schmitt

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, 51427 Bergisch Gladbach

Dezember 2023

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Kurzfassung

FE 02.446/2020/ARB

Entwurfsempfehlungen für Querschnittsbreiten von Über-/Unterführungsbauwerken ländlicher Wege

Bei Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen von Fernstraßen in der Baulast des Bundes werden häufig Unter-/Überführungsbauwerke erstellt, wobei hierzu in bestehenden Richtlinien unterschiedliche Entwurfsgrundlagen existieren. Dies sind zum einen die „Richtlinien für den ländlichen Wegebau“ (RLW) und zum anderen die „Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauwerken“ RE-ING Teil 2 Brücken.

Während die RLW 2016 nutzbare Fahrbahnbreiten von 4,50 m ausweisen, fallen diese in den RE-ING mit 4,00 m um 0,50 m schmaler aus. Außerdem schlagen die RLW 2016 insbesondere im Zuge langer Unterführungen vor, einen der beiden 1,00 m breiten Sicherheitsräume zu Lasten des anderen für zu Fuß Gehende/Radfahrende auf 1,50 m zu verbreitern. Nach den RLW 2016 ergibt sich damit eine Gesamtquerschnittsbreite von 6,50 m, während sich in den RE-ING durch die schmalere Sicherheitsräume von nur 0,50 m eine Gesamtquerschnittsbreite von 5,00 m ergibt.

Das landwirtschaftliche Wegenetz wird teilweise von sehr breiten landwirtschaftlichen Maschinen befahren. Seitens der Vertreter der Landwirtschaft werden aufgrund möglicher Begegnungsfälle mit zu Fuß Gehenden und Radfahrenden, weitere Verbreiterungen der Querschnittsmaße gefordert, welche die bislang in den Richtlinien enthaltenen Werte noch übersteigen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollten daher, unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrssicherheit und der Wirtschaftlichkeit sowie der Breitenanforderungen der aktuellen Fahrzeugflotte ländlicher Maschinen, empfohlene Querschnittsbreiten im Bereich von Unter-/Überführungsbauwerken ländlicher Wege ermittelt werden. Dabei wurden maßgebende Begegnungsfälle zwischen breiten landwirtschaftlichen Fahrzeugen und zu Fuß Gehenden / Radfahrenden berücksichtigt.

Eine Netzanalyse relevanter Bauwerke sowie der zugelassenen landwirtschaftlichen Fahrzeuge sowie die Einbeziehung lokaler Radrouten führte zur Festlegung eines Untersuchungskollektivs von 44 Bauwerken (26 Unter- bzw. 18 Überführungen) in drei Regionen.

Insgesamt wurden aus den an 533 Erhebungstagen aufgezeichneten ca. 3.990 Stunden Videomaterial, welches im Bereich der Unter-/Überführungsbauwerke aufgenommen wurde, ca. 4.500 zu Fuß Gehende, ca. 12.500 Rad Fahrende, ca. 16.500 Pkw, ca. 350 Lkw, ca. 625 sonstige Kfz und ca. 1.200 landwirtschaftliche Fahrzeuge erfasst.

Dabei ergaben sich 322 Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und Pkw, 8 Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und Lkw und 42 Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen.

Grundsätzlich ist ein kooperatives Verhalten von zu Fuß Gehenden und Rad Fahrenden sowie dem landwirtschaftlichen Verkehr festzustellen. Es wurde beispielsweise beobachtet, dass Begegnungen mit sehr breiten Fahrzeugen häufig außerhalb der Bauwerke stattfinden.

Die genannten Begegnungen waren ausnahmslos als unkritisch einzustufen, Es ist daher auch kein Einfluss der Bauwerksbreite als maßgeblichem baulichen Charakteristikum für Gefährdungspotenziale erkennbar, auch nicht bei schmalen Bauwerken.

Weder aus den beobachteten Begegnungen zwischen Fuß- und Radverkehr mit landwirtschaftlichem Verkehr noch mit dem regulären Kfz-Verkehr lassen sich Erkenntnisse ableiten, dass auf Basis dieser Begegnungen Änderungen an den Fahrbahnbreiten im Regelwerk vorgenommen werden sollten.

Auch für eine generelle Verbreiterung von Bauwerken mit landwirtschaftlichem Verkehr aufgrund zunehmender Fahrzeugbreiten ergeben sich aus den Erhebungen keine Hinweise.

Abstract

FE 02.446/2020/ARB

Design recommendations for cross-section widths of overpasses/underpasses of agricultural roads

When constructing, reconstructing or upgrading federal trunk roads, underpasses or overpasses for agricultural roads are regularly built. There are diverging design principles for these under- and overpasses in different guidelines. On the one hand, there are the "Guidelines for Agricultural Road Construction" (RLW) and on the other hand the "Guidelines for the Design, Structural Design and Equipment of road constructions" RE-ING Part 2 Bridges.

Whereas the RLW 2016 indicate usable carriage-way widths of 4.50 m, these are 0.50 m narrower than the 4.00 m recommended by the RE-ING. In addition, the RLW 2016 suggest, especially for long underpasses, to widen one of the two 1.00 m wide safety spaces for pedestrians/cyclists to 1.50 m at the expense of the other safety space. According to the RLW 2016, this results in a total cross-sectional width of 6.50 m, while in the RE-ING, the narrower safety spaces of only 0.50 m result in a total cross-sectional width of 5.00 m.

The agricultural road network is sometimes used by very wide agricultural machines. Due to possible encounters with pedestrians and bicyclists, representatives of the agricultural sector demand widening of the cross-section dimensions, which exceeds the current values in the guidelines.

Within this research project, recommended cross-section widths of underpasses and overpasses of agricultural roads were to be determined, particularly taking account of traffic safety and economic efficiency as well as the width requirements of the current vehicle fleet of rural machines. Relevant encounter cases between wide agricultural vehicles and vulnerable road users were analyzed.

A network analysis of relevant underpasses and overpasses as well as the permitted agricultural vehicles and the inclusion of local bicycle routes led to the definition of a study collective of 44 buildings (26 underpasses and 18 overpasses) in three German regions.

A total of approx. 4,500 pedestrians, 12,500 cyclists, 16,500 cars, 350 trucks, 625 other vehicles and 1,200 agricultural vehicles were detected from the approx. 3,990 hours of video footage recorded in the area of the underpasses/overpasses.

There were recordings of 322 encounters between vulnerable road users and cars, 8 encounters be-

tween vulnerable road users and trucks and 42 encounters between vulnerable road users and agricultural vehicles.

Basically, a cooperative behavior between vulnerable road users and agricultural traffic is observed. Encounters with very wide vehicles often take place outside the structures.

The mentioned encounters are without exception classified as uncritical. Therefore, no influence of the building width as a decisive structural characteristic for hazard potentials is recognizable, not even with narrow structures.

The observed encounters between pedestrian and bicycle traffic neither with agricultural traffic nor with regular motor vehicle traffic suggest that, on the basis of these encounters, changes should be made to the lane widths in the regulations.

The survey does not indicate a general widening of structures with agricultural traffic due to increasing vehicle widths either.

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Stand der Technik und Literatur	4
2.1	Regelwerkslage bei Unter-/Überführungsbauwerken	4
2.1.1	Unterführungsbauwerke	4
2.1.2	Überführungsbauwerke	5
2.2	Landwirtschaftliches Wegenetz und anzutreffende Verkehre	6
2.3	Systematisierung und Zulassung des landwirtschaftlichen Verkehrs	8
2.3.1	Fahrzeugklassen	8
2.3.2	Zulässige Breiten	8
2.3.3	Kenntlichmachung	9
2.3.4	Speicherung im Zentralen Fahrzeugregister	9
3	Zulassungszahlen ländlicher Fahrzeuge	10
3.1	Methodisches Vorgehen	10
3.2	Dateneingrenzung und Plausibilisierung	11
3.3	Anteil bestimmter Breitenklassen an den landwirtschaftlichen Fahrzeugen	13
3.4	Anteil bestimmter Breitenklassen in Fahrzeuggruppen	16
3.5	Einordnung der anzutreffenden Breiten gegenüber dem Regelwerk	17
3.6	Relevante Aspekte der Zulassungszahlen landwirtschaftlicher Fahrzeuge für die weiteren Bearbeitungsschritte	17
4	Auswahl von Untersuchungsstellen ...	18
4.1	Methodisches Vorgehen	18
4.2	Datenbank SIB-Bauwerke	18
4.2.1	Grundlagen	18
4.2.2	Plausibilisierung	19
4.3	Vorauswahl von Untersuchungsstellen	20
4.3.1	Methodisches Vorgehen	20
4.3.2	Netzanalyse SIB-Bauwerke	21
4.3.3	Identifikation des Untersuchungskollektives	25
4.3.4	Klassifizierung des Untersuchungskollektives	26
4.3.5	Identifikation von potenziellen Untersuchungsstellen	26
4.4	Auswahl von Untersuchungsstellen	30
5	Erhebungen und Auswertungen	31
5.1	Methode der Erhebungen	31
5.2	Eingesetzte Technik	31
5.3	Softwaretechnische Umsetzung	32
5.4	Testmessungen	33
5.5	Erhebungsstellen	34
5.6	Auswertemethoden	34
5.6.1	Automatisierte Bewegungserkennung	34
5.6.2	Auswerten erkannter Bewegungen	35
6	Ergebnisse der empirischen Untersuchungen an Unter- und Überführungsbauwerken	36
6.1	Verkehrsstärken im Überblick	36
6.2	Analyse der Begegnungen von schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen	38
6.2.1	Begegnungshäufigkeiten	38
6.2.2	Arten von Begegnungen und resultierende Gefährdungen	39
6.2.3	Ausweichverhalten bei Begegnungen	40
6.2.4	Fazit	41
6.3	Analyse der Begegnungen von schwachen Verkehrsteilnehmenden und Pkw	41
6.3.1	Arten von Begegnungen und resultierende Gefährdungen	41
6.3.2	Ausweichverhalten bei Begegnungen	43
6.3.3	Fazit	43
7	Bewertung der Ergebnisse	44
7.1	Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen	44
7.2	Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und nicht-landwirtschaftlichen Fahrzeugen	44
7.3	Berücksichtigung der verkehrlichen Bedeutung für den nicht-landwirtschaftlichen Verkehr bei der Festlegung von Bauwerksbreiten	45
7.4	Schlussfolgerungen	45
	Literatur	46
	Tabellen	47
	Bilder	48
	Anhang	50

Anhang 1	Untersuchung des Eignungspotenzials verschiedener Landkreise	51
Anhang 2	Karte gemeldeter Fahrzeuge pro Landkreis	56
Anhang 3	Karte der Anzahl relevanter Bauwerke im Bereich der Regelwerke pro Kreis.....	57
Anhang 4	Liste der untersuchten Bauwerke....	58
Anhang 5	Bilder der untersuchten Bauwerke..	64
Anhang 6	Bilderfolge Begegnung zwischen bremsenden Pkw und zu Fuß Gehenden mit Kinderwagen.....	77
Anhang 7	Bilderfolge Begegnung zwischen erschreckten zu Fuß Gehenden und Kfz ..	79

1 Einleitung

Bei Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen von Fernstraßen in der Baulast des Bundes werden häufig Unter-/Überführungsbauwerke erstellt, wobei hierzu in bestehenden Richtlinien unterschiedliche Entwurfsgrundlagen existieren. Dies sind zum einen die „Richtlinien für den ländlichen Wegebau“ (RLW) und zum anderen die „Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauwerken“ RE-ING Teil 2 Brücken.

Während die RLW 2016 nutzbare Fahrbahnbreiten von 4,50 m ausweisen, fallen diese in den RE-ING mit 4,00 m um 0,50 m schmaler aus. Außerdem schlagen die RLW 2016 insbesondere im Zuge langer Unterführungen vor, einen der beiden 1,00 m breiten Sicherheitsräume zu Lasten des anderen für zu Fuß Gehende/Radfahrende auf 1,50 m zu verbreitern. Nach den RLW 2016 ergibt sich damit eine Gesamtquerschnittsbreite von 6,50 m, während sich in den RE-ING durch die schmalere Sicherheitsräume von nur 0,50 m eine Gesamtquerschnittsbreite von 5,00 m ergibt.

Das landwirtschaftliche Wegenetz wird teilweise von sehr breiten landwirtschaftlichen Maschinen befahren. Seitens der Vertretungen der Landwirtschaft werden aufgrund möglicher Begegnungsfälle mit zu Fuß Gehenden und Radfahrenden, weitere Verbreiterungen der Querschnittsmaße gefordert, welche die bislang in den Richtlinien enthaltenen Werte noch übersteigen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollten daher, unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrssicherheit und der Wirtschaftlichkeit sowie der Breitenanforderungen der aktuellen Fahrzeugflotte ländlicher Maschinen, empfohlene Querschnittsbreiten im Bereich von Unter-/Überführungsbauwerken ländlicher Wege ermittelt werden. Dabei wurden maßgebende Begegnungsfälle zwischen breiten landwirtschaftlichen Fahrzeugen und zu Fuß Gehenden / Radfahrenden berücksichtigt.

2 Stand der Technik und Literatur

2.1 Regelwerkslage bei Unter-/Überführungsbauwerken

2.1.1 Unterführungsbauwerke

Mit dem Arbeitsblatt DWA-A 904-1: Richtlinien für den Ländlichen Wegebau (RLW) wurden im Jahr 2016 neue Regelungen für Breiten von Unter-/Überführungsbauwerken bei ein- und zweistreifigen Wegen getroffen. Für Unterführungen sehen die RLW 2016 die einstreifige Wegeführung als Regelfall (RLW 2016, S. 54). Dieser soll eine Fahrbahnbreite von 4,50 m + je 1,00 m Sicherheitsraum (lichte Breite = 6,50 m) aufweisen (vgl. Bild 2-1). Da durch die einstreifige Unterführung laut RLW 2016 die meisten Begegnungsfälle abgedeckt werden, sind Verbreiterungen nur auf absolute Sonderfälle zu beschränken. Im Vorgängerwerk, den RLW 2005, werden für einstreifige Unterführungen Fahrbahnbreiten von 3,50 m + je 1,00 m Sicherheitsraum (lichte Breite = 5,50 m) und für zweistreifige Unterführungen Fahrbahnbreiten von 5,00 m + je 1,00 m Sicherheitsraum (lichte Breite = 7,00 m) ausgewiesen. Sowohl in den RLW 2005 als auch in

den RLW 2016 kann in Ausnahmefällen der Sicherheitsraum von 1,00 m auf 0,50 m verkleinert werden.

Eine Besonderheit stellt die Variante dar, einen der beiden Sicherheitsräume zu Lasten des anderen auf 1,50 m zu vergrößern. Dies könne „für den Fußgängerverkehr [...] aus Sicherheitsgründen, insbesondere in langen Unterführungen“ Anwendung finden. Damit wird der Anwendungsfall für die asymmetrische Variante genannt, aber dem Planer keine zahlenmäßige Orientierung gegeben, ab wann eine Unterführung als „lang“ zu betrachten ist.

Eine Unterscheidung bzgl. des Wegetyps wird bei Unterführungsbauwerken nicht vorgenommen. Es wird jedoch speziell auf Unterführungen eingegangen, die ausschließlich dem Viehtrieb dienen. Diese sollten mindestens 3,00 m breit sein und können demnach schmaler ausgeführt werden, als Unterführungsbauwerke, welche darüber hinaus auch vom übrigen Verkehr genutzt werden.

Die RE-ING sehen für den „Regelfall“ eine Unterführung vor, welche eine Fahrbahnbreite von 4,00 m + je Seite 0,50 m Sicherheitsraum (lichte Breite = 5,00 m) vor. Damit werden im Vergleich zu den RLW 2016 0,50 m schmalere Sicherheitsträume und eine ebenfalls um 0,50 m geringere Fahrbahnbreite empfohlen.

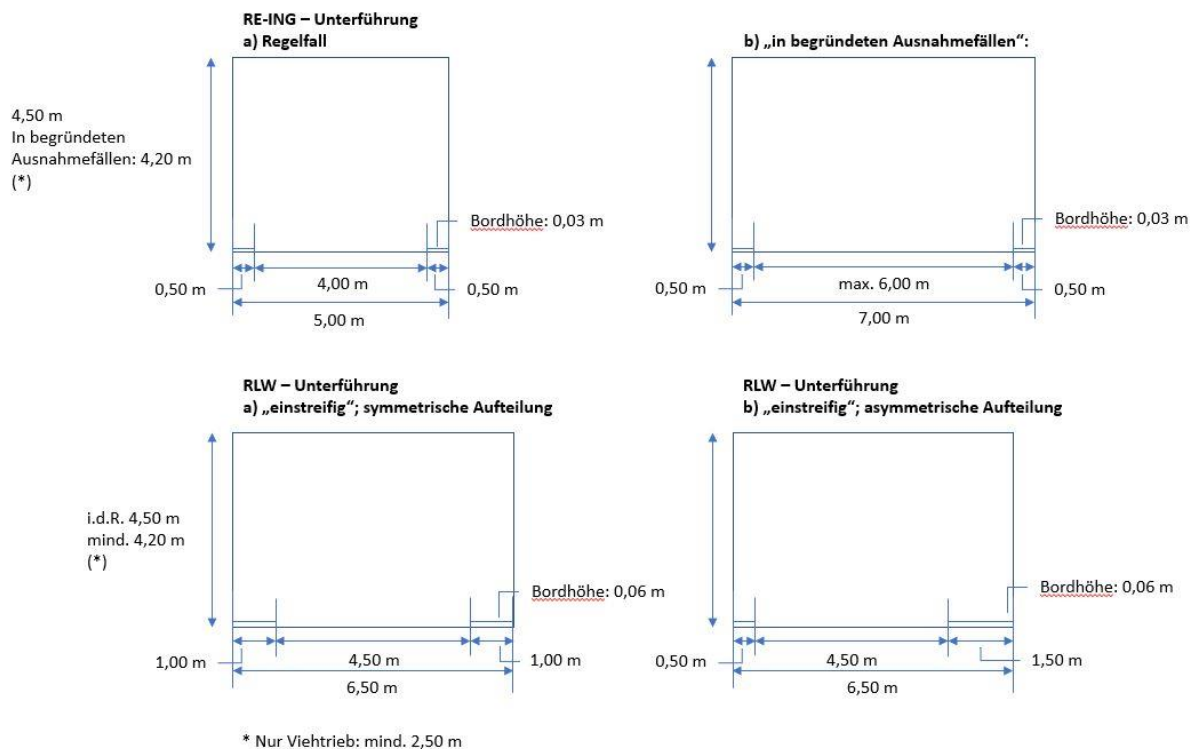


Bild 2-1: Gegenüberstellung der Varianten an Unterführungsbauwerke aus den RE-ING (oben) und den RLW 2016 (unten) (eigene Darstellung).

Während die RLW 2016 zwar für den Regelfall eine um 1,50 m breitere Unterführung vorsieht, welche primär dem Fußgängerverkehr durch je 1,00 m breite Sicherheitsräume im Vergleich zu nur 0,50 m breiten Sicherheitsräumen der RE-ING zugutekommt, sind die Auslegungen für eine Verbreiterung restriktiver. Die RLW 2016 sehen eine „Verbreiterung der angegebenen Maße auf absolute Sonderfälle“ beschränkt, die RE-ING formuliert hier etwas weicher und besagt, dass falls „in begründeten Ausnahmefällen Mehrbreiten erforderlich werden“ das Maß der befestigten Fahrbahnbreite von 6,00 m jedoch nicht überschritten werden dürfe. Die RE-ING sehen demnach für den Regelfall schmalere Unterführungen vor, bieten für den Ausnahmefall jedoch mehr Spielraum für Verbreiterungen.

Auch bezüglich der zu gewährleisteten lichten Höhe unterscheiden sich die Regelwerke. Die RLW 2016 besagen, dass die Höhe des lichten Raums in Unterführungen „in der Regel 4,50 m, mindestens aber 4,20 m“ (RLW 2016, S. 56) betragen solle. Dagegen ist in den RE-ING „stets“ eine lichte Höhe von 4,50 m sicherzustellen und nur „in begründeten Ausnahmefällen“ eine Höhe von 4,20 m vorzusehen (RE-ING, S. 4) - diese müsse jedoch mit dem BMDV abgestimmt werden. Der Wortlaut in Bezug auf die zu gewährleistende lichte Höhe scheint in den RE-ING etwas enger gefasst zu sein als die Vorgaben, welche in den RLW 2016 zu finden sind.

Außerdem unterscheiden sich die beiden Regelwerke auch bzgl. der Bordhöhe. In den RLW 2016 wird diese mit 0,06 m angegeben, in den RE-ING nur mit 0,03 m.

2.1.2 Überführungsbauwerke

Die RLW 2016 betrachtet den einstreifigen Brückenquerschnitt als Regelfall, der zweistreifige Querschnitt solle laut RLW 2016 „nur in Ausnahmefällen“ (S. 54) geplant werden.

Die Fahrbahnbreite richtet sich dabei nach den in den RLW 2016 definierten Wegetypen. Für Brücken im Zuge von „Verbindungs- und Feldwegen“ ist eine Fahrbahnbreite von 4,50 m + je 0,50 m Sicherheitsraum vorgesehen (lichte Breite = 5,50 m). Bei ausnahmsweise zweistreifig angelegten Brücken ist die Fahrbahnbreite auf 7,00 m zu vergrößern (vgl. Bild 2-2). Für Brückenbauwerke im Zuge von Waldwegen soll die Fahrbahnbreite auf 3,50 m + je 0,50 m Sicherheitsraum (lichte Breite = 4,50 m) betragen.

Brücken sollen „an die Örtlichkeit angepasst“ (RLW 2016, S. 54) geplant werden und „die zu kreuzenden Straßen, Schienenbahnen, Wege oder Gewässer möglichst rechtwinklig schneiden“ (RLW, 2016, S. 54).

Dagegen werden einstreifige Überführungen in den RLW 2005 mit Fahrbahnbreiten von 3,50 m + je 0,50 m Sicherheitsraum (lichte Breite = 4,50 m) und zweistreifige Überführungen mit einer Fahrbahnbreite von 5,00 m + je 0,50 m Sicherheitsraum (lichte Breite = 6,00 m) veranschlagt.

Die RE-ING sehen bei Überführungen im Standardfall eine Fahrbahnbreite von 4,00 m + je 0,50 m Sicherheitsraum vor (lichte Breite = 5,00 m). Sie unterscheiden nicht explizit zwischen ein- und zweistreifigen Brücken, geben jedoch an, dass selbst wenn „in begründeten Ausnahmefällen Mehrbreiten erforderlich werden“ (RE-ING Teil 2, S. 3) die befestigte

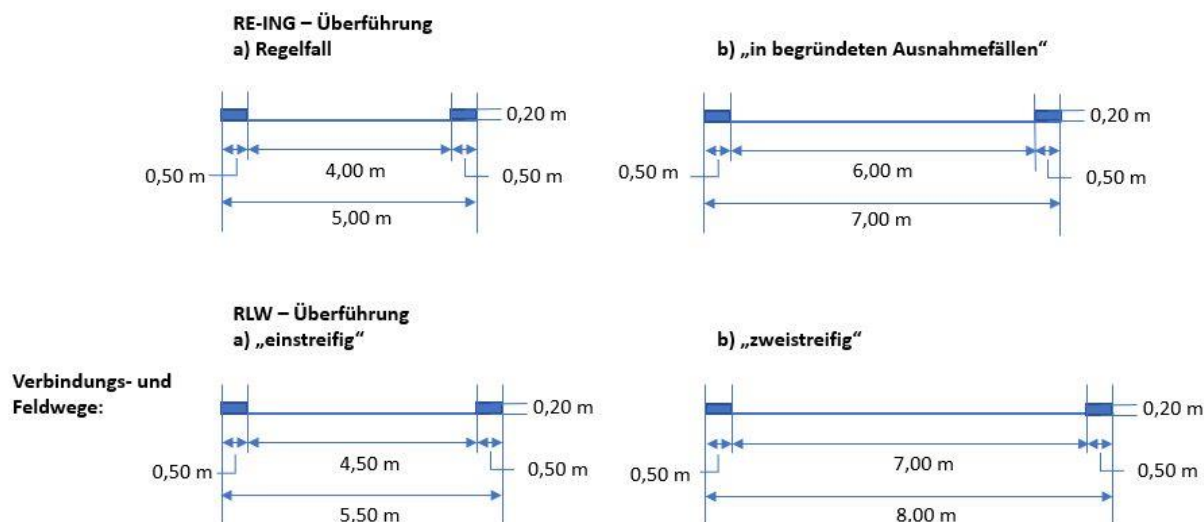


Bild 2-2: Gegenüberstellung der Varianten an Überführungsbauwerken aus den RE-ING (oben) und den RLW 2016 (unten) (eigene Darstellung)

tigte Fahrbahnbreite ein Maß von 6,00 m nicht überschreiten dürfe. Ob dies einen zweistreifigen Verkehr ermöglichen soll, geht aus den Erläuterungen der RE-ING nicht hervor.

In gewisser Weise ist auch der Nachweis der Notwendigkeit und die Variabilität bzgl. eines breiteren Querschnitts bei den RE-ING und den RLW 2016 unterschiedlich. Nach Bei den RLW 2016 sollte ein zweistreifiger Brückenquerschnitt „nur in Ausnahmefällen“ (RLW 2016, S. 54) geplant werden. Dann jedoch „ist die Fahrbahnbreite zwischen den Borden auf 7,00 m zu vergrößern“ (RLW 2016, S. 54) – ohne formal auch Zwischenmaße zu ermöglichen.

Die RE-ING spricht dagegen von Mehrbreiten in „begründeten Ausnahmefällen“ (S. 4) und legt außerdem als Obergrenze fest, dass „das Maß der befestigten Fahrbahnbreite 6,00 m nicht überschreiten“ (S. 4) dürfe. Damit sind vom Wortlaut her grundsätzlich auch Breiten zwischen 5,00 m und 6,00 m möglich.

2.2 Landwirtschaftliches Wegenetz und anzutreffende Verkehre

Ländliche Wege werden in den RLW 2016 eingeteilt in

- Verbindungswege
- Feldwege
 - o Hauptwirtschaftswege
 - o Wirtschaftswege
 - o Grünwege
- Waldwege
 - o Holzabfuhrwege
 - o Betriebswege
- Sonstige Ländliche Wege

Dabei werden Feldwege nochmals in Hauptwirtschaftswege, Wirtschaftswege und Grünwege sowie Waldwege in Holzabfuhrwege und Betriebswege untergliedert (vgl. Tab. 2-1). Die einzelnen Wegetypen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Zweckes und damit verbunden auch in die Nutzergruppen/Verkehrsteilnehmer, welche sie vordergründig nutzen.

Wegetyp	Zweck	Befahrung durch
1 Verbindungswege	Verbinden das örtliche Wegesystem und ermöglichen übergemeindlichen Verkehr.	- allg. ländlicher Verkehr - land- und forstwirtschaftlicher Verkehr
2 Feldwege	Dienen der Erschließung der Feldflur.	- siehe 2.1, 2.2. und 2.3
2.1 Hauptwirtschaftswege	Dienen der weitmaschigen Erschließung der Feldflur und erfüllen häufig die Anforderungen an eine multifunktionale Nutzung.	- multifunktional
2.2 Wirtschaftswege	Dienen der engmaschigen Erschließung der Feldflur und können auch die Anforderungen einer multifunktionalen Nutzung erfüllen.	- (z. T.) multifunktional
2.3 Grünwege	Dienen der Erschließung und Bewirtschaftung von Grundstücken; es handelt sich um unbefestigte Feldwege.	- Traktoren - landwirtschaftliche Geräte
3 Waldwege	Dienen der Walderschließung.	
3.1 Holzabfuhrwege	Haben hervorgehobene Erschließungswirkung und binden Waldgebiete an öffentliche Straßen an.	- Lkw - Pkw - Arbeitsmaschinen
3.2 Betriebswege	Dienen der weiteren Erschließung der Fläche.	- Pkw - Arbeitsmaschinen
4 Sonstige Ländliche Wege	Ergänzende besondere ländliche Wege, z. B. Geh-/Wander-/Radwege.	- zu Fuß Gehende - Rad Fahrende

Tab. 2-1: Klassifizierung der Wegetypen, deren primäre Zwecke und Nutzung (RLW 2016)

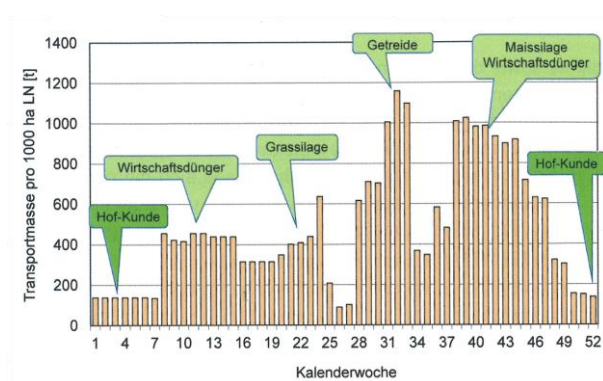
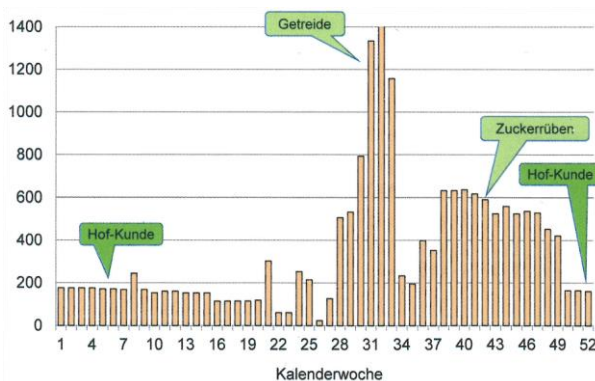


Bild 2-3: Verteilung der Transporte über ein Kalenderjahr für Betriebe ohne Tierhaltung (links) und mit Tierhaltern (rechts), (RLW 2016, S. 24)

Der Verkehr, welcher auf diesen unterschiedlichen Wegetypen stattfindet, wird in den RLW 2016 eingeteilt in den

- allgemeinen Verkehr,
- landwirtschaftlichen Verkehr und
- forstwirtschaftlichen Verkehr.

Der allgemeine Verkehr umfasst den „Verkehr mit Kraftfahrzeugen, den Fahrrad- und Fußgängerverkehr und teilweise das Reiten sowie regional das Treiben und Führen von Tieren“ (S. 24). Er wird charakterisiert als „gemischter Verkehr mit schnell und langsam fahrenden Fahrzeugen“ (S. 24), welcher „ohne jahreszeitliche Unterbrechung“ abläuft, „zügig“ und als „nicht richtungsgebunden“ charakterisiert wird.

Der landwirtschaftliche Verkehr findet meist mit Traktoren (mit/ohne Anhänger), selbstfahrenden landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen und z. T. mit Pkw und Lkw (mit/ohne Anhänger) statt (S. 24), wobei dieser im Vergleich zum allgemeinen Verkehr nicht zu jeder Witterung und nicht ganzjährig stattfindet (S. 24). Insbesondere der Verkehr zwischen Hof und Feld ist dabei jahreszeitlich sehr unterschiedlich (vgl. Bild 2-3) und zahlreichen Einflussfaktoren wie beispielsweise der Bodennutzung, Betriebsstruktur und Witterung unterworfen (RLW 2016, S. 24). Die Transporte unterscheiden sich laut RLW 2016 ferner dahingehend, ob die Betriebe eine Tierhaltung betreiben oder nicht. Während der Erntezeit spielen Transporte in den Abend- und Nachtstunden eine Rolle. Geprägt ist laut RLW 2016 der Verkehr zwischen Hof und Feld sowie Feld zu Feld „im Allgemeinen von Kurzstreckenverkehr“ und „durch viele Einzelfahrten mit Traktoren“ (RLW 2016, S. 25; vgl. auch Bild 2-4). Dabei nehme „der Anteil von schweren Traktoren und die Zahl der selbstfahrenden landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen weiter zu“ (RLW 2016, S. 25).

Als dritte Verkehrsart wird der forstwirtschaftliche Verkehr behandelt, welcher u. a. bestimmt ist durch „Holztransporte und Transporte sonstiger Forstprodukte mit Traktoren und Anhängern, Lkw-Gliederzügen und Lkw-Sattelzügen“ (RLW 2016, S. 25).

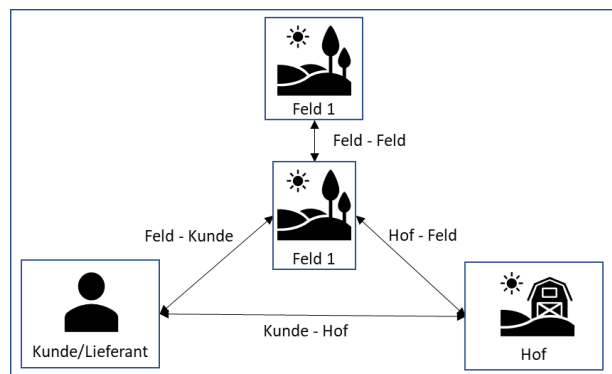


Bild 2-4: Wege des landwirtschaftlichen Verkehrs (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an textliche Beschreibung RLW 2016)

2.3 Systematisierung und Zulassung des landwirtschaftlichen Verkehrs

2.3.1 Fahrzeugklassen

Sofern eine EG-Typgenehmigung erteilt wurde, bildet die EG-Klassifizierung die Grundlage für die Fahrzeugeinstufung. Bei einer

- Allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE),
- Einzelgenehmigung nach § 13 EG-Fahrzeug-Genehmigungsverordnung (EG-FGV) oder
- Betriebserlaubnis gemäß § 21 StVZO

kann für die Fahrzeugeinstufung die nationale Fahrzeug- und Aufbauart gemäß Verzeichnis zur Systematisierung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern, aber auch die EG-Klassifizierung verwendet werden (KBA 2021, S. 7).

In der EU-Verordnung Nr. 167/2013 werden in Artikel 4 die eingeführten Fahrzeugklassen näher beschrieben. Folgende Klassen sind für die Landwirtschaft relevant (LoF: Land- oder forstwirtschaftliche Zulassung):

- Klasse T: LoF Zugmaschinen auf Rädern
- Klasse C: LoF Zugmaschinen auf Gleisketten
- Klasse R: LoF Anhänger
- Klasse S: gezogene auswechselbare Geräte für den Einsatz in der Land- und Forstwirtschaft.

Diese Klassen werden nochmals in Unterklassen aufgeteilt, welche von Achslasten, Leermassen und Spurweiten abhängen.

Als Land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschine auf Rädern (Klasse T) wird eine Zugmaschine bezeichnet, die „nach ihrer Bauart und Ausrüstung auch zum Schieben, Tragen oder Antreiben von auswechselbaren Geräten für land- oder forstwirtschaftliche Arbeiten bestimmt ist. Dazu gehören neben den T-Fahrzeugen auch die nationalen Fahrzeugarten Ackerschlepper, Geräteträger und Sattelzugmaschine, die als land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschine im Zuge des Einzelgenehmigungsverfahrens eingestuft wurde“ (§ 2 Nr. 16 FZV).

Selbstfahrende Arbeitsmaschinen werden definiert als „Kfz, das nach seiner Bauart und seiner besonderen, mit dem Fahrzeug fest verbundenen Einrichtung zur Verrichtung von Arbeiten, jedoch nicht zur Beförderung von Personen oder Gütern bestimmt

und geeignet ist“ (§ 2 Nr. 17 FZV). Zu den Selbstfahrenden Arbeitsmaschinen zählen Arbeitsmaschinen und Arbeitsgerät für die Land- oder Forstwirtschaft, Arbeitsmaschinen für Erdarbeiten und Straßenbau sowie Sonstige Arbeitsmaschinen.

Kraftfahrzeuganhänger (Klasse O oder R) einschließlich gezogener auswechselbarer Geräte (Klasse S) werden definiert als „Nicht selbstfahrendes Straßenfahrzeug, das nach seiner Bauart dazu bestimmt ist, von einem Kfz mitgeführt zu werden“ (KBA 2021, S. 13).

Fahrzeuganhänger der Klasse R werden also explizit für die Land- oder Forstwirtschaft eingesetzt. Sie werden unterteilt anhand ihrer zulässigen Gesamtmasse (bis 1,5 t = R1, mehr als 1,5 t bis 3,5 t = R2, mehr als 3,5 t bis 21 t = R3 und mehr als 21 t = R4) und zusätzlich nach der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit (bis zu 40 km/h = a und über 40 km/h = b) gliedern. Zu ihnen zählen ebenfalls national eingestufte Anhänger für die Land- oder Forstwirtschaft. (KBA 2021, S. 12)

Zu den Fahrzeugen der Klasse S werden „gezogene auswechselbare Geräte zum Einsatz in der Land- oder Forstwirtschaft, die sich nach der zulässigen Gesamtmasse (bis 3,5 t = S1 und über 3,5 t = S2) und zusätzlich nach der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit (bis zu 40 km/h = a und über 40 km/h = b) gliedern“ (KBA 2021, S. 13) gezählt.

Auch national eingestufte Anhänger-Arbeitsmaschinen und Anhänger-Arbeitsgeräte für die Land- oder Forstwirtschaft gehören hierzu.

2.3.2 Zulässige Breiten

Zulässige Breiten sind in § 32 StVZO Abs. 1 geregelt. Danach darf bei Kraftfahrzeugen und Anhängern einschließlich mitgeführter austauschbarer Ladungsträger die höchstzulässige Breite folgende Maße nicht überschreiten:

- Breite Einzelfahrzeug allgemein: 2,55 m
- Land- oder forstwirtschaftliche Arbeitsgeräte und bei Zugmaschinen und Sonderfahrzeuge mit auswechselbaren land- oder forstwirtschaftlichen Anbaugeräten: 3,00 m

Rückspiegel dürfen gemäß StVZO über die genannten Breiten herausragen. Allerdings beziehen sich Breiten- und Höhenbeschränkungen nach StVO (Z. 264 und Z. 265) auf die tatsächlichen Breiten- und Höhen.

Ferner darf nach § 1 Abs. 1 der 35. Ausnahmeverordnung zur StVZO bei land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen und ihren Anhängern die Breite über alles bis zu 3,00 m betragen, wenn sich die größere Breite allein aus der Ausrüstung mit Doppelbereifung, Gleisketten oder Breitreifen ergibt.

Es gibt jedoch auch noch weitere Ausnahmen, welche jedoch einer speziellen Genehmigung bedürfen. Konkret ist hierfür im ersten Schritt eine Ausnahmegenehmigung nach § 70 StVZO sowie im zweiten Schritt eine Erlaubnis nach § 29 Abs. 3 StVO einzuholen. In einigen Bundesländern (BL), so z. B. in Niedersachsen, Hessen, Nordrhein-Westfalen oder Sachsen-Anhalt besteht ein sog. vereinfachtes Erlaubnisverfahren. Dieses ist jedoch regional geregelt und muss jeweils mit der zuständigen Straßenverkehrsbehörde abgestimmt werden. Auch die hierbei grundsätzlich gestatteten Breiten unterscheiden sich je nach Bundesland.

Zu beachten sind hier die Empfehlungen für die Erteilung von Ausnahmegenehmigungen nach § 70 StVZO für bestimmte Fahrzeugarten und Fahrzeugkombinationen (Empfehlungen zu § 70 StVZO). Einschlägig ist hier die Empfehlung 12, welche land- oder forstwirtschaftliche Fahrzeuge einschließlich Arbeitsgeräte umfasst.

Prinzipiell ausnahmefähig sind danach u.a.:

- selbstfahrende LoF Arbeitsmaschinen (z. B. Mährescher, Feldhäcksler, Kartoffel- oder Rübensvollernter, Rübenreinigungslader, Mähmaschinen)
- als Anhänger angehängte LoF Arbeitsgeräte
- LoF Zugmaschinen mit LoF Anbaugeräten

Explizit nicht dazu gehören:

- Transportfahrzeuge
- LoF Zugmaschinen ohne LoF Anbaugeräte
- Quads

2.3.3 Kenntlichmachung

2.3.4 Speicherung im Zentralen Fahrzeugregister

Das Zentrale Fahrzeugregister (ZFZR) stellt eines der vier zentralen Register dar, welches das KBA führt. Darin werden die von den örtlichen Zulassungsbehörden sowie von den Versicherungsunternehmen übermittelten Fahrzeug- und Halterdaten

aller mit Kennzeichen bzw. Versicherungskennzeichen versehenen Fahrzeuge gespeichert. Eine Mitteilung an das KBA erfolgt bei:

- Neuzulassungen
- Besitzumschreibungen (Halterwechsel)
- Änderung in den persönlichen Verhältnissen des Halters
- Wechsel des Kfz-Versicherungsunternehmens
- Außerbetriebsetzung sowie
- bautechnischen Veränderungen.

Wird ein fabrikneues Kraftfahrzeug (Kfz) oder ein Kraftfahrzeuganhänger (Kfz-Anhänger) erstmals in Deutschland zugelassen und registriert, so handelt es sich um eine Neuzulassung. Bei einer Neuzulassung erhält das entsprechende Fahrzeug ein Kennzeichen. Ein solches Kennzeichen erhält jedes nach § 3 Abs. 1 FZV zulassungspflichtiges und jedes nach § 3 Abs. 2 FZV vom Zulassungsverfahren befreite, aber nach § 4 Abs. 2 FZV kennzeichenpflichtige Fahrzeug von der nach Landesrecht zuständigen Zulassungsbehörde.

Wechselt ein bereits angemeldetes Fahrzeug seinen Halter, so handelt es sich bei der Zulassung des Fahrzeugs auf den neuen Halter um eine Besitzumschreibung.

Bei der Außerbetriebsetzung handelt es sich um die endgültige bzw. vorübergehende Abmeldung eines Fahrzeugs vom öffentlichen Straßenverkehr. Die Außerbetriebsetzung kann verschiedenste Gründe haben, so z. B. die Verschrottung, Ausfuhr ins Ausland, Nutzung ausschließlich auf nicht öffentlichem Gelände oder der vorübergehende Nutzungsverzicht.

Der „Pool“ zugelassener Fahrzeuge erhöht sich also durch die Neuzulassung eines fabrikneuen Fahrzeugs und verringert sich durch die Außerbetriebsetzung. Eine Besitzumschreibung verändert die Anzahl der sich im Pool der zugelassenen Fahrzeuge befindlichen Fahrzeuge nicht, jedoch kann und wird sich in den meisten Fällen die geografische Zuordnung zu einem Zulassungsbezirk verändern.

3 Zulassungszahlen ländlicher Fahrzeuge

3.1 Methodisches Vorgehen

Die öffentlich verfügbaren Statistiken auf den Seiten des KBA beinhalten aggregierte Zulassungszahlen auf verschiedenen Ebenen:

- Zusammenfassungen nach Fahrzeuggruppen,
- bestimmten Eigenschaften wie Emissionsklassen sind auf Ebene der Zulassungsbezirke verfügbar,
- Summen bestimmter konkreter Fahrzeug- bzw. Produktnamen auf Ebene der Bundesländer.

Die Anzahl von Fahrzeugen mit bestimmten Breiten könnten hieraus höchstens indirekt abgeleitet werden, sofern die Fahrzeugmaße bestimmter Produkte bekannt wären und es sich bei den Fahrzeugen um Serienfahrzeuge handelt.

Darüberhinausgehende Auswertungen sind als Dienstleistungen des KBA erhältlich, wobei diese jedoch in der Regel ebenfalls in Form von aggregierten Daten ausgegeben werden.

Die aus Sicht des Forschungsnehmers geeignetste Datenform umfasst jedoch Einzelfahrzeugdaten, die angepasst an bestimmte Abgrenzungen der Maße von Fahrzeugen z. B. im Zusammenhang mit Bauwerksabmessungen selbständig zu bestimmten Gruppen aggregiert werden können.

Durch das KBA konnte eine frühzeitige Datenbereitstellung erfolgen, die zu einem innerhalb des Projektablaufs möglichst frühen Zeitpunkt eine Zusammenstellung und Einordnung der breiten Fahrzeuge sowohl auf Bundes- wie auch auf Länderebene ermöglicht.

Dem KBA wurde basierend auf den Angaben im „Leitfaden zur Ausfüllung der Zulassungsbescheinigung Teil I und II“ mitgeteilt, welche Informationen der Datensatz enthalten sollte. Im Einzelnen sind dies:

- Datum der Erstzulassung des Fahrzeugs
- Masse des in Betrieb befindlichen Fahrzeugs in kg
- Fahrzeugklasse
- Anzahl der Achsen
- Höchstgeschwindigkeit
- Länge
- Breite
- Höhe
- Zulassungsbezirk

Bei den Fahrzeugklassen wurde sich auf die EG-Fahrzeugklassen R, S, T und C bzw. die entsprechenden nationalen Fahrzeugklassen beschränkt. Bei Letzteren wurden bei der Datenanforderung u.a. folgende Fahrzeuge und Anhänger explizit genannt:

- Ackerschlepper (89 1000)
- Geräteträger (89 2000)
- LoF Sattelzugmaschine (90 0000)
- Selbstfahrende Arbeitsmaschinen (z. B. Bodenfräse 161101, Mähdrescher 16 1107)
- LoF-Anhänger (80 0001)

Ein Datensatz, der die angeforderten Angaben enthält, wurde im Anschluss zur Verfügung gestellt. Dieser Datensatz mit dem Aktenzeichen 321-140.1-10710-21 beinhaltet den Bestand an ausgewählten Fahrzeugklassen am 01.01.2020 mit folgenden ausgewählten technischen Merkmalen:

- statistische Kennziffer
- Zulassungsbezirk
- Fahrzeugklasse / Aufbauart
- Klartext zu Fahrzeugklasse / Aufbauart
- Datum der Erstzulassung [ddmmjjjj]
- Anzahl der Achsen
- Höchstgeschwindigkeit
- Leermasse Min
- Leermasse Max
- Länge Min
- Länge Max
- Breite Min
- Breite Max
- Höhe Min
- Höhe Max
- Technisch zulässige Gesamtmasse
- Anzahl der Fahrzeuge

Die bei den Längen-, Breiten- und Höhenangaben jeweils benannten Minimal- und Maximalwerte geben nach Auskunft des KBA an, in welchem Rahmen sich die Fahrzeugabmessungen des Fahrzeuges (z. B. nach Umbauten oder im Rahmen von

Sonderausstattungen) bewegen dürfen. Dabei darf ein Mindestwert nicht unter- und ein Maximalwert nicht überschritten werden.

Sofern alle Merkmale (inklusive Zulassungsbezirk) von aufgeführten Fahrzeugen identisch sind, kann die Anzahl der Fahrzeuge im entsprechenden Feld der KBA-Datenbank im Einzelfall größer als 1 sein. Um statistisch die korrekte Anzahl entsprechender Fahrzeuge mitzuführen, sind in diesen Fällen die Datensätze mit der in der Datenbank vermerkten Anzahl eingeflossen.

Ein nicht unerheblicher Anteil an Fahrzeugen weist offensichtlich falsche bzw. mit einem Platzhalter versehene und als Abfolge von 9er Ziffern deklarierte Breitenangaben auf. Dies betrifft in der Tendenz Fahrzeuge, welche eine weiter zurückliegende Erstzulassung besitzen.

Der übermittelte Datensatz enthielt 2.055.369 Fahrzeugdatensätze, die aus praktischen Gründen auf zwei Datenblätter einer Excel-Datei verteilt waren. Da wie beschrieben einige Fahrzeugdatensätze höhere Anzahlen als 1 aufweisen, liegt die tatsächliche Zahl etwas höher.

Datengrundlagen

Wie bereits erwähnt, finden sich im Datensatz Einträge, bei denen Fahrzeuge mit offensichtlich falscher oder fehlender Breitenzuordnung eingetragen wurden. Dabei ist das Erkennen fehlender Werte durch die dann seitens des KBA verwendete 9er-Codierung vergleichsweise einfach möglich. Bei anderen Fahrzeuggruppen kann teilweise vermutet werden, dass Umrechnungsfehler auf die Einheit Millimeter vorliegen, viele Breiten insbesondere im kleineren dreistelligen Millimeterbereich sind jedoch als unsystematisch falsch anzusehen. Gerade Fahrzeuge mit lange zurückliegender Erstzulassung sind hiervon in besonderem Maße betroffen. Insgesamt sind die Breitenmaße von 567.714 landwirtschaftlichen Fahrzeugen unbekannt bzw. offensichtlich fehlerhaft. Dies entspricht einem Anteil von knapp 30 % der letztendlich verwendeten Gesamtanzahl landwirtschaftlicher Fahrzeuge.

Da auch diese Fahrzeuge offensichtlich durch ihre Fahrzeugtypenkennung bzw. andere (Längen-) Maße als Bestandteil der Untersuchungsgruppe landwirtschaftlicher Fahrzeuge erkennbar sind, verbleiben diese Datensätze im Gesamtkollektiv, um vor allem später Vergleichsanteile bestimmter Fahrzeuggruppen ermitteln zu können. Diese Fahrzeuge werden behandelt wie die Fahrzeuge, bei denen un-

bekannte Maße mit „999“ bzw. „99999“ gekennzeichnet werden. Somit gehen die Fahrzeuge nicht mit den offensichtlich falschen Breiten in die Auswertung ein, gehören jedoch weiterhin zur Bezugsmenge der landwirtschaftlichen Fahrzeuge.

Demgegenüber wurden jedoch zwei Fahrzeuggruppen aus dem Gesamtkollektiv entfernt, da sie für die anstehende Fragestellung als nicht relevant bzw. die Gesamtsummen bzw. Anteile möglicherweise verzerrend angesehen werden:

- Sattelzugmaschinen bzw. LoF-Sattelzugmaschinen: Diese sind durchweg hinsichtlich ihrer Breiten, Längen, Massen und zulässigen Höchstgeschwindigkeiten als klassische Straßenfahrzeuge erkennbar, bei denen in diesem Projekt unterstellt wird, dass sie nicht systematisch am Verkehr auf landwirtschaftlichen Wegen teilnehmen. Die Ergebnisse aus den Videoauswertungen zeigen, dass diese Fahrzeuggruppen tatsächlich nicht systematisch am Verkehr auf landwirtschaftlichen Wegen teilnehmen.
- Fahrzeuge mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit größer 60 km/h und zulässiger Gesamtmasse < 1.000 kg: Diese Fahrzeuge sind auch von ihren anderen Maßen her (Breite, Höhe, Länge) nahezu ausschließlich als sogenannte „Quads“ identifizierbar. Auch bei diesen Fahrzeugen wird unterstellt, dass ihr verkehrlicher Hauptzweck nicht die Befahrung des landwirtschaftlichen Wegenetzes im Sinne dieses Forschungsvorhabens ist.

Nach Reduzierung um diese beiden Fahrzeuggruppen verbleiben als Gesamtfahrzeuganzahl für die weitere Auswertung 1.906.153 Fahrzeuge.

3.2 Dateneingrenzung und Plausibilisierung

Neben der Reduzierung des breitenrelevanten Datensatzes um systematisch unplausible bzw. durch 9er-Folgen als unvollständig gekennzeichnete Datensätze wurden für die Erhebung weiterer unplausibler Breiten Zusammenhänge mit zwei weiteren Größen des Datensatzes hergestellt. Dabei wurde die Fahrzeuglänge sowie das Jahr der Erstzulassung betrachtet.

Setzt man zur Überprüfung der Plausibilität der Breiten- und Längenangaben diese beiden Größen in Bezug, so wird deutlich, dass ein Großteil der

sehr breiten Fahrzeuge laut der Zulassungsdaten breiter als lang sind, erkennbar daran, dass die Datenpunkte links von der in Bild 3-1 eingeblendeten Linie liegen. Sie sind daher zumindest bei breiten Fahrzeugen als unplausibel anzusehen (kleines eingebettetes Bild). Ebenfalls ist bei Fahrzeugen mit einer Länge von mehr als 20 m davon auszugehen, dass ebenfalls entweder Datenfehler vorliegen oder sie jedenfalls nicht für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen herangezogen werden können.

Daher ist in Bild 3-1 der Bereich rot eingebledet, der quasi alle in Deutschland zugelassenen landwirtschaftlichen Fahrzeuge umfasst, die nicht wegen ihrer außergewöhnlichen Länge oder eines unplausiblen Verhältnisses von Breite zu Länge (kleiner 1 bzw. knapp darüber) als unplausibel anzusehen sind.

Alle anderen Fahrzeuge insbesondere mit datenmäßig benannten Breiten von mehr als 4 m werden daher als nicht verkehrsrelevant im Sinne dieser Untersuchung angesehen.

Daher wird im Folgenden nur auf Fahrzeuge eingegangen, die eine Breite von bis zu 4 m aufweisen, selbst wenn es sich bei den formal noch breiteren Fahrzeugen um in der Realität vorhandene Fahrzeuge handeln sollte. Diese Beschränkung erscheint auch daher angemessen, dass Fahrzeuge

mit einer Breite von mehr als 4 m wegen der erforderlichen Bewegungsspielräume weder Unter-/Überführungen nach RE-ING noch nach RLW 2016 befahren können.

Setzt man darüber hinaus das Jahr der Erstzulassung in Bezug zur Breitenangabe und differenziert ferner nach den Fahrzeugklassen Zugmaschinen, selbstfahrende Arbeitsmaschinen und Arbeitsgeräte, so wird deutlich, dass gerade bei den Zugmaschinen ein großer Teil der Fahrzeuge eine weit in der Vergangenheit liegende Erstzulassung aufweist. Ob und in welcher Häufigkeit solche Fahrzeuge noch im Verkehr zu finden sind, lässt sich aus den Daten nicht ohne weiteres ableiten. Allerdings kann wohl dennoch in der Tendenz davon ausgegangen werden, dass ältere Fahrzeuge eine deutlich geringere Jahresfahrleistung aufweisen als jüngere und daher diese Fahrzeuge – selbst, wenn sie tatsächlich mit dieser Breite existieren - nur einen sehr geringen Anteil zur Verkehrsleistung landwirtschaftlicher Fahrzeuge beitragen. Bild 3-2 zeigt darüber hinaus auch deutlich, dass ein Zusammenhang zwischen der Breitenentwicklung und den Erstzulassungen besteht: Bis Ende der 1990er-Jahre wiesen mit knapp 400 Fahrzeugen nur sehr wenige Fahrzeuge Breiten über 3,00 m auf, seitdem ist deren Zahl auf über 10.000 Fahrzeuge deutlich gestiegen. Eine ähnliche Auffälligkeit des zu-

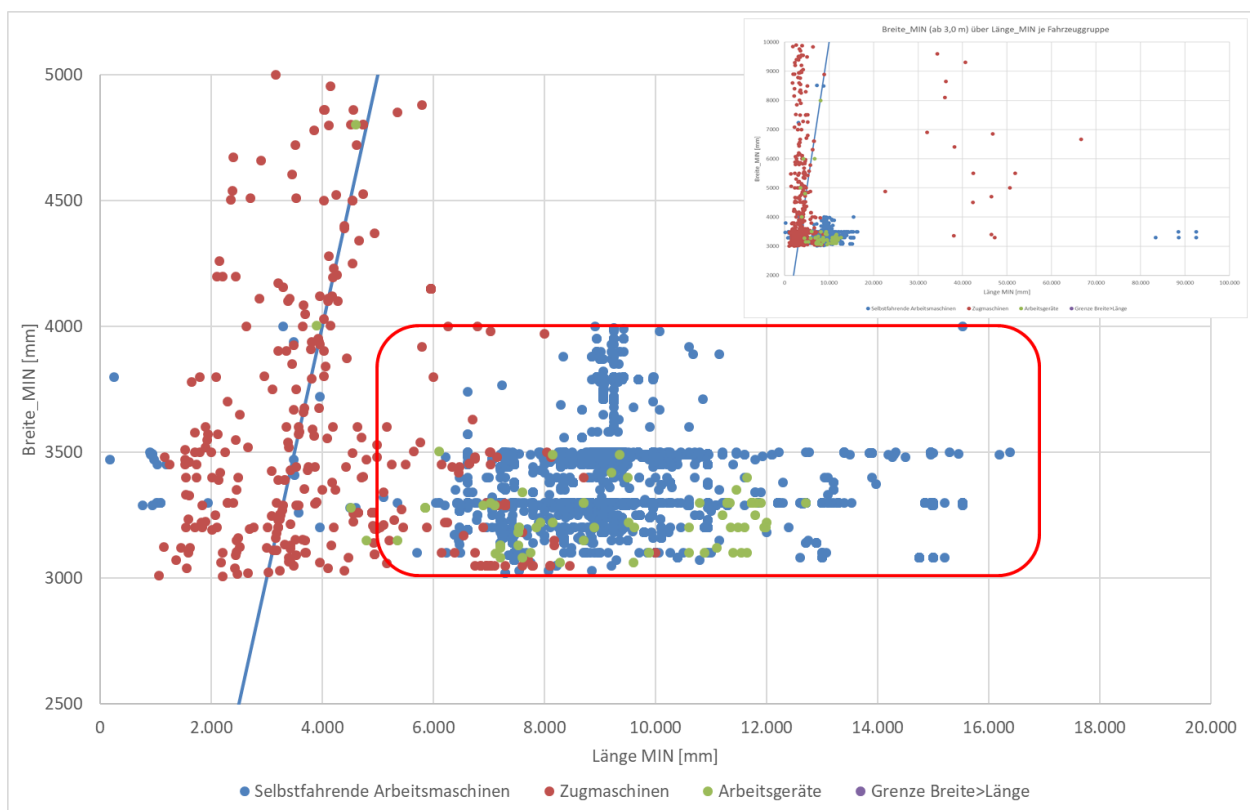


Bild 3-1: Übersicht über alle Fahrzeuge mit einer Breite von mehr als 3,0 m in Bezug zur Fahrzeuglänge

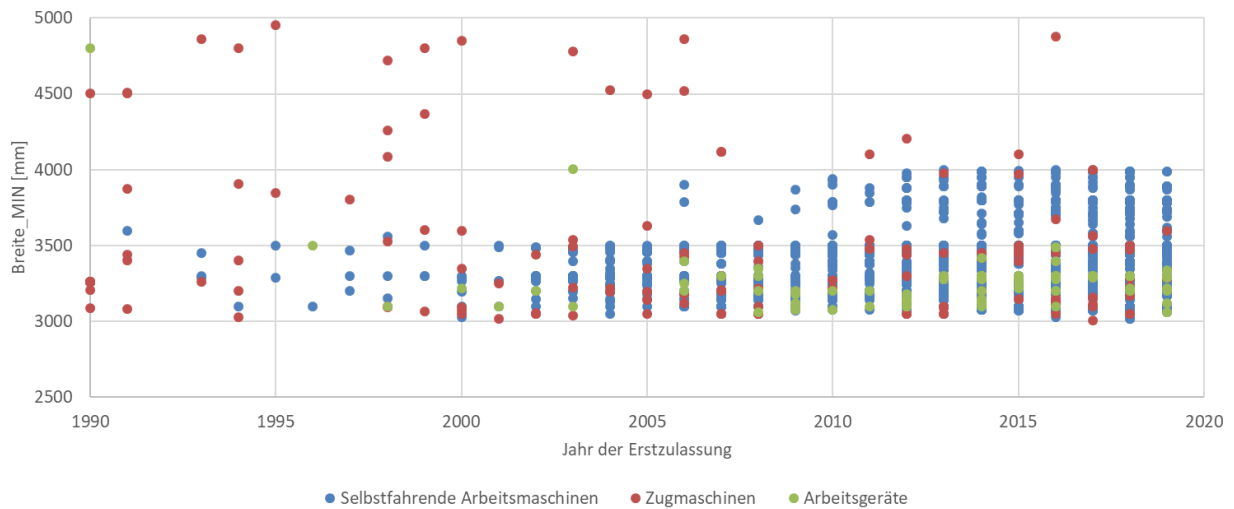


Bild 3-2: Übersicht über alle Fahrzeuge mit einer Breite von mehr als 3,0 m in Bezug zur Erstzulassung

nehmenden Auftretens bestimmter Fahrzeugbreiten hat sich um 10 Jahre versetzt Ende der 2000er-Jahre mit erstem Aufkommen von Fahrzeugen über 3,50 m ereignet, seitdem kommen auch Fahrzeuge bis 4,00 m Breite vor. Letztendlich spiegeln sich darin sowohl technische als auch regulatorische Entwicklungen wider.

dass die Gesamtanzahl an landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit Breiten zwischen 2,50 m und 2,60 m größer ist als die aller anderen Fahrzeuge mit Breiten über 2,60 m (vgl. Bild 3-3).

3.3 Anteil bestimmter Breitenklassen an den landwirtschaftlichen Fahrzeugen

Insbesondere aus der gemäß StVZO im Regelfall zulässigen Fahrzeugbreite von 2,55 m sowie der Zulässigkeit von Kühlfahrzeugen bis 2,60 m Breite ergibt sich, dass ein markanter Bruch in den Häufigkeitsverteilungen der Fahrzeugbreiten bei einer Unterscheidung von Fahrzeugen bis inkl. 2,60 m Breite und darüber vorliegt. Dies zeigt sich auch darin,

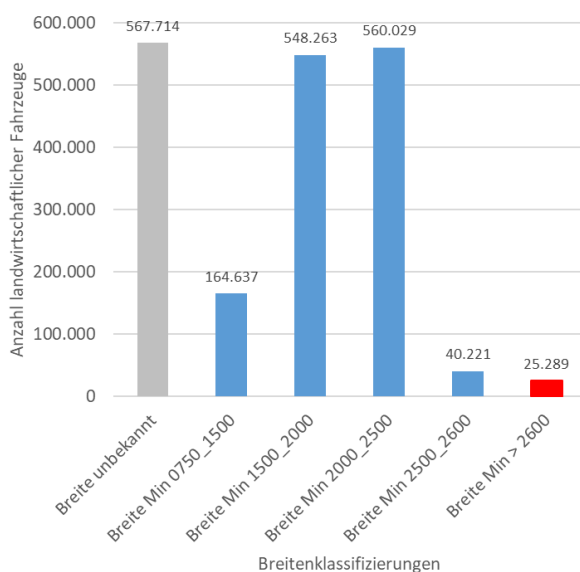


Bild 3-3: Gesamtbreitenverteilung der landwirtschaftlichen Fahrzeuge in Deutschland

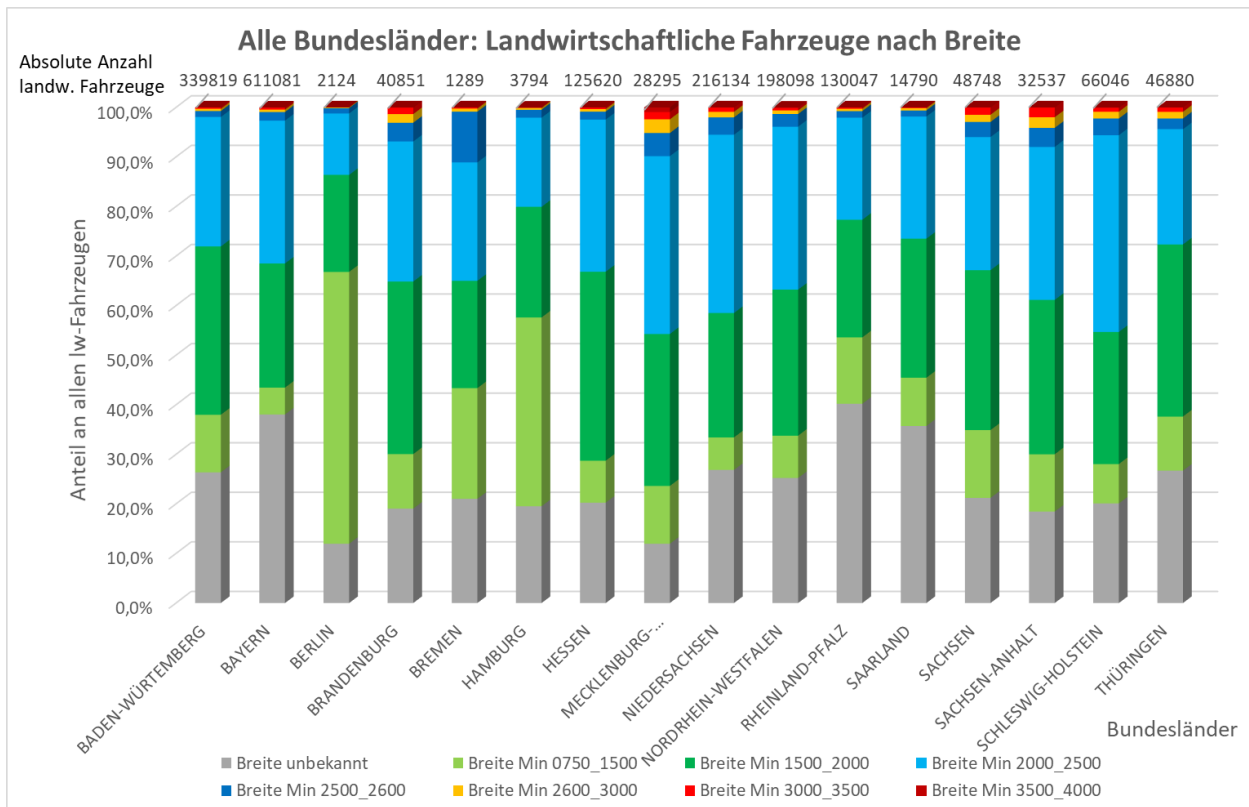


Bild 3-4: Breitenverteilung aller landwirtschaftlicher Fahrzeuge nach Bundesländern

Deutschlandweit liegt der Anteil aller landwirtschaftlichen Fahrzeuge mit einer Breite von mehr als 2,60 m bei gut 1 %, auch in einzelnen Bundesländern mit tendenziell breiten landwirtschaftlichen Fahrzeugen beträgt der Anteil der Fahrzeuge mit einer Breite über 2,60 m maximal 5 % (Mecklenburg-Vorpommern, vgl. Bild 3-4) .

Betrachtet man lediglich die Breitenverteilung der Fahrzeuge über 2,60 m Breite (Bild 3-5), so zeigen sich auch zwischen den Bundesländern strukturell und zahlenmäßig deutliche Unterschiede.

Für die Betrachtung von breiten Fahrzeugen mit einer Breite von größer als 2,60 m bieten sich nachfolgende Klassen an. Die Stufung mit Obergrenzen der Klassen bei 3,00 m und 3,50 m bietet sich an, weil erkennbar minimal unterhalb Häufungen in den Zulassungen erkennbar sind. Die in Bild 3-5 erkennbare weitere Häufung von Breiten bei 3,30 m erweist sich bei Detailbetrachtung jedoch als nicht so groß, als dass sie eine eigene Klasse rechtfertigt. Die obere Begrenzung bei 4,00 m ergibt sich aus der Plausibilisierung (Kapitel 3.2), da keine verkehrsrelevanten und plausiblen Fahrzeuge oberhalb dieser Grenze vorhanden sind.

- Klasse 1: 2,60 m – 3,00 m
- Klasse 2: 3,00 m – 3,50 m
- Klasse 3: 3,50 m – 4,00 m

Wird Klasse 3 gesondert betrachtet, so zeigt sich, dass in Mecklenburg-Vorpommern mit 264 Fahrzeugen nicht nur mehr als die Hälfte aller deutschlandweit existierenden Fahrzeuge über 3,00 m Breite zugelassen sind, auch relativ zum Bestand an landwirtschaftlichen Fahrzeugen sind diese Fahrzeuge mit rund 1 % hier häufiger anzutreffen. Auch in den anderen Neuen Bundesländern sind die Anteile von Fahrzeugen über 2,60 m deutlich höher als im deutschlandweiten Durchschnitt. Absolut betrachtet sind nach Mecklenburg-Vorpommern in Schleswig-Holstein, Bayern und Niedersachsen die sehr breiten Fahrzeuge über 3,50 m Breite am häufigsten vertreten.

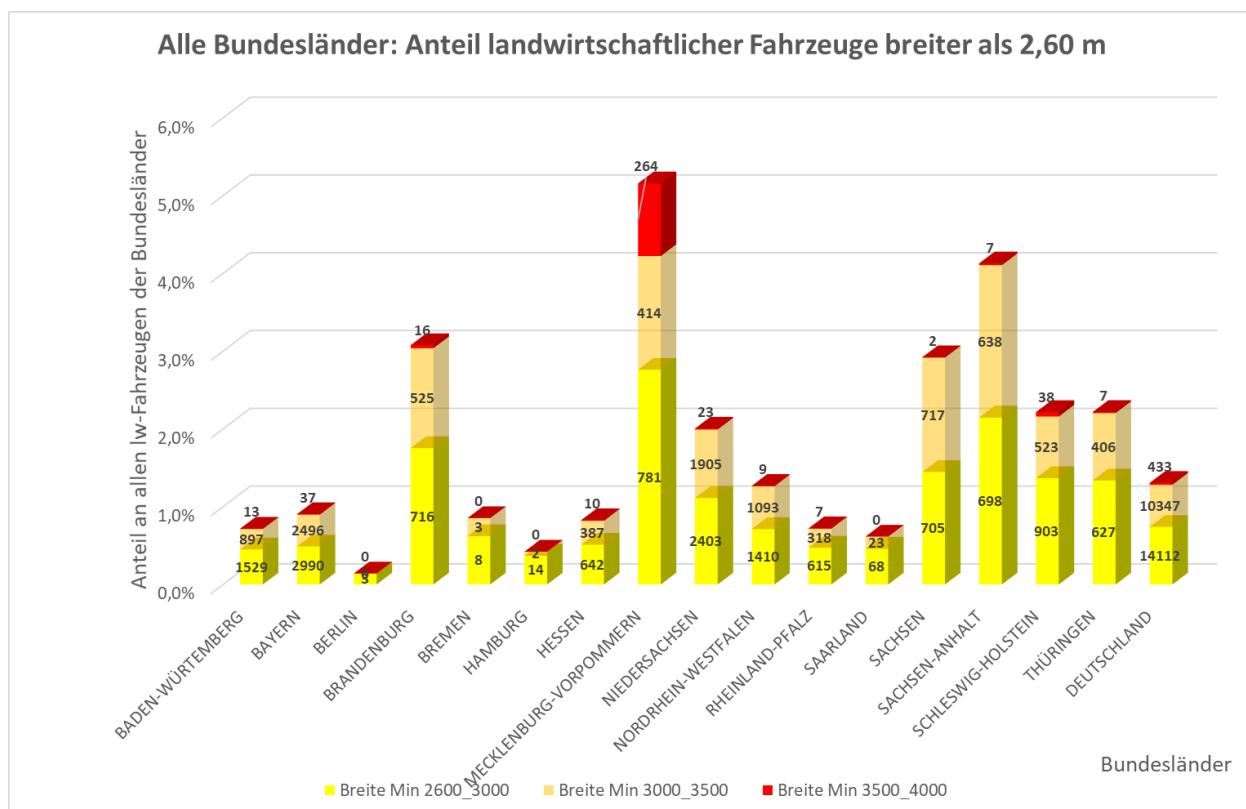


Bild 3-5: Anteile breiter Fahrzeuge ab 2,60 m nach Bundesländern

Zulassungsbezirke mit den größten Anteilen an sehr breiten Fahrzeugen

In den weiteren Bearbeitungsschritten ist eine lokale Betrachtung erforderlich mit dem Ziel, Regionen mit einer besonders großen Häufigkeit breiter Fahrzeuge zu ermitteln, um tendenziell dort Vor-Ort-Erhebungen durchzuführen. Unter statistischen Aspekten wird diese Teilbetrachtung auch innerhalb der vorliegenden Analyse durchgeführt, um auch hinsichtlich der Zulassungszahlen Gebiete ausfindig zu machen, in denen die Häufigkeit sehr breiter Maschinen größer ist als im Bundesdurchschnitt.

Im Hinblick auf die konkrete Auswahl von Gebieten mit tendenziell breiteren Fahrzeugen werden die einzelnen Zulassungsbezirke betrachtet und diese nach ihrem Anteil an breiten Fahrzeugen größer 3,00 m sortiert. Dabei zeigen sich Schwerpunkte für Zulassungsbezirke in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt (vgl. Bild 3-6). Die Abbildung beinhaltet eine Abgrenzung der Fahrzeugbreiten auch bei 3,30 m, die sich im Rahmen der Plausibilisierung als Häufungspunkt dargestellt hat.

Darin ist auch zu erkennen, dass hohe Anteile an sehr breiten Fahrzeugen (> 3,50 m) nicht unbedingt auch hohe Anteile bei allen breiten Fahrzeugen mit sich bringen. In dieser Abbildung fallen vor allem die

Landkreise aus Mecklenburg-Vorpommern auf, die auch den größten Teil aller sehr breiten Fahrzeuge stellen. Die Abbildungen der regionalen Schwerpunkte sind dem Anhang zu entnehmen.

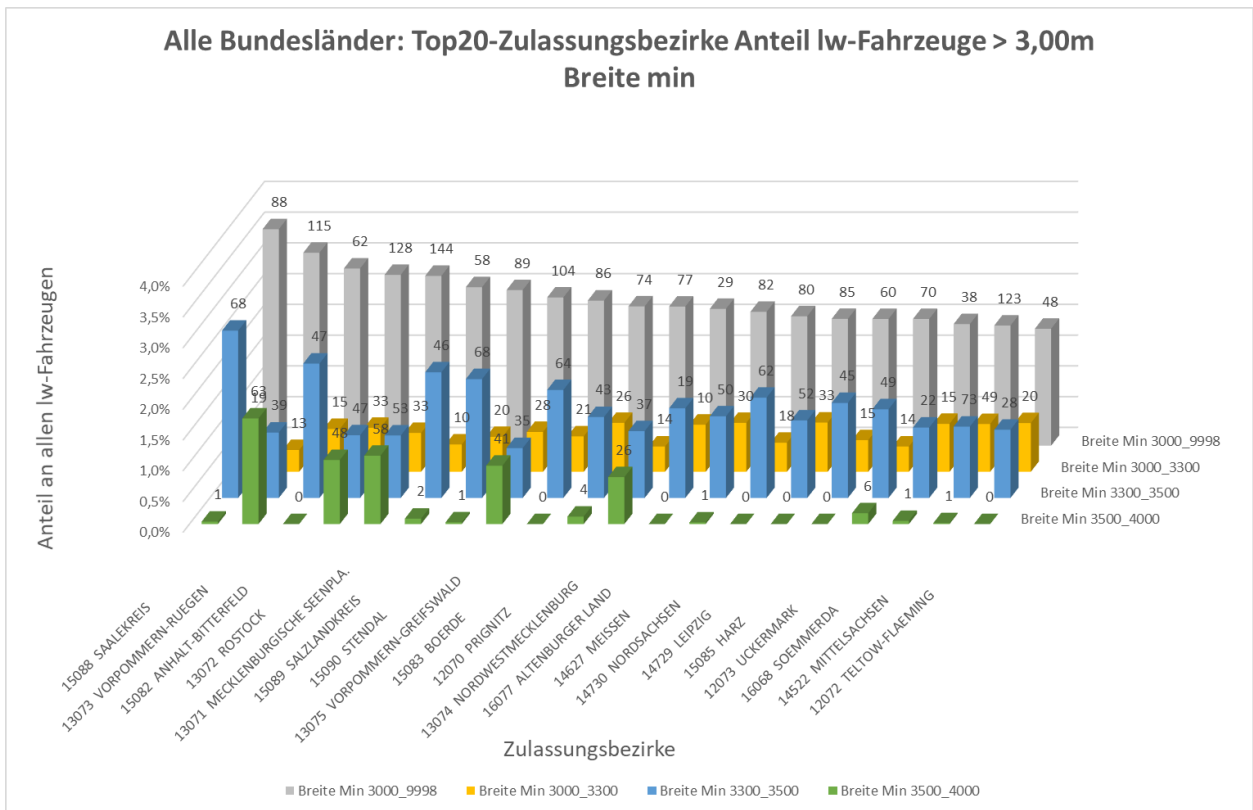


Bild 3-6: TOP 20-Zulassungsbezirke nach Anteil landwirtschaftlicher Fahrzeuge breiter als 3,00 m

3.4 Anteil bestimmter Breitenklassen in Fahrzeuggruppen

Betrachtet man die vier Hauptfahrzeuggruppen im Datensatz (Zugmaschinen, Selbstfahrende Arbeitsmaschinen, Arbeitsgeräte, Anhänger), so zeigt sich

eine sehr hohe Konzentration breiter Fahrzeuge ab 3,00 m in der Fahrzeuggruppe der selbstfahrenden Arbeitsmaschinen (Bild 3-7).

In den meisten Bundesländern machen demnach breite selbstfahrende Arbeitsmaschinen ab 3,00 m

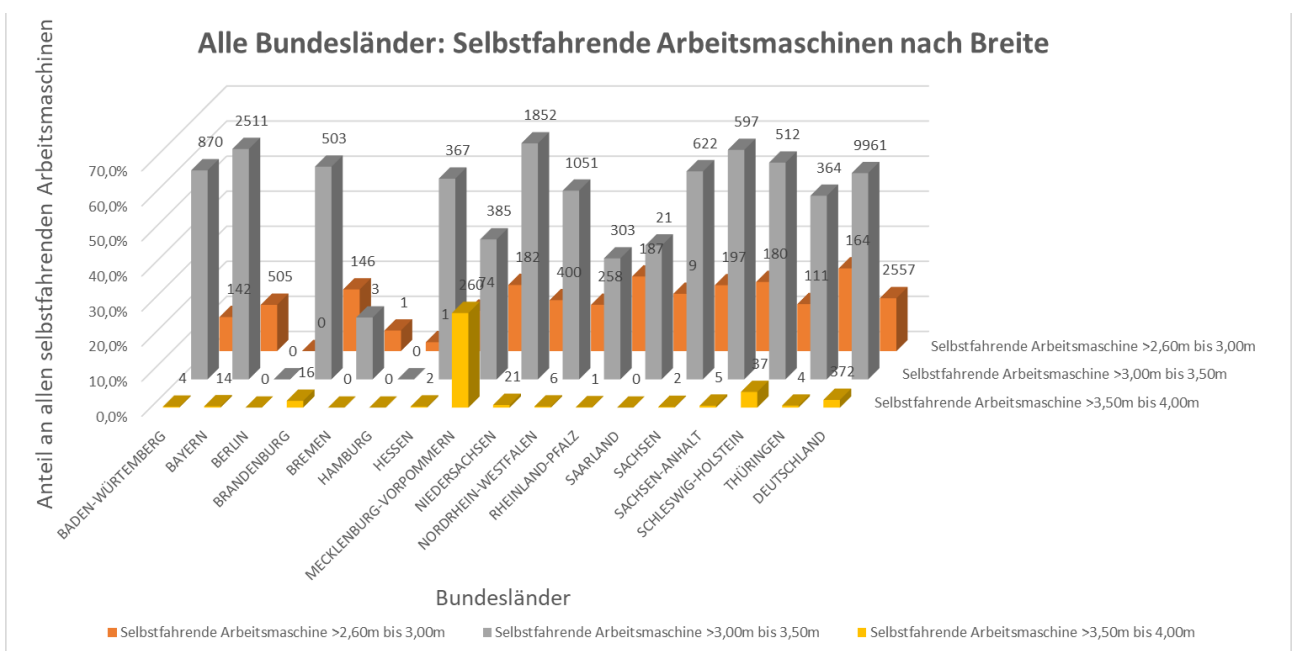


Bild 3-7: Anteile breiter selbstfahrender Arbeitsmaschinen

häufig rund 60 % aller selbstfahrenden Arbeitsmaschinen aus. Unter Ihnen wiederum sind zum größten Teil Mähdrescher als Unterkategorie anzutreffen, noch deutlicher ist dies bei den noch breiteren Arbeitsmaschinen ab 3,50 m.

3.5 Einordnung der anzutreffenden Breiten gegenüber dem Regelwerk

Vor allem aus der Plausibilisierung des Verhältnisses von Fahrzeugbreite zu Fahrzeuglänge ist erkennbar, dass quasi keine verkehrsrelevanten Fahrzeuge zugelassen sind, die breiter sind als 4,00 m.

Zur Einordnung der Befahrbarkeit mit bestimmten Fahrzeugen auf bzw. unter Bauwerken und den dort häufig anzutreffenden Fahrbahnbreiten von 4,00 m spielt neben der Breite des Aufbaus auch die Fahrwerksbreite eine entscheidende Rolle. Auch bei den vor allem bei sehr breiten Fahrzeugen verbreiteten geringen Fahrtgeschwindigkeiten sind Bewegungsspielräume erforderlich. Wegen der großen Bodenfreiheit von landwirtschaftlichen Fahrzeugen und den gegenüber den Fahrbahnrandern sowohl bei Unter- als auch Überführungsbauwerken zurückgesetzten Geländern bzw. Bauwerksmauern sind in der Regel Bauwerke mit lichten Weiten von 5,00 m insgesamt zumindest ohne weitere Verkehrsteilnehmer im Querschnitt befahrbar.

3.6 Relevante Aspekte der Zulassungszahlen landwirtschaftlicher Fahrzeuge für die weiteren Bearbeitungsschritte

Es ist festzustellen, dass markante Brüche in den Breitenverteilungen der Zulassungsstatistik jeweils knapp unter 2,60 m, unter 3,00 m, unter 3,50 m sowie unter 4,00 m liegen. Diese Maße spiegeln vor allem bei Betrachtung der Erstzulassungen auch die Weiterentwicklung der zulässigen bzw. für den landwirtschaftlichen Betrieb offensichtlich günstigen Fahrzeugmaße wider.

Die sehr breiten Fahrzeuge mit Breiten über 3,00 m sind vor allem in Form von selbstfahrenden Arbeitsmaschinen und darunter fast ausschließlich in Form von Mähdreschern anzutreffen.

Fahrzeuge mit einer Breite von mehr als 4,00 m sind nur in Konstellationen mit anderen Fahrzeugabmessungen anzutreffen, die offensichtlich unrealistisch sind, z. B. mit Fahrzeuglängen, die kürzer als die jeweiligen Fahrzeugbreiten sind.

Regionale Schwerpunkte sehr breiter Fahrzeuge zeigen sich vor allem in Mecklenburg-Vorpommern.

4 Auswahl von Untersuchungsstellen

4.1 Methodisches Vorgehen

Zur Auswahl von potenziell geeigneten Untersuchungsstellen im Bereich von Über- und Unterführungsbauwerken ländlicher Wege wurde zunächst eine Netzanalyse durchgeführt. Das übergeordnete Ziel der Netzanalyse ist die Vorauswahl von potenziellen Untersuchungsstellen, welche sowohl eine Nutzung durch landwirtschaftliche Maschinen als auch durch zu Fuß Gehende und Radfahrende erwarten lassen.

Die Basis für die Netzanalyse bildet die Datenbank SIB-Bauwerke, die seitens der Bundesanstalt für Straßenwesen zur Nutzung im Rahmen des FE-Vorhabens zur Verfügung gestellt wurde (vgl. Kapitel 4.2) und im Rahmen der Bearbeitung mit weiteren Datenquellen bzw. Datengrundlagen (OpenStreetMap, Radfernwege in Deutschland) kombiniert wurde.

Als Ergebnis dieses Arbeitsschritts wurden digitale Karten mit Wege- und Bauwerksinformationen als Vorauswahl von potenziellen Untersuchungsstellen generiert, welche eine Nutzung sowohl durch landwirtschaftliche Maschinen als auch durch zu Fuß Gehende und Radfahrende erwarten lassen. Diese dienen vor allem dazu, auf Arbeitsebene die infrastrukturelle Seite für die konkreten Untersuchungsobjekte vorzubereiten. Die mit dieser Methode identifizierten Bauwerke sowie deren Umfeld wurden im Anschluss besichtigt und vermessen, um die Vorauswahl zu konkretisieren.

4.2 Datenbank SIB-Bauwerke

4.2.1 Grundlagen

Die Erfassung, Verwaltung und Auswertung von Bauwerken erfolgt bei Bund und Ländern mithilfe des Programmsystems SIB-Bauwerke. Alle Bauwerksdaten werden in einer relationalen Datenbank mit 61 miteinander verknüpften Tabellen erfasst, verwaltet und ausgewertet (SIB-Bauwerke, S. 6).

Der bereitgestellte Datensatz für ganz Deutschland beinhaltet die folgenden, für die Netzanalyse relevanten Angaben zu den entsprechenden Bauwerken (Unter- und Überführungen):

- Bauwerksnummer
- Bauwerksname
- Ort / Koordinate des Bauwerks
- Amt
- Meisterei
- Kreis
- Baujahr
- Baulast
- Länge
- Breite
- Mindestbreiten und -höhen
- Fläche
- Tragfähigkeit
- Stützweite
- zugeordneter Sachverhalt
- höchster Sachverhalt oben
- höchster Sachverhalt unten
- Lage des höchsten Sachverhalts
- weitere/restliche Sachverhalte

Der zur Verfügung gestellte Ausgangsdatensatz der SIB-Bauwerke enthielt in Summe über alle Straßenkategorien 71.420 verzeichnete Bauwerke. In der Datenbank ist die Lage bzw. der Bauwerkstyp, ausgehend vom bedeutendsten Teilbauwerk, angegeben. Für die Auswertung des Datensatzes bzw. die Bestimmung der zugehörigen Breitenangaben wurde entsprechend der Lage des landwirtschaftlichen Weges die Attribute der Datenbank „Mindestbreite (unten)“ für Unterführungen bzw. „Mindestbreite (oben)“ für Überführungen ausgewertet. Das ausgewertete Attribut der SIB-Bauwerke entspricht dabei der minimalen Durchfahrtsbreite des Bauwerkes und ist nach der Anweisung Straßeninformationbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten (ASB-ING) definiert als „[...] dem Teil der nutzbaren Fahrbahnbreite in dem eine Durchfahrtshöhe an jeder Stelle über der Fahrbahn von mindestens 4,50 m gewährleistet ist.“ (BAST 2013, S.101)

4.2.2 Plausibilisierung

Zur Überprüfung bzw. Plausibilisierung der Daten aus der SIB-Bauwerke wurde zunächst eine manuelle Prüfung für den Streckenabschnitt der Autobahn A2 zwischen Braunschweig und Hannover durchgeführt (vgl. Bild 4-1).

In diesem Arbeitsschritt sollte abgeglichen werden, inwieweit die im Datensatz angegebenen Mindestbreiten mit den tatsächlichen Breiten der Bauwerke übereinstimmen, da die Breitenangaben bei der Auswahl von potenziellen Bauwerken von besonderer Bedeutung sind.

Auf dem Autobahnabschnitt wurden insgesamt 22 Bauwerke, deren Lage potenziell an ländlichen Wegen eingeordnet werden konnte, auf der Basis von Luftbildaufnahmen identifiziert. Durch eine nachfolgende manuelle Überprüfung konnten vier Bauwerke aufgrund der vor Ort ermittelten Straßenkategorie ausgeschlossen werden, sodass auf dem betrachteten Streckenabschnitt insgesamt 18 Unter- bzw. Überführungsbauwerke den landwirtschaftlichen Wegen zugeordnet werden konnten.

Die Ergebnisse der Prüfung sind in Tab. 4-1 aufgeführt.

Bauwerk	Breite SIB-Bauwerke [m]	Breite gemessen [m]
1A	3,0*	3,5
1B	3,0	3,0
2	5,0*	4,5
3	-	2,5
4	-	4,5
5	3,5	3,5
7	5,0	5,0
8	5,0	5,0
9	-	4,5
10	-	5,0
11	6,0	6,0
12	6,0*	7,0
14	5,0*	6,0
15	5,0*	6,0
16	6,0	6,0
17A	3,0	3,0
17B	3,0*	4,0
18	6,0*	5,5
19	3,5*	4,0
21	5,0	5,0

Tab. 4-1: Vergleich zwischen den Angaben aus der SIB-Bauwerke und den gemessenen Breiten auf dem analysierten Streckenabschnitt der A2 (von der Realität abweichende Breiten mit * markiert)

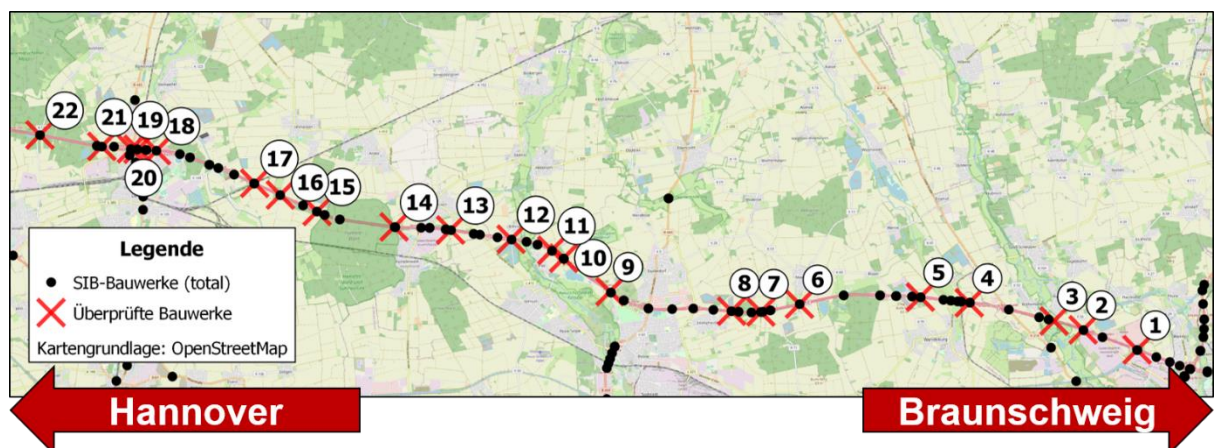


Bild 4-1: Streckenabschnitt der A2 zur Plausibilisierung der Datenbank SIB-Bauwerke (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)

Für 8 von 16 Bauwerken mit Breitenangaben in der Datenbank stimmt die gemessene Breite mit den hinterlegten Daten überein (vgl. Tabelle). Bei 4 Bauwerken war in der SIB-Bauwerke kein Eintrag der entsprechenden Mindestbreite vorhanden. Für einzelne Bauwerke wurde eine Abweichung zwischen der gemessenen Breite und der Angabe Datenbank ermittelt (vgl. Tab. 4-1, von der Realität abweichende SIB-Breiten mit * markiert).

Als Fazit lässt sich zusammenfassen, dass die maximale Differenz zwischen der vor Ort gemessenen und der in der SIB-Bauwerke hinterlegten Breite 1,00 m beträgt. Dabei sind $\frac{3}{4}$ der falschen Angaben in der SIB-Bauwerke geringer als die tatsächlich auftretenden Breiten. Die Abweichungen können durch die manuelle Messung und dem an einigen Messstellen nicht exakt definierbaren Übergang zwischen Fahrbahn und Fahrbahnrand begründet werden. Für einen Großteil der Bauwerke können die Breitenangaben jedoch bestätigt werden. Für die folgenden Arbeitsschritte wird die SIB-Bauwerke daher als Datenbasis verwendet.



Bild 4-2: Beispiel für die Unterführung Nr. 5



Bild 4-3: Beispiel für die Überführung Nr. 18

4.3 Vorauswahl von Untersuchungsstellen

4.3.1 Methodisches Vorgehen

Zur Identifikation potenzieller Untersuchungsstellen für die Durchführung von empirischen Untersuchungen wurde eine Methode entwickelt (vgl. Bild 4-4), die den Untersuchungsraum auf Grundlage der

räumlichen Lage sowie der Analyse der Zulassungszahlen ländlicher Fahrzeuge aus Abschnitt 3.3 weiter eingrenzt.

Nach einer Netzanalyse aller vorliegender Bauwerksdaten wurden für eine Vorauswahl zunächst 3 Teilnetze definiert. Entscheidend für diese erste Vorauswahl war die geografische Lage des dem Bauwerk zugeordneten Landkreises. Über die Datenbank SIB-Bauwerke wurden anschließend alle Einträge in die Vorauswahl übernommen, die in den vorausgewählten Landkreisen verortet werden konnten. Im nächsten Schritt wurden die Bauwerke klassifiziert, die aufgrund ihrer Lagebeschreibungen im Bereich eines landwirtschaftlichen Weges liegen.

Die potenziellen Untersuchungsstellen und deren Umfeld wurden zur Konkretisierung der Vorauswahl detailliert analysiert und mit weiteren Informationen (z. B. Hinweise von Landwirtschaftskammern und Verbänden) angereichert. Die Eignung als potenzielle Untersuchungsstelle hing vor allem davon ab, ob das Bauwerk den zu untersuchenden Richtlinien entsprach, in welchem Ausmaß landwirtschaftliche Flächen im Bereich des Bauwerkes vorhanden waren und ob sich Nutzungskonflikte mit weiteren Verkehrsteilnehmern zu erwarten waren.

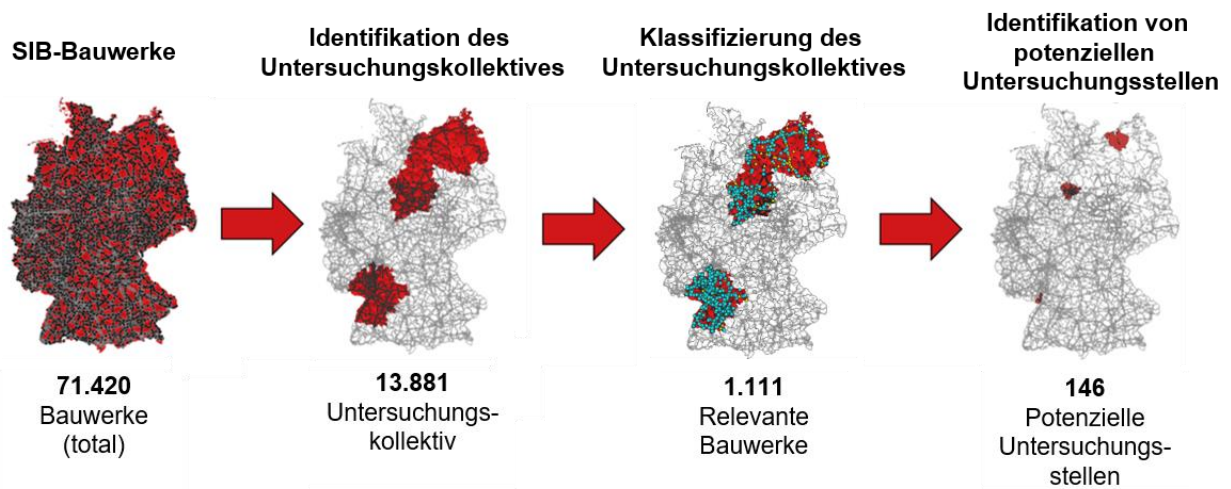


Bild 4-4: Methodik zur Vorauswahl von Untersuchungsstellen

4.3.2 Netzanalyse SIB-Bauwerke

Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, enthielt der zu analysierende Ausgangsdatensatz der SIB-Bauwerke 71.420 verzeichnete Bauwerke über alle Straßenkategorien. Zunächst erfolgte eine Analyse des gesamten Netzes aller Unter- und Überführungsbauwerke an ländlichen Wegen, um die Ergebnisse der selektiven Erhebungen von Konflikten bei der Auswertung bzw. Bewertung in den Kontext der Netzstruktur zu setzen. Weiterhin wurden die Bauwerke über die im Datensatz vorhandenen Angaben zu X- und Y-Koordinaten den jeweiligen Bundesländern zugeordnet. Hierbei konnten ca. 7,5 % der Bauwerke ($n = 5.305$) keinem Bundesland zugewiesen werden, da entweder eine Koordinatenangabe fehlte ($n = 5.520$) oder die Koordinaten außerhalb bzw. direkt an der Grenze von Deutschland lagen ($n = 205$). Die Bild 4-5 zeigt die räumliche Verteilung aller in der SIB-Bauwerke hinterlegten Einträge als Heatmap (dunkelrote Bereiche weisen eine hohe Dichte, helle Bereiche eine niedrige Dichte auf – dabei ist ein fließender Farbverlauf vorhanden). Neben einem Schwerpunkt der Verteilung im Ruhrgebiet sowie dem Großraum Frankfurt sind viele Datenbankeinträge in Sachsen-Anhalt verortet. In den Flächenländern Niedersachsen und Bayern hingegen verteilen sich die Einträge homogener über die Fläche des gesamten Bundeslandes.

Zusätzlich wurde eine Klassifizierung der Bauwerke durch Gegenüberstellung der aufgeführten Straßenkategorien vorgenommen. Von Interesse waren hierbei entsprechend der Fragestellung des Forschungsprojektes ausschließlich Bauwerke, bei denen sich landwirtschaftliche Wege mit Bundesautobahnen oder Bundesstraßen kreuzen. Der Bauwerksdatensatz enthält in diesem Zusammenhang

jeweils Daten zum höchsten Sachverhalt, welcher die Straßenkategorie der Hauptnutzung repräsentiert, die jeweils unterhalb und oberhalb des Bauwerks verlief. Im Folgenden werden diese als „höchster Sachverhalt unten“ und analog „höchster Sachverhalt oben“ bezeichnet. Relevante Kombinationen der Sachverhalte zur Identifikation von Überführungen waren untenliegende Bundesstraßen respektive Autobahnen in Verbindung mit obenlie-

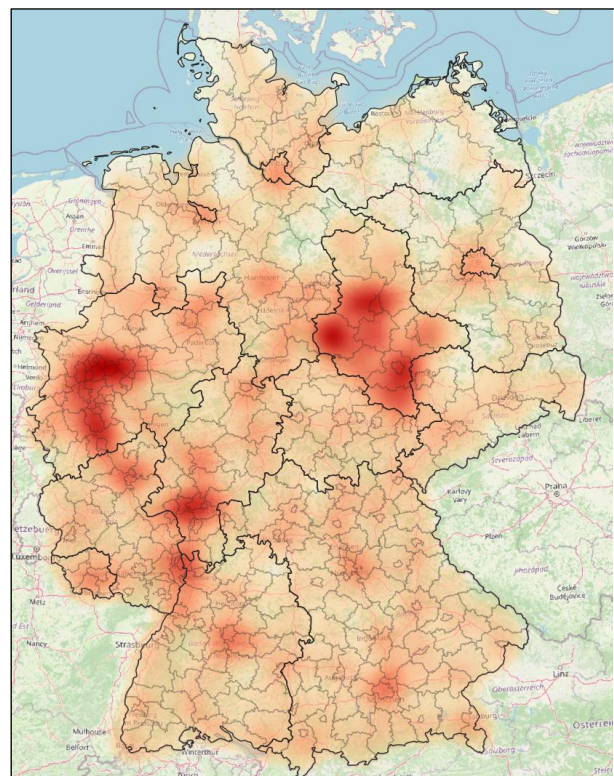


Bild 4-5: Räumliche Verteilung aller Einträge der SIB-Bauwerke. Dabei ist die Dichte der Bauwerke als Heatmap dargestellt. (Kartengrundlage: © OpenStreet-Map und Mitwirkende, CC-BY-SA e: OpenStreet-Map)

genden Forstwegen, Gemeindestraßen und Wirtschaftswegen. In Abstimmung mit BAST wurden weitere Kombinationen als nicht relevant zur Erreichung der Projektziele klassifiziert. Als „Überführung“ wurden Bauwerke definiert, bei denen der landwirtschaftliche Weg über die Autobahn- bzw. Bundesstraße geführt wird. Analog dazu wird der

identifizierte landwirtschaftliche Weg bei einer „Unterführung“ unter der entsprechenden Straße geführt.

Die Bild 4-6 zeigt die Gesamtanzahl der klassifizierten und relevanten Bauwerke differenziert nach Bundesländern. Die Analyse ergab, dass insgesamt

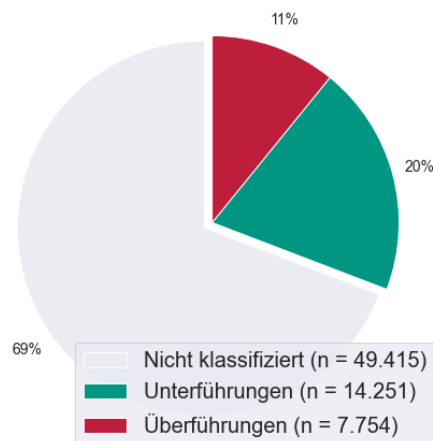
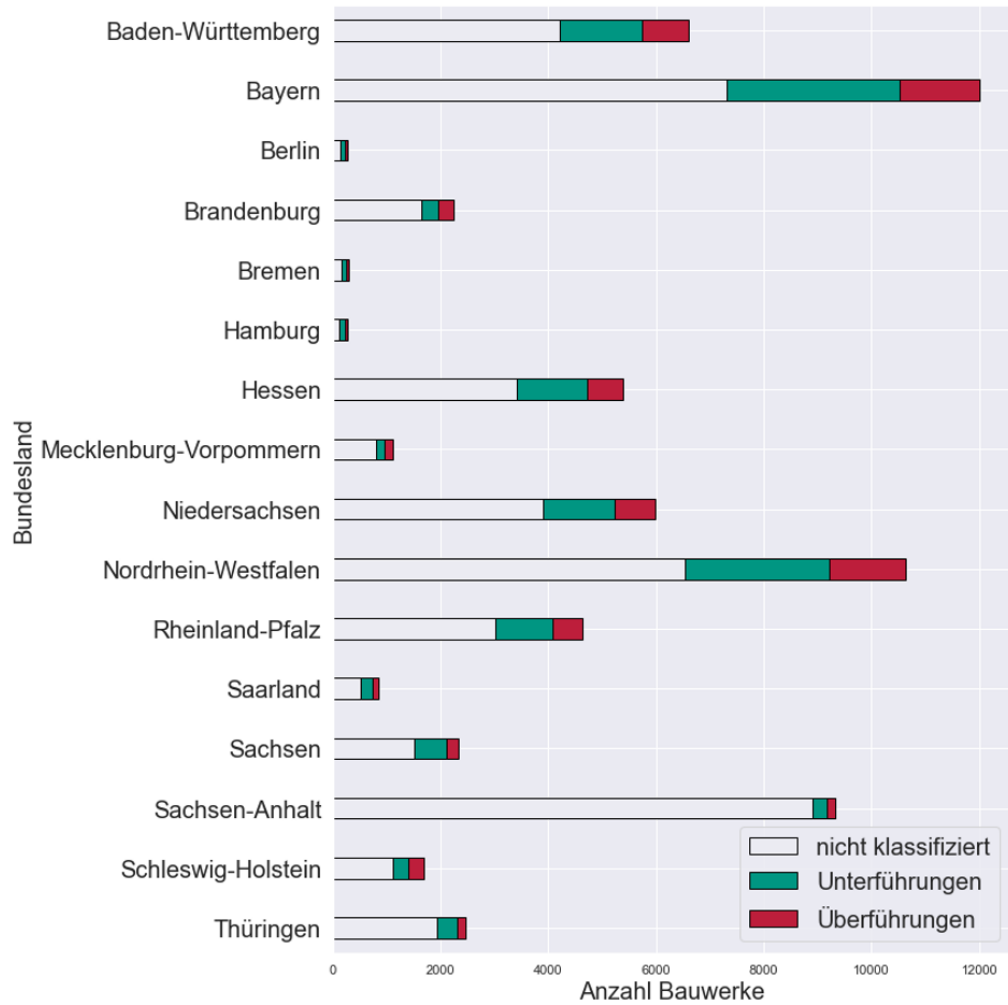


Bild 4-6: Anzahl der Über- und Unterführungsbauwerke an Bundesstraßen und Autobahnen differenziert nach Bundesland

ca. 31 % der Bauwerke an Autobahnen bzw. Bundesstraßen liegen und einen landwirtschaftlichen Weg queren (n = 22.005). Die beiden Bundesländer mit den insgesamt meisten relevanten Bauwerken und einem Anteil von jeweils ca. 5 % aller Bauwerkseinträge sind Nordrhein-Westfalen und Bayern zuzuordnen. Diese liegen aber oft nicht an landwirtschaftlichen Wegen und wurden daher im Projektverlauf nicht weiter klassifiziert.

Von den für das Forschungsvorhaben relevanten Bauwerken wurden 65 % der Einträge als Unterführung identifiziert (n = 14.251). 9.309 der Datenbankeinträge zu Unterführungen konnten Autobahnen zugewiesen werden, 4.942 Unterführungen wurden an Bundesstraßen verortet. An Überführungen (n =

7.754) gibt es eine ähnliche Anzahl von Bauwerken an Autobahnen (n = 4.297) und an Bundesstraßen (n = 3.457). Die Bild 4-7 zeigt daher die Anzahl der als relevant in der SIB-Bauwerke klassifizierten Einträge differenziert nach Autobahn bzw. Bundesstraße und Bundesland.

Da der Zusammenhang zwischen möglichen Konflikten und der Breite des entsprechenden Bauwerks untersucht werden sollte, war neben der räumlichen Lage der Bauwerke vor allem die in der SIB-Bauwerke hinterlegte Angabe zur minimalen Durchfahrtsbreite ein wesentlicher Bestandteil der Netzanalyse bzw. bei der Auswahl von Untersuchungsstellen für die Konflikterhebung an Unter-

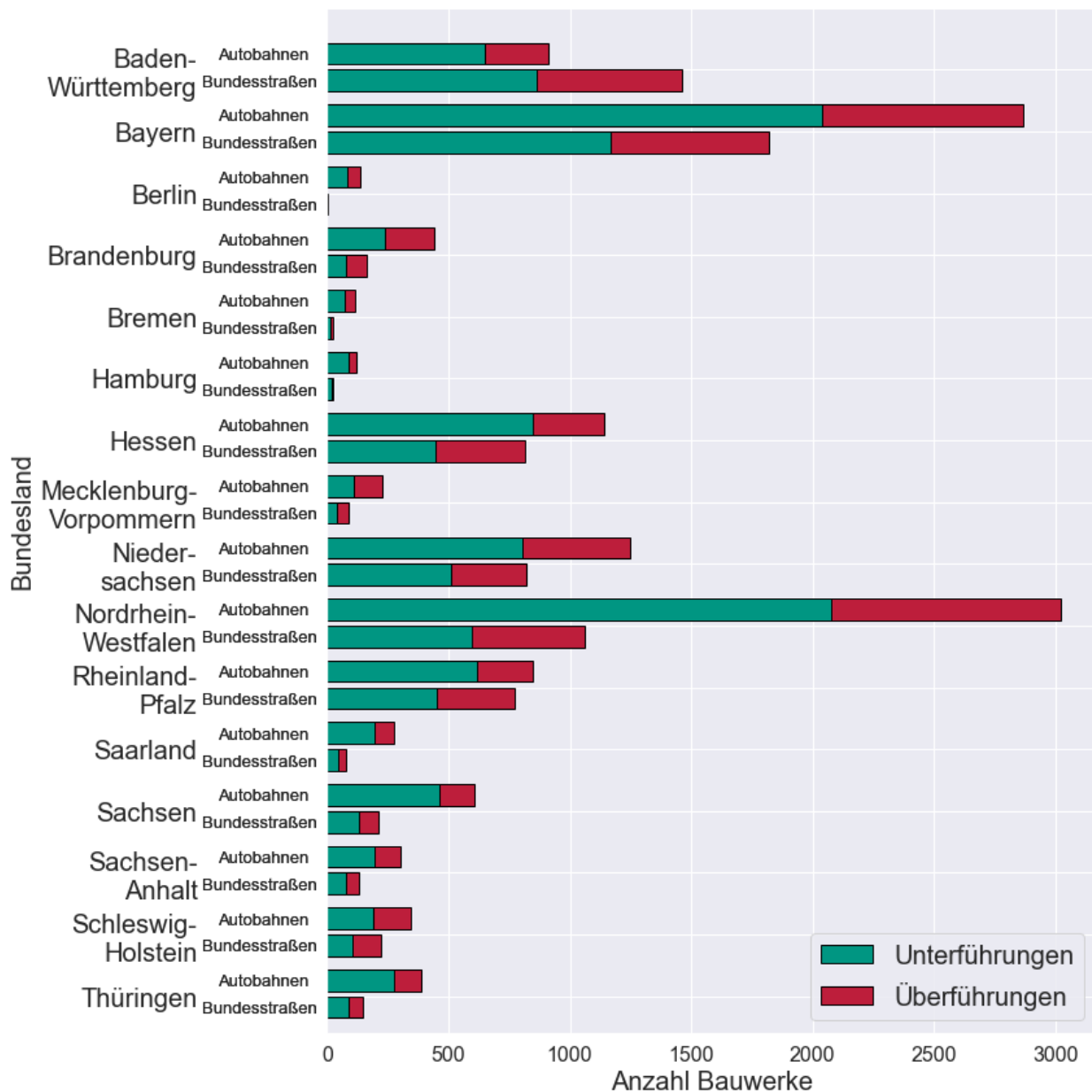


Bild 4-7: Anzahl der Über- und Unterführungsbauwerke an Bundesstraßen und Autobahnen differenziert nach Bundesland

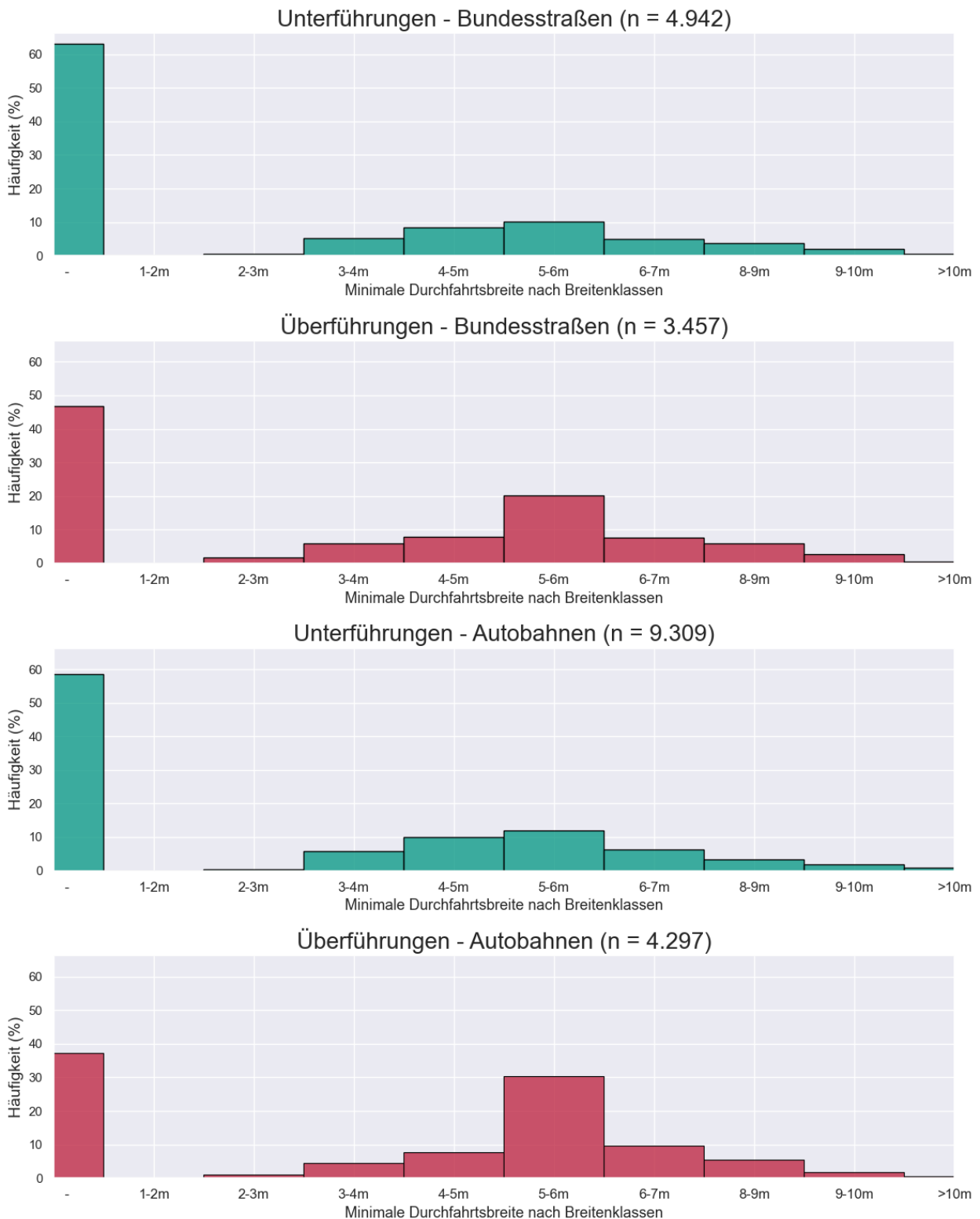


Bild 4-8: Häufigkeitsverteilung der minimalen Durchfahrtsbreiten nach Breitenklassen der Bauwerke an Bundesstraßen und Autobahnen differenziert nach Bauwerkstyp

bzw. Überführungsbauwerken. Die Häufigkeitsverteilung von Breitenklassen ist in der Bild 4-8 für die differenzierten Bauwerkstypen dargestellt.

Im Durchschnitt liegt die Breite der Bauwerke bei ca. 5,0 m (Unterführungen = 5,0 m, Überführungen = 5,1 m). Die am häufigsten vertretene Breitenklasse ist die Klasse zwischen 5 bis 6 Metern. Insbesondere Überführungen (n = 1.585) sind oft mit einer minimalen Durchfahrtsbreite von 5,0 m in der Datenbank aufgeführt. Auffällig ist, dass es bei allen Bauwerksgruppen einen nicht unerheblichen Anteil von Bauwerken gibt, die mit keiner Angabe zur Mindestdurchfahrtsbreite (bzw. dem Wert 0) versehen sind. Eine Analyse der Daten zeigte, dass es sich dabei um knapp 54 % der relevanten Bauwerke handelte (n = 11.779). Der Anteil von Bauwerken

ohne Eintrag ist in den Bundesländern dabei sehr unterschiedlich (vgl. Bild 4-9). In Schleswig-Holstein ist für mehr als 93 % der Bauwerke die Mindestbreite hinterlegt, in Berlin hingegen nur für jedes vierte Bauwerk (ca. 26 %).

4.3.3 Identifikation des Untersuchungskollektives

Im Sinne einer möglichst effizienten Projektbearbeitung sollten nach Möglichkeit die Regionen im näheren Umfeld der beiden beteiligten Institute (Braunschweig für das nordöstliche Niedersachsen,

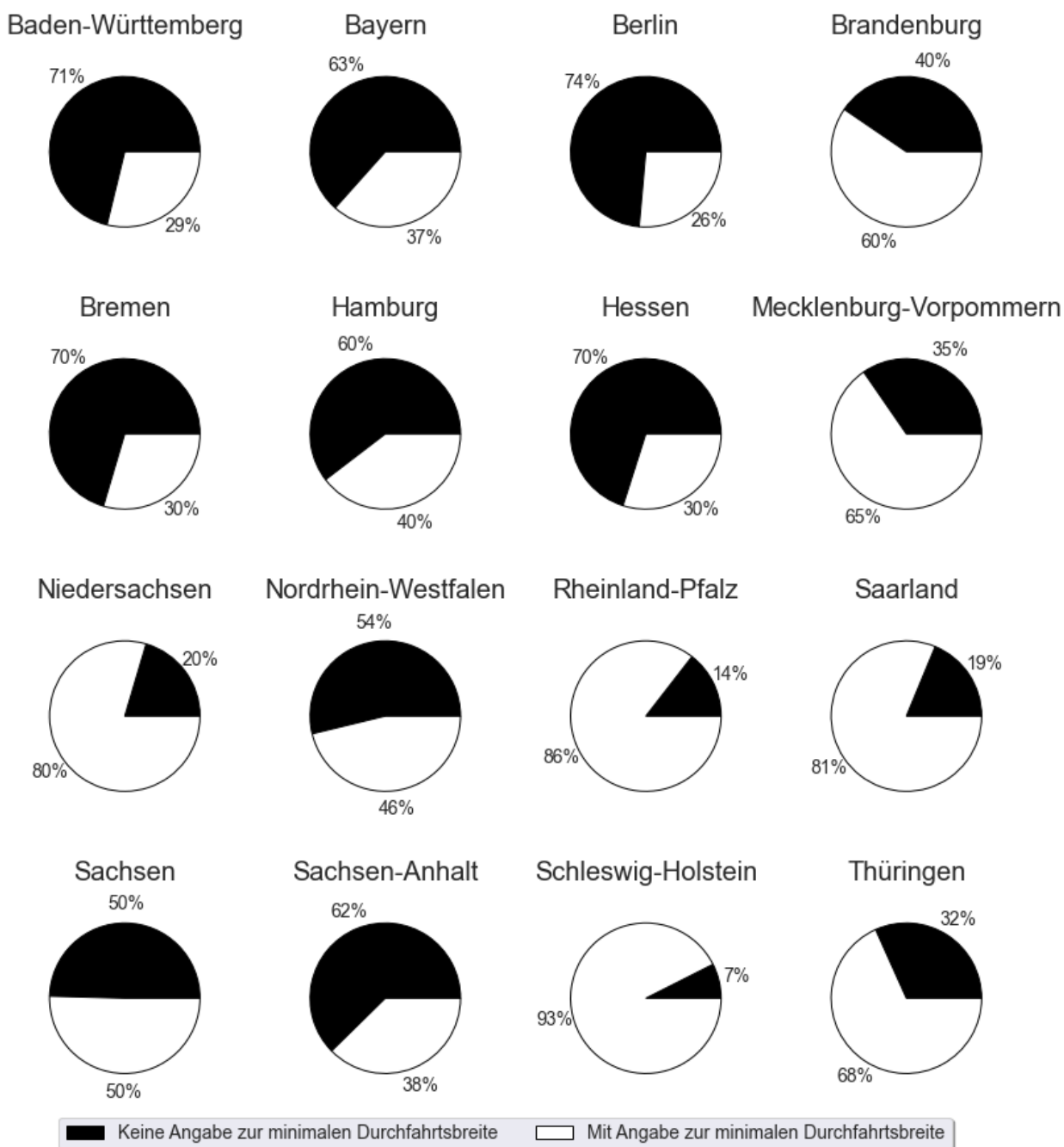


Bild 4-9: Anteile der Bundesländer mit Bauwerken ohne Angaben zu relevanten Mindestbreiten

Karlsruhe für Nordbaden sowie die Südpfalz) nach Möglichkeit berücksichtigt werden. Voraussetzung hierfür sind vorhandene Bauwerke, welche die für die Messungen erforderlichen Randbedingungen aufweisen. Als dritte zu untersuchende Region wurde aufgrund der sehr hohen Zulassungszahlen von breiten landwirtschaftlichen Fahrzeugen zusätzlich das gesamte Bundesland Mecklenburg-Vorpommern für die Vorauswahl betrachtet.

Es wurden alle Bauwerke dem Untersuchungskollektiv zugeordnet, die im Umkreis von ca. 50 km um die beiden Regionen Braunschweig bzw. Karlsruhe verortet sind. Für Mecklenburg-Vorpommern wurden dagegen alle Landkreise mit aufgenommen. Insgesamt ergaben sich somit 80 Landkreise, die als Untersuchungskollektiv in Frage kamen.

Die Anzahl der Bauwerke reduzierte sich für die drei betrachteten Regionen bzw. 80 Landkreise durch diesen Arbeitsschritt auf 13.881.

4.3.4 Klassifizierung des Untersuchungskollektivs

Insgesamt wurden in diesem Arbeitsschritt mit der Klassifikation aus der Netzanalyse (vgl. Abschnitt 4.3.2) 10.153 Bauwerke aufgrund der Lageparameter als „nicht relevant“ vom Untersuchungskollektiv ausgeschlossen. Es konnten 1.330 Überführungen (ca. 9,6 % des Datensatzes) identifiziert werden, wobei 675 der Bauwerke (ca. 4,0 %) an Autobahnen und 655 (ca. 4,7 %) an Bundesstraßen lagen. Weiterhin wurden 2.398 Unterführungen (ca. 17,3 %) lokalisiert, wovon sich 1.365 auf Autobahn-Unterführungen (ca. 9,9 %) und 1.033 auf Bundesstraßen-Unterführungen (ca. 7,5 %) beliefen.

Von den 3.728 als relevant klassifizierten Bauwerken enthielten 1.833 Bauwerke keinen Eintrag zu den Mindestbreiten. Die in der Datenbank enthaltenen Mindestbreiten lagen für Unterführungen in einem Bereich zwischen 1,50 und 16,50 m sowie zwischen 2,00 und 16,75 m für Überführungen.

Nach Identifikation der relevanten Bauwerke wurde ein zweiter Filter angewendet, der Über- und Unterführungen im Bereich der Mindestbreiten der Regelwerke auswählt. Ausgeschlossen wurden dabei alle Bauwerke, welche nicht im Intervall von 4,00 bis 6,50 m der Regelwerke RE-ING bzw. RLW 2016 lagen. So konnte der Datensatz auf 1.111 relevante Bauwerke reduziert werden.

Diese Bauwerke teilen sich wie folgt auf:

- 303 Autobahn-Überführungen
- 230 Bundesstraßen-Überführungen
- 367 Autobahn-Unterführungen
- 211 Bundesstraßen-Unterführungen

4.3.5 Identifikation von potenziellen Untersuchungsstellen

Im letzten Schritt der Netzanalyse sollten aus dem Untersuchungskollektiv der 80 Landkreise nach Möglichkeit jeweils ein Landkreis in räumlicher Nähe zu Braunschweig, ein Landkreis in räumlicher Nähe zu Karlsruhe sowie ein Landkreis in Mecklenburg-Vorpommern ausgewählt werden. Ziel war es, die Landkreise zu identifizieren, die möglichst viele Unter- /Überführungsbauwerke im Zug von Fernstraßen aufweisen und gleichzeitig aufgrund von vielen landwirtschaftlichen Fahrzeugen Begegnungen an den Bauwerken zu erwarten sind.

Zur Auswahl der Landkreise wurde eine Bewertungsmethodik verwendet, über die für jeden Landkreis L auf Basis der Anzahl der relevanten Bauwerke $n_{bw,L}$ sowie der Anzahl der gemeldeten landwirtschaftlichen Fahrzeuge $n_{f,L}$ ein Eignungspotenzial p_L bestimmt wurde.

Hierfür wurde zunächst sowohl die Summe der relevanten Zulassungen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen als auch die Summe über alle in den vorherigen Schritten identifizierten Bauwerke (Über- und Unterführungen) für jeden Landkreis gebildet. Um eine Vergleichbarkeit der beiden Kenngrößen zu gewährleisten, wurden beide Größen über eine lineare Transformation auf einen Minimumwert von 0 und einen Maximalwert von 1 abgebildet:

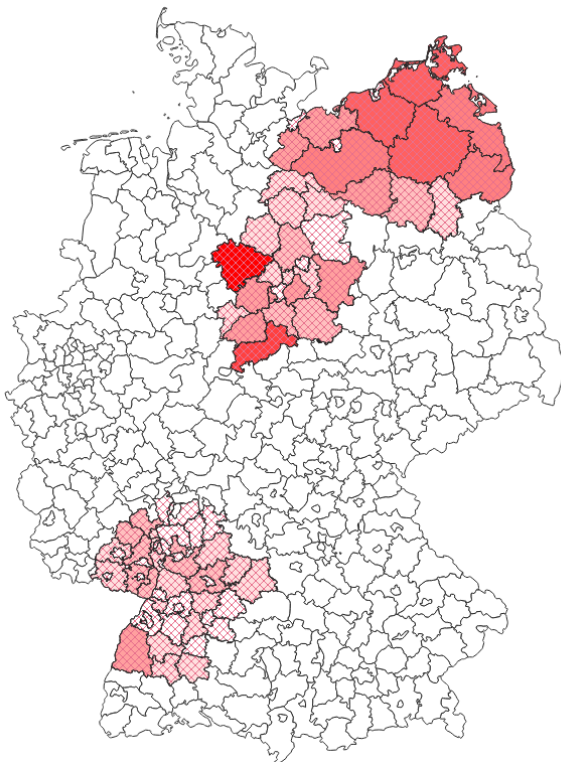
$$T(x) = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (5.1)$$

Aus den so auf das Intervall [0,1] normierten Daten wurde anschließend über einen gleichgewichteten Mittelwert der beiden Größen das Eignungspotenzial eines jeden Landkreises bestimmt:

$$p_L = \frac{T(n_{bw,L}) + T(n_{f,L})}{2} \quad (5.2)$$

Die Ergebnisse der Bewertung sind in der Bild 4-10 bzw. der Tab. 4-2 dargestellt. Je dunkler der entsprechende Landkreis eingefärbt ist, umso besser wird die potenzielle Eignung als Untersuchungslandkreis vom Verfahren bewertet.

Die vollständige Ergebnisübersicht ist in Anhang 1 dargestellt.



($n_{f, \text{Region Hannover}} = 176$) und der Anzahl an potenziellen Bauwerken ($n_{bw, \text{Region Hannover}} = 97$) zu finden ist und daher das Potenzial im Vergleich am höchsten eingeschätzt wurde ($p_{\text{Region Hannover}} = 0,81$). Aus diesem Grund wurde dieser Landkreis für den Bereich mit räumlicher Nähe zu Braunschweig ausgewählt (vgl. Bild 4-11).

Bild 4-10: Potenzielle Eignung der untersuchten Landkreise.
Je dunkler der Landkreis eingefärbt ist, umso größer ist das identifizierte Eignungspotenzial p_L

	Landkreis L	Eignungspotenzial p_L
1	Region Hannover	0,81
2	Göttingen	0,64
3	Rostock	0,57
4	Mecklenburgische Seenplatte	0,54
5	Vorpommern-Rügen	0,51
6	Uckermark	0,47
7	Ludwigslust-Parchim	0,47
8	Vorpommern-Greifswald	0,45
9	Hildesheim	0,39
10	Nordwest-Mecklenburg	0,38
13	Ortenaukreis	0,32
22	Germersheim	0,23

Tab. 4-2: Ergebnisse des Auswahlverfahrens

In Summe hat sich gezeigt, dass in der Region Hannover die geeignetste Kombination aus der gemeldeten Zahl breiter landwirtschaftlicher Fahrzeuge

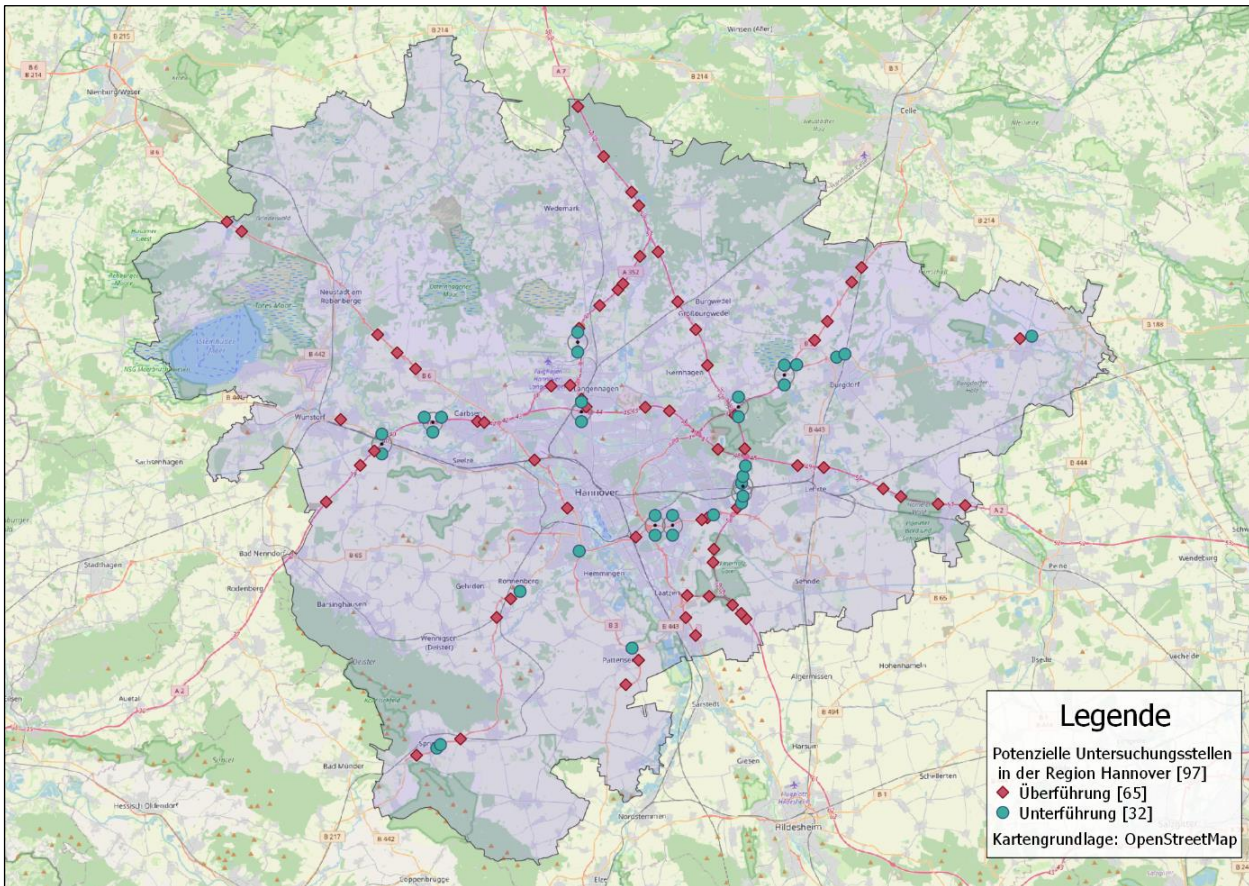


Bild 4-11: Potenzielle Untersuchungsstellen in der Region Hannover differenziert nach Unter- und Überführungsbauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)

Für den Bereich mit räumlicher Nähe zu Karlsruhe hat die Analyse ergeben, dass tendenziell die Anzahl der Fahrzeuge und die Anzahl an geeigneten Bauwerken geringer ausfällt. In die engere Auswahl wurden daher zunächst die Landkreise Ortenaukreis ($p_{\text{Ortenaukreis}} = 0,32$) und Germersheim ($p_{\text{Germersheim}} = 0,23$) aufgenommen und näher überprüft. Aufgrund der größeren Anzahl an geeigneten Bauwerken ($n_{\text{bw, Germersheim}} = 37$, $n_{\text{bw, Ortenaukreis}} = 22$) und der geografisch günstigeren Lage zu Karlsruhe wurde der Landkreis Germersheim ausgewählt (vgl. Bild 4-12).

In Mecklenburg-Vorpommern dominiert die Menge der gemeldeten Fahrzeuge die Einschätzung. Verhältnismäßig gibt es dort sehr viele landwirtschaftliche Fahrzeuge im Vergleich zu einer kleineren Anzahl an geeigneten Bauwerken. Die potenziell beste Eignung wurde für den Landkreis Rostock mit $p_{\text{Rostock}} = 0,57$ berechnet (vgl. Bild 4-13). Dabei haben sich für die 281 gemeldete landwirtschaftliche Fahrzeuge insgesamt 14 potenzielle Bauwerke ergeben.

Aus den 71.420 Bauwerken der SIB-Bauwerke konnte mit der verwendeten Methode final 148 potenzielle Bauwerke aus den drei identifizierten Landkreisen bestimmt werden, die im Folgenden auf eine Eignung als Standort für die Erhebungen geprüft wurden.

Die für die betrachteten Landkreise ermittelten Kennzahlen sind dabei durchaus unterschiedlich. Die Region Hannover zeichnet sich durch viele landwirtschaftliche Fahrzeuge sowie viele potenzielle Bauwerke aus. Im Landkreis Rostock hingegen ist die Anzahl landwirtschaftlicher Fahrzeuge die dominante Kenngröße ist. Im Vergleich dazu sind in Germersheim deutlich weniger landwirtschaftliche Fahrzeuge gemeldet ($n_{\text{f, Germersheim}} = 24$).

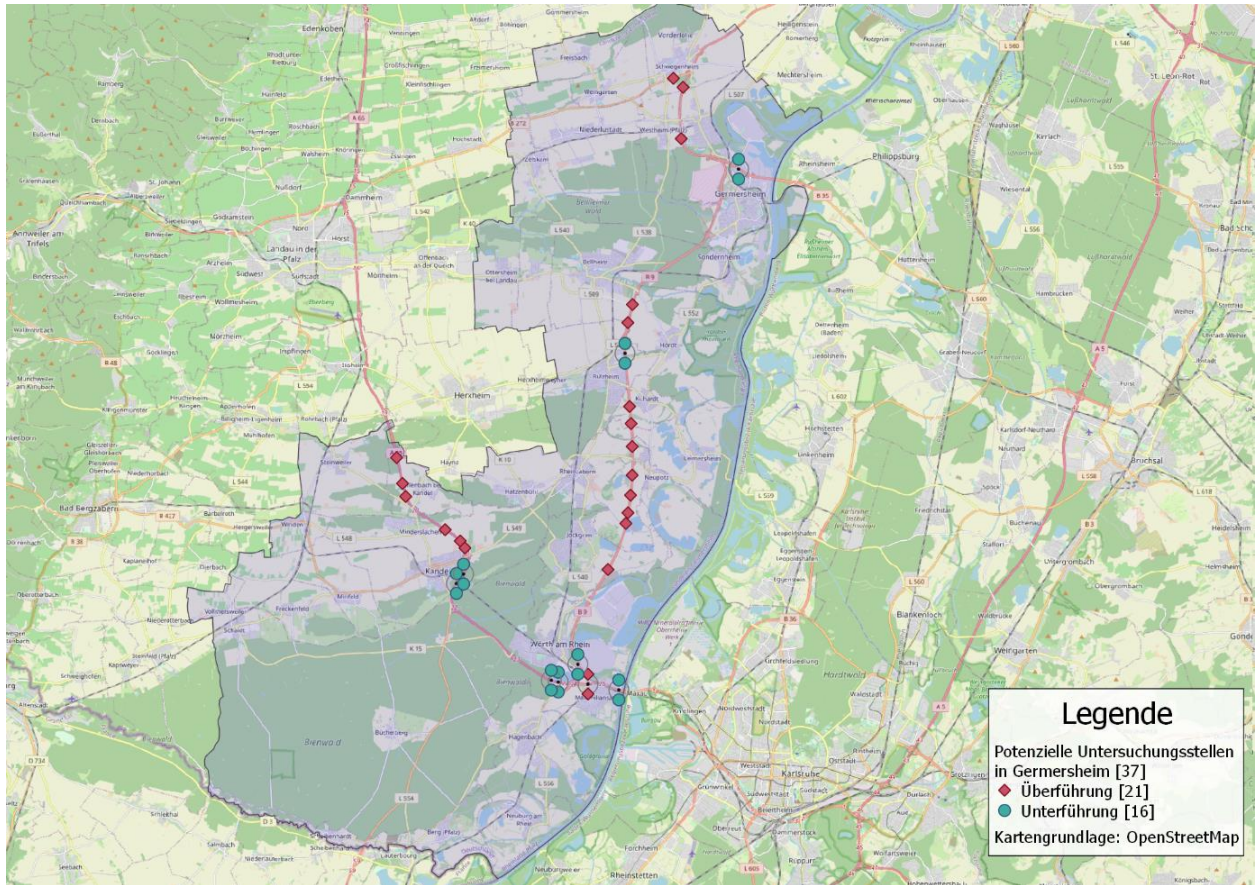


Bild 4-12: Potenzielle Untersuchungsstellen in der Region Germersheim differenziert nach Unter- und Überführungsbauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)

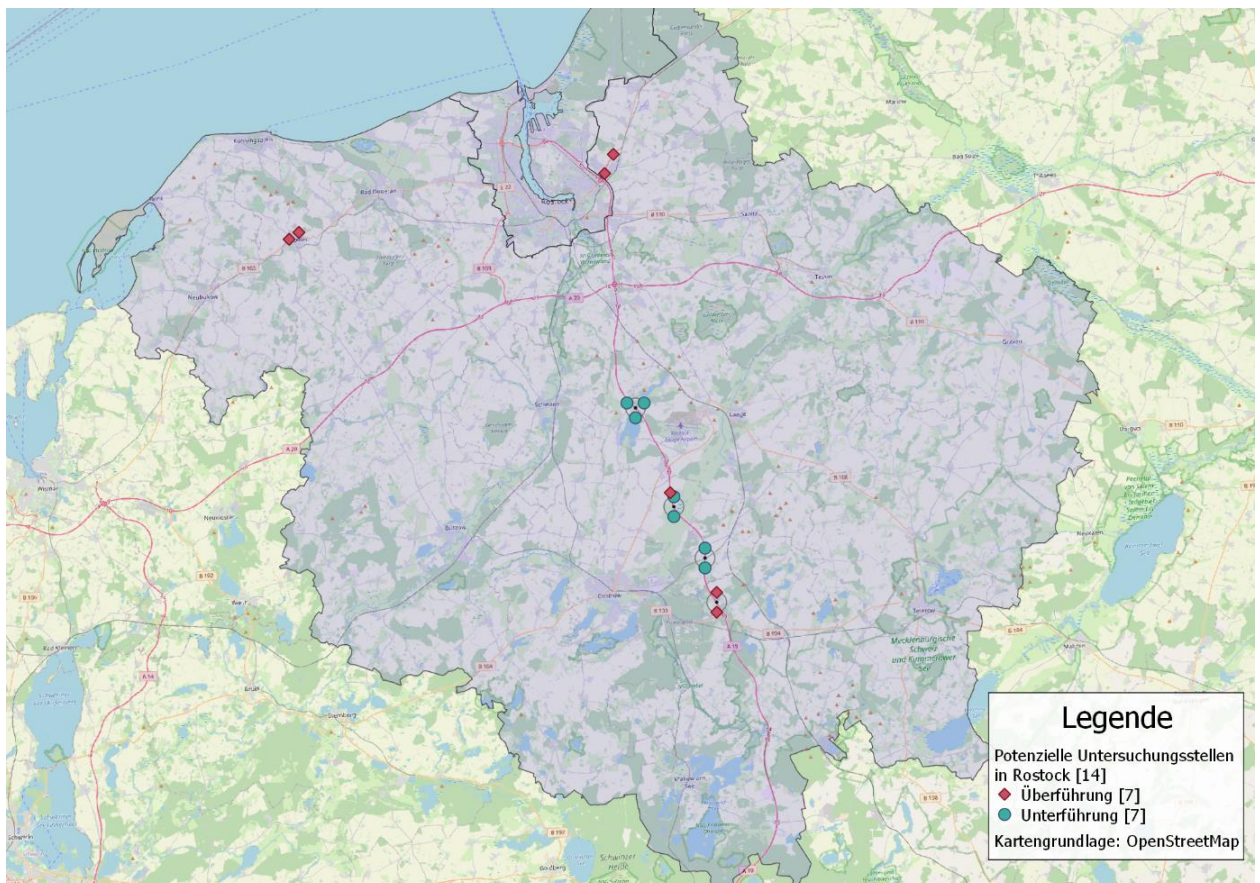


Bild 4-13: Potenzielle Untersuchungsstellen in der Region Rostock differenziert nach Unter- und Überführungsbauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)

4.4 Auswahl von Untersuchungsstellen

Für die abschließende Auswahl von Untersuchungsstellen in den Regionen Hannover, Gernersheim und Rostock wurden zunächst für die vorab dargestellten Bauwerke bzw. Standorte automatisiert Luftbilder und Kartenausschnitte erstellt. Diese bildeten die Basis für die weiteren Analysen zur Abschätzung der Eignung der Standorte als Untersuchungsstelle.

Entsprechend der Zielsetzung des Projektes sollten Untersuchungsstellen mit einer hohen Begegnungswahrscheinlichkeit ausgewählt werden. In den zu erarbeiteten Empfehlungen sollen dabei neben Begegnungsfällen zwischen landwirtschaftlichen Fahrzeugen auch Begegnungen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen bzw. allgemeinem Verkehr und zu Fuß Gehenden oder auch Radfahrenden berücksichtigt werden.

Für die Auswahl der Untersuchungsstellen wurden daher in den drei vorab ausgewählten Regionen mit hohen Anteilen von landwirtschaftlichen Flächen bzw. hohen Anzahlen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen die folgenden Punkte bzw. Aspekte näher betrachtet:

- Lage der Bauwerke innerhalb bzw. außerhalb bebauter Gebiete. Hierdurch sollten Bauwerke ausgeschlossen werden, die aufgrund der Lage der Bauwerke nur geringe Anteile von landwirtschaftlichen Fahrzeugen erwarten lassen.
- Nähe der Bauwerke zu landwirtschaftlich genutzten Flächen und Betrieben. Hier

wurde die Nutzung der Flächen auf beiden Seiten der Bauwerke analysiert.

- Bedeutung der Bauwerke für den Rad- und Fußverkehr. Aus einer Nutzung der Bauwerke für Zwecke der Naherholung durch zu Fuß Gehende bzw. Radfahrende resultieren grundsätzlich höherer Begegnungswahrscheinlichkeiten.

Die vorab beschriebenen vertiefenden Analysen erfolgten für die drei Regionen vorwiegend auf der Basis von Karten und Luftbildern. Durch diese Detailanalyse wurde ein Teil, der vorab automatisiert ermittelten potenziellen Untersuchungsstellen verworfen, da diese aufgrund der vorhandenen verkehrlichen und lagebedingten Randbedingungen keine Untersuchungsstellen mit Bezug zum Forschungsprojekt darstellen, da keine bzw. nur sehr wenige Begegnungen zwischen landwirtschaftlichen Fahrzeugen und anderen Verkehrsteilnehmern zu erwarten sind.

Die Bild 4-14 zeigt dieses Vorgehen exemplarisch für die Region Hannover. Von den insgesamt 97 potenziellen Untersuchungsstellen wurden nach der Detailanalyse noch 34 Standorte als grundsätzlich geeignet sowie 24 Standorte als bedingt geeignet für die Durchführung von empirischen Untersuchungen klassifiziert. Die grundsätzlich geeigneten Standorte wurden im Folgenden mittels Befahrungen und Begehungen besichtigt und im Einzelfall auch noch einmal vermessen. Hierbei wurden auch mögliche Kamerastandorte und ggf. vorhandene Masten und/oder Bäume für die Montage der Kameras ermittelt.

Eine zusammenfassende Darstellung der in den drei Regionen dokumentierten Untersuchungsstellen zeigt der Anhang 1.

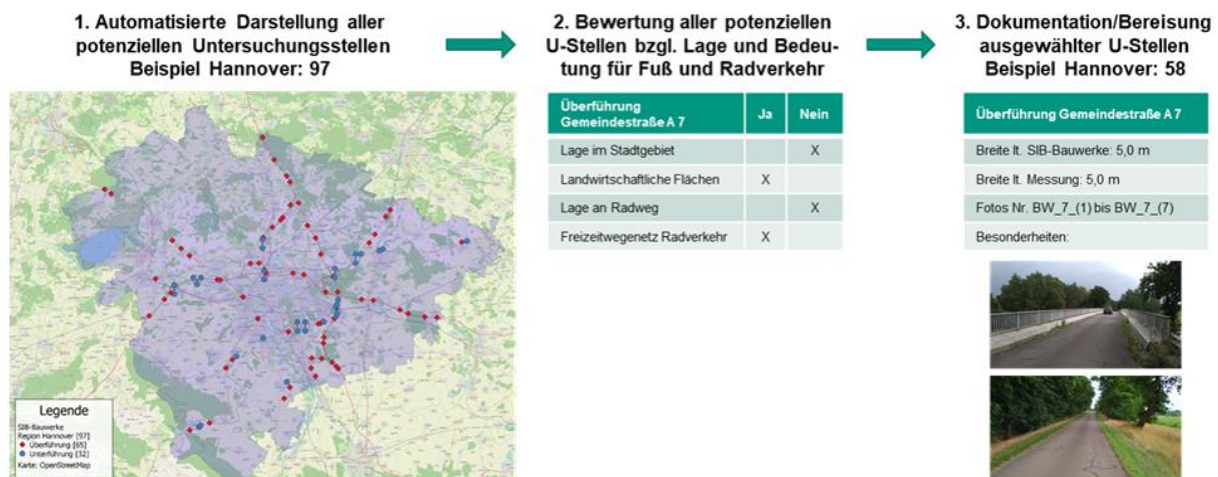


Bild 4-14: Beispiel zum Vorgehen für die Auswahl von Untersuchungsstellen in der Region Hannover (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)

5 Erhebungen und Auswertungen

5.1 Methode der Erhebungen

Zur Erfassung sicherheitsrelevanter Begegnungen zwischen landwirtschaftlichen Fahrzeugen und schwachen Verkehrsteilnehmenden wurden an den Untersuchungsstellen ein bis zwei Kamerasysteme installiert. Diese sind vor bzw. hinter der Über- bzw. Unterführung positioniert und auf das Bauwerk gerichtet.

Die Kamerasysteme wurden im Schnitt nach 12 Tagen Aufnahme wieder rückstandslos zurückgebaut. Während der Aufnahmezeit wurde regelmäßig der Akkumulator für die Stromversorgung getauscht. Das Kamerasystem wurde mit einer Zeitschaltuhr ausgestattet, sodass Videos nur zwischen 6 und 20 Uhr aufgezeichnet wurden. Während Dunkelheit waren wenige Begegnungen zu erwarten, sodass durch Abschalten der Aufzeichnung Speicherplatz und Strom gespart werden konnte.



Bild 5-1: Beispielhafte Positionierung der Kameras an Bauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)

5.2 Eingesetzte Technik

Für die Erhebungen an den im Zuge der Netzanalyse ausgewählten Untersuchungsstellen wird ein Kleinstrechner vom Typ „Raspberry Pi Zero WH“ mit 1 GHz Taktfrequenz, 512 MB RAM, WLAN und Bluetooth verwendet. Er eignet sich aufgrund des geringen Energieverbrauchs gut für Erhebungen über einen längeren Zeitraum.

Die technischen Daten:

- On-board Wireless LAN - 2.4 GHz 802.11 b/g/n (BCM43438)
- On-board Bluetooth 4.1 + HS Low-Energy (BLE) (BCM43438)
- mini-HDMI Typ C Anschluss
- 1x micro-B USB für Daten
- 1x micro-B USB für Stromversorgung
- kompatibel mit vorhanden pHAT/HAT Add-On Boards.

Dieser RPI Zero wird wiederum ausgestattet mit dem Kameramodul Raspberry Pi NoIR Camera V2, welche folgende Eigenschaften besitzt:

- 8 Megapixel Bildsensor (Sony IMX219)
- Bis zu 60 frames per second
- Ideal für Nachtaufnahmen

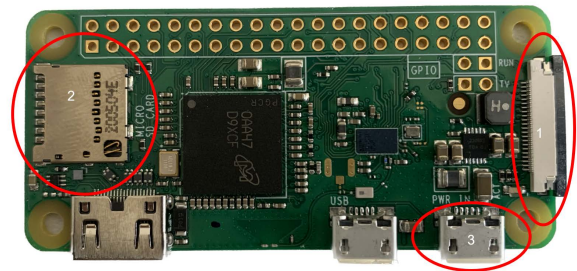


Bild 5-2: RPI Zero mit Kamera-Anschluss (obenPoS. 1), Micro-SD Karten-Slot (PoS. 2) und Micro-USB-Port (PoS. 3)

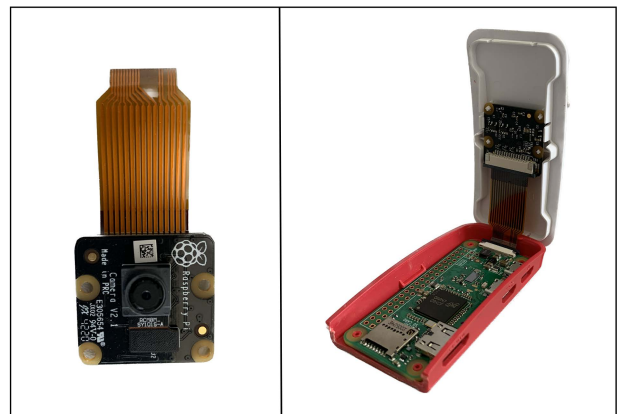


Bild 5-3: Raspberry Pi Camera Module V2 Farb-Kameramodul (links) sowie als RPI Zero und Raspberry Pi Camera Module als Komplettpaket (rechts)

Die Pi NoIR bietet eine hohe Bildschärfe, hohe Empfindlichkeit, geringes Übersprechen und rauscharme Bilderfassung. Das Kameramodul wird mit dem Raspberry-Pi-Board über den CSI-Stecker verbunden, welcher hohe Datenraten aufweist und ausschließlich Pixeldaten zum Prozessor überträgt.

Diese Kamera ist speziell für Nachtaufnahmen mittels Infrarot geeignet und eignet sich daher besonders für die Erhebung an Unterführungen, welche oftmals eine gewisse Dunkelheit mit sich bringen. An Überführungen kann bei Bedarf ein Infrarot-Filter über die Kamera gelegt werden, um einen Rotstich zu reduzieren. Allerdings beeinflusst dies nicht die Erkennbarkeit von Fahrzeugen bzw. schwachen Verkehrsteilnehmenden.

Der RPI wird zusammen mit einer Powerbank in ein mit einem Inlay versehenes Kunststoff-Gehäuse verbaut (vgl. Bild 5-4).

5.3 Softwaretechnische Umsetzung

Die Erhebungen über einen Zeitraum von mehreren Tagen machen es nötig, einige softwaretechnische und hardwaretechnische Modifikationen vorzunehmen:

- Programmierung einer Tag- / Nachtschaltung, sodass sich der RPI ab einer zuvor festgelegten Uhrzeit in einen Ruhemodus versetzt und zu gegebener Zeit wieder beginnt aufzunehmen
- Abschaltung von HDMI-Port, Bluetooth und WLAN, sobald die Kamera aufgebaut und ausgerichtet ist
- Verwendung einer geeigneten Powerbank, welche für den Dauerbetrieb geeignet ist und sich nicht bei einem geringen Stromverbrauch abschaltet

Der RPI besitzt ein Aufnahmeskript sowie ein Webinterface. (vgl. Bild 5-5) Das Webinterface dient dazu, dass die Kameraposition vor Ort überprüft

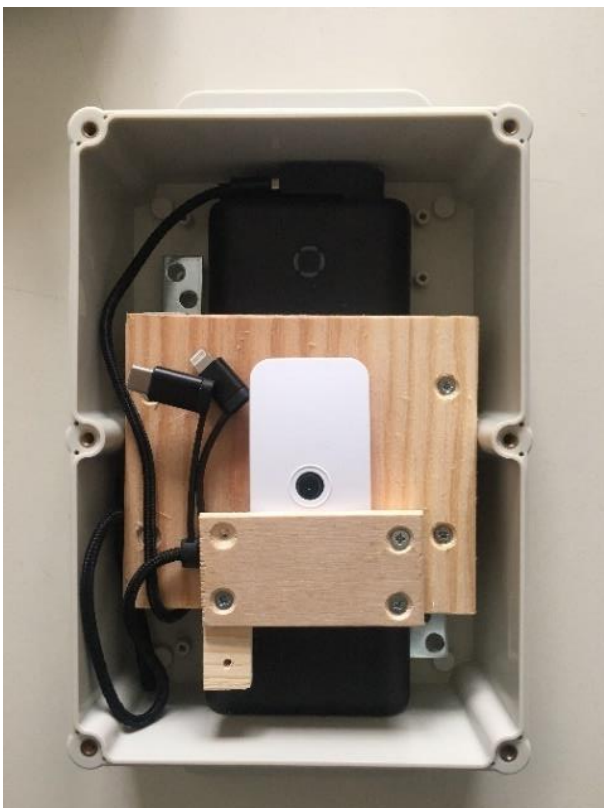


Bild 5-4: Einbau RPI in Gehäuse; Ansicht von vorne (links) und von Seite (rechts) (eigene Darstellung)

und ggf. geändert werden kann. Über das Webinterface kann die Videolänge, Qualität und der Aufnahmezeitraum eingestellt werden.

Für die Ansteuerung und Kontrolle der Ausrichtung der Kamera wurde eine spezielle Benutzeroberfläche geschaffen, welche sich nach der Verbindung des RPIs mit einem Endgerät mittels WLAN über einen QR-Code aufrufen lässt.

Diese Kontroll-Website dient dazu, die aktuelle Ausrichtung der Kamera sowie die Belichtung zu überprüfen, um einen geeigneten Standort für die Anbringung der Kamera vor einem Unter- / Überführungsbauwerk festzulegen.

Das Setup-Menü beinhaltet verschiedene Buttons, welche für den Start der Aufnahmen benötigt werden:

- „Sync Time“: Synchronisation mit aktueller Systemzeit
- „Set Date / Time“: Manuelle Festlegung des Datums und der Uhrzeit
- „Complete Setup“: Abschließen der Kameraausrichtung und Beginn der Aufzeichnung

Sobald die Kameraausrichtung abgeschlossen ist, beginnt der RPI Videos aufzuzeichnen und diese in 15-min-Intervallen abzuspeichern. Zu den zuvor festgelegten Zeiten geht der RPI in einen Ruhemodus über, bei dem nahezu kein Strom verbraucht wird. Zur eingestellten Start-Zeit beginnt er wieder mit der Aufzeichnung.

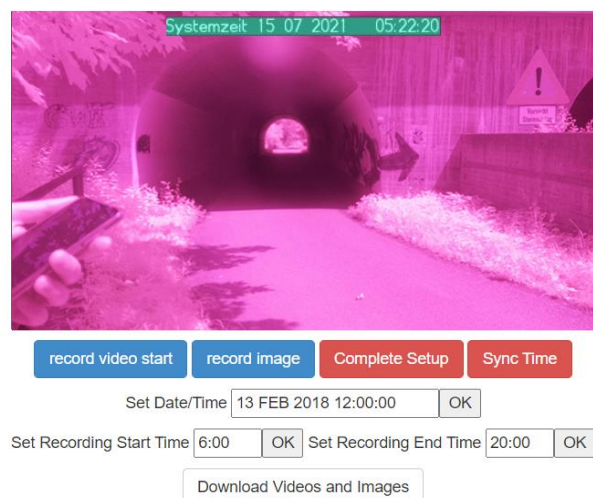


Bild 5-5: Kontroll-Website zur Überprüfung der Kameraausrichtung, der Synchronisation der Systemzeit und der Beendigung des Setups (eigene Darstellung)

5.4 Testmessungen

Für die Bestimmung einer sinnvollen Entfernung von RPI zum Bauwerk wurde eine Testreihe durchgeführt, bei der aus systematisch variierten Entfernungen Testaufnahmen von je 5 min Länge an einer verhältnismäßig stark frequentierten Unterführung durchgeführt wurde. Dies diente dazu, eine Abschätzung zu erhalten, aus welcher Entfernung noch eine gute Erkennbarkeit – speziell bei einer Unterführung – gewährleistet ist.

Dafür wurden 11 Testläufe mit jeweils 5 minütigen Videos aus den in Tab. 5-1 aufgeführten Abständen durchgeführt.

Bei der Wahl eines geeigneten Aufstellortes ist auf die örtlichen Randbedingungen einzugehen, da der Straßenverlauf hin zur bzw. weg vom Bauwerk recht unterschiedlich ausfallen kann. Eine unmittelbar davor oder dahinter liegende Kurve kann genutzt werden, um frontal in das Bauwerk zu filmen. Andernfalls ist die Kamera etwas seitlich auf das Bauwerk gerichtet.

Durch die Variation der Entfernungen von Kamera zum Bauwerk, konnte ermittelt werden, dass bis aus einer Entfernung von ca. 10 m noch eine gute Erkennbarkeit von Personen und Fahrzeugen gegeben ist. Zu erwähnen ist, dass es sich bei dem ausgewählten „Test“-Bauwerk um eine eher schmale und lange Unterführung handelt. Durch die beschriebene Möglichkeit zur Überprüfung der Kameraausrichtung per Smartphone vor Ort lässt sich jedoch in jedem Falle vor dem Start der Filmaufzeichnung die Belichtung prüfen und den Standort ggf. anpassen.

Hinsichtlich der Höhe der Anbringung der Kamera hat sich eine Höhe von ca. 1 m über dem Boden als geeignet gezeigt, um die Umrise von Personen und Fahrzeugen gleichermaßen erkennen zu können.

Position	Entfernung Kamera zu Bauwerk [m]
0	0
1	3,5
2	5,5
3	7,5
4	9,5
5	11,5
6	13,5
7	15,5
8	17,5
9	21,5
10	24,5

Tab. 5-1: Variation von Standortpositionen

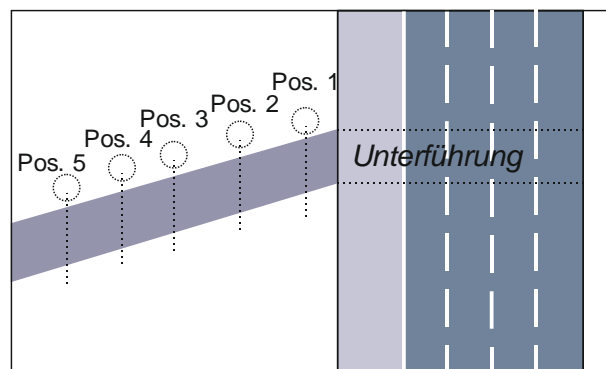


Bild 5-6: Standortvariationen zur Bestimmung einer geeigneten Aufnahmeposition (lediglich Position 1 bis 5 dargestellt)

5.5 Erhebungsstellen

Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, wurden Unter- und Überführungen in drei Bundesländern beobachtet. Die nachfolgende Tab. 5-2 listet die Menge an Bauwerken je Bundesland auf.

Bundesland	Bauwerksart	Anzahl beobachteter Bauwerke	Anzahl aufgestellter Kameras	Anzahl Messtage
Region Hannover	Unterführung	8	9	70
	Überführung	2	2	26
	Gesamt	10	11	96
Mecklenburg-Vorpommern	Unterführung	7	7	91
	Überführung	7	7	76
	Gesamt	14	14	163
Rheinland-Pfalz	Unterführung	11	16	154
	Überführung	9	9	116
	Gesamt	20	25	285
Alle Regionen und Bauwerksarten		44	50	533

Tab. 5-2: Anzahl der beobachteten Bauwerke, aufgestellter Kamerasysteme und Messtage (6.00-20.00 Uhr) je Bundesland und Bauwerksart

5.6 Auswertemethoden

5.6.1 Automatisierte Bewegungserkennung

Die Erhebungen erzeugten ca. 3.990 Stunden Videomaterial. Diese zu sichten hätte eine große Menge an Arbeitszeit gebunden. Deswegen wurde eine automatisierte Bewegungserkennung eingesetzt, um das Videomaterial vorzusortieren. Die Kamerasysteme speicherten immer Videos von 15 Minuten Länge mit einem Dateinamen, der sowohl die eindeutige ID des Bauwerks als auch das entsprechende Datum und die entsprechende Uhrzeit beinhaltet.

Als Methode wurde eine Bewegungserkennung durch „Median Filtering“ bzw. „Background Subtraction“ eingesetzt. Jedes Video wurde in mehrere gleichgroße Abschnitte unterteilt. Aus diesen Teilvideos wurde ein Durchschnittsbild gebildet (Hintergrund bzw. Background) und die Änderungen der Pixel jedes Frames mit dem Durchschnittsbild verglichen und diese Änderungen als Bewegung erkannt. Die Videoabschnitte mit den erkannten Bewegungen wurden zusammengefügt und unter einem ähnlichen Namen wie das Ursprungsvideo gespeichert, um eine manuelle Auswertung erkannter Bewegungen durchzuführen. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte detaillierter beschrieben:

Zur Durchführung dieser Filtermethode wurden die farbigen Videos in Videos mit Graustufen umgewandelt. Vereinfacht gesagt besitzt jeder Pixel eines Bildes (Videoframes) einen eindeutigen RGB-Farbwert, der aus drei Parametern (Rotwert, Grünwert, Blauwert) besteht. Durch das Überführen in ein Bild mit Graustufen wird die Farbe jedes Pixels nur durch einen Parameter beschrieben. Dieser Schritt vereinfacht den späteren Vergleich.

Nach der Farbumwandlung wurde das Video in 15 einminütige Teilvideos unterteilt. Bei jedem Teilvideo wurde für jeden Pixel ein durchschnittlicher Grauwert berechnet, sodass ein Durchschnittsbild bzw. ein Durchschnittsframe erzeugt wurde. Dieses Durchschnittsbild bildet sozusagen den Hintergrund (engl. Background) auf dem sich Objekte bewegen. Darauf folgend wurde jeder Pixel eines Frames des Teilvideos mit dem korrespondierenden Pixel des Durchschnittsframes verglichen und die Abweichung des Grauwerts bestimmt. Anschließend wurde ein Weichzeichner über diese Pixel gelegt und diese Bereiche auf einen absoluten Grauwert von eins (vollständig weiß) gesetzt. Dadurch werden größere Flächen vollständig weiß eingefärbt und Objekte können erkannt werden. Über diese erkannten Objekte wird ein grüner Rahmen gelegt und dieser auf den Originalframe (mit Farbe) projiziert.

Alle Frames der 15-minütigen Videos, in denen eine Bewegung erkannt wurde, werden hintereinander gesetzt, sodass ein neues Video entsteht, in dem nur die Frames mit Bewegung vorhanden sind. Dieses neue Video wird in Anlehnung an das Originalvideo benannt, um rückwirkend das Originalvideo nochmal betrachten zu können, sollten bspw. Zeiträume vor der Bewegung analysiert werden.

Diese Methode wurde absichtlich sehr grob eingestellt, um Datenverluste (in diesem Beispiel der Verlust von nicht automatisch erkannten Bewegungen und möglichen Begegnungen) zu vermeiden. Dies

hat zur Folge, dass auch kleine bzw. kurze Bewegungen erkannt wurden. Dies umfasst bspw. sich im Wind bewegende Äste oder der Schattenwurf dieser Äste auf der Straße. Aber auch im Hintergrund fahrende Bahnen. Um Menge an irrelevanten erkannten Bewegungen zu vermeiden, wurde bei der Auswertung in das Videobild ein Rahmenpolygon gezeichnet. Dadurch sollen Bewegungen (Unterschiede zum Durchschnittsframe) nur innerhalb dieses Rahmenpolygons erkannt werden. Allerdings muss das Rahmenpolygon nicht nur die Straße, sondern auch den lichten Raum darüber umspannen, um bspw. die Fahrzeugkabine ebenfalls zu erfassen. Die irrelevanten Bewegungen können dadurch zwar reduziert werden aber manche Bewegungen wie z. B. der Schattenwurf von Ästen auf die Fahrbahn werden immer noch als Bewegung erkannt.

5.6.2 Auswerten erkannter Bewegungen

Die automatisierte Bewegungserkennung reduzierte die Videodatenmenge auf einen Bruchteil der ursprünglichen Videolänge. Allerdings konnte anhand der neu erzeugten Videos nicht ermittelt werden, ob und wie viele Bewegungen und Begegnungen innerhalb eines Videos vorhanden sind. Deswegen mussten alle Videos gesichtet werden.

Bei der Sichtung der Videos wurde erfasst, welche Verkehrsart zu sehen ist (zu Fuß Gehende, Fahrrad Fahrende, Pkw, Lkw, landwirtschaftliches Fahrzeug oder Quad/Motorrad/Roller) und ob es zu einem Begegnungsfall kam. Zusätzlich wurden einzelne Frames verschiedener Fahrzeugarten gespeichert.

Mit Hilfe dieser manuellen Auswertung kann die Zahl der Begegnungen und Verkehrszusammensetzung an Bauwerken bestimmt werden.

6 Ergebnisse der empirischen Untersuchungen an Unter- und Überführungsbauwerken

6.1 Verkehrsstärken im Überblick

Die Auswertung der manuell gesichteten und dokumentierten Videos ergab folgende Gesamtanzahl an dokumentierten Verkehrsteilnehmenden:

- ca. 4.500 zu Fuß Gehende,
- ca. 12.500 Radfahrende (wovon maximal 1.600 an einem Bauwerk erfasst wurden),
- ca. 16.500 Pkw (wovon maximal 4.350 an einem Bauwerk erfasst wurden) und knapp 350 Lkw,
- ca. 625 sonstige Kfz (Motorräder, Roller, Quads) sowie
- ca. 1.200 landwirtschaftliche Fahrzeuge (wovon maximal 230 an einem Bauwerk erfasst wurden).

An Begegnungen wurden erfasst:

- 322 Begegnungen zwischen zu Fuß Gehenden/ Radfahrenden und Pkw,
- 8 Begegnungen zwischen zu Fuß Gehenden/ Radfahrenden und Lkw sowie
- 42 Begegnungen zwischen zu Fuß Gehenden/ Radfahrenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen.

Für den Fuß- und Radverkehr ergibt sich daraus über alle Bauwerke ein Verhältnis von 1:30 bis 1:50 zwischen Begegnungen mit den relevanten Kfz-Verkehrsarten und deren Verkehrsmengen.

In den folgenden Abbildungen sind verschiedene Arten von landwirtschaftlichen Fahrzeugen dargestellt. Dies soll einen Einblick in die Spannweite an Fahrzeugen geben, die im Bereich von Unter- und Überführungen dokumentiert wurden. Insbesondere wird an den erfassten sehr breiten Fahrzeugen deutlich, dass die Auswahl der Regionen geeignet ist, um das ganze Breitenspektrum landwirtschaftlicher Fahrzeuge abzudecken.

Sehr breite landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Breiten über 3,50 m sind bei den Erhebungen nur an Bauwerken anzutreffen, die Fahrbahnbreiten von mehr als 4,00 m aufweisen. Fahrgeometrische Schwierigkeiten, die bei diesen Fahrzeugbreiten an Bauwerken mit den Mindestfahrbahnbreiten gemäß

RE-ING auftreten könnten, sind daher nicht dokumentiert.



Bild 6-1: Schmale landwirtschaftliche Fahrzeuge mit schmalen Anhängern



Bild 6-2: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Standardbreite und Anhängern



Bild 6-3: Selbstfahrende Arbeitsmaschinen



Bild 6-4: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit überbreiten Anhängern



Bild 6-5: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Doppelbereifung (unteres Bild zeigt eine Begegnung)



Bild 6-6: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Doppelbereifung und Anhängern

6.2 Analyse der Begegnungen von schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen

6.2.1 Definition von Begegnungen

Für die weiteren Analysen wurden die verschiedenen Arten von Begegnungen in die Untergruppen Entgegenkommen (E), Überholen (Ü) sowie Vorbeifahren (V) unterteilt. Beim Entgegenkommen bewegen sich die zu Fuß Gehenden bzw. Rad Fahrenden in entgegengesetzte Richtung zum Kraftfahrzeug. Unter Überholen werden in diesen Analysen alle Vorgänge angesehen, bei denen sich die zu Fuß Gehenden bzw. Rad Fahrenden in die gleiche Richtung bewegen wie das Kraftfahrzeug. Beim Vorbeifahren verharren zu Fuß Gehende bzw. Rad Fahrende vor der eigentlichen Begegnung.

6.2.2 Begegnungshäufigkeiten

Es wird erwartet, dass ein Zusammenhang zwischen der Anzahl an Beteiligten und den daraus resultierenden Begegnungen erkennbar ist, zumindest bei einer hinreichend großen Anzahl von Beteiligten sowie einer zufälligen Verteilung der Begegnungsorte über die Strecken. Um zu überprüfen, ob diese These auch an den beobachteten Bauwerken zutrifft und damit das Auftreten von Begegnungen

prognostiziert werden kann, wurden für alle Bauwerke die dokumentierten Verkehrsmengen jeweils zu 2-Stunden-Intervallen zusammengefasst und mit den Begegnungen überlagert. Dabei zeigt sich, dass weder rechnerisch noch optisch Zusammenhänge auftreten.

Bild 6-7 zeigt für das Bauwerk BW 33 mit überdurchschnittlich viel Fuß- und Radverkehr in Säulenform dessen mittlere Verteilung über die Erhebungsstunden (grün), jeweils in 2-Stunden-Intervallen zwischen 6 und 20 Uhr. Weiterhin ist die Auftretenshäufigkeit der Kfz (gelb) bzw. landwirtschaftlichen Fahrzeuge (rot) in den entsprechenden Stunden gekennzeichnet. Überlagert sind die in den gleichen Zeiträumen dokumentierten Begegnungen zwischen den Fahrzeugen und den zu Fuß Gehenden und Radfahrenden, farblich der jeweiligen Fahrzeugart (Kfz bzw. LW-Fzg) zugeordnet.

Es ist zu erkennen, dass die Begegnungshäufigkeit vor allem mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen deutlich entkoppelt vom Auftreten der schwachen Verkehrsteilnehmenden ist. Insgesamt bleibt zu vermuten, dass vor allem die geringe Anzahl an Begegnungen, jedoch auch Verhaltensweisen wie das Abwarten außerhalb der Bauwerke dazu führen, dass eine Ableitung der Begegnungshäufigkeit aus den Verkehrsmengen nicht möglich ist.

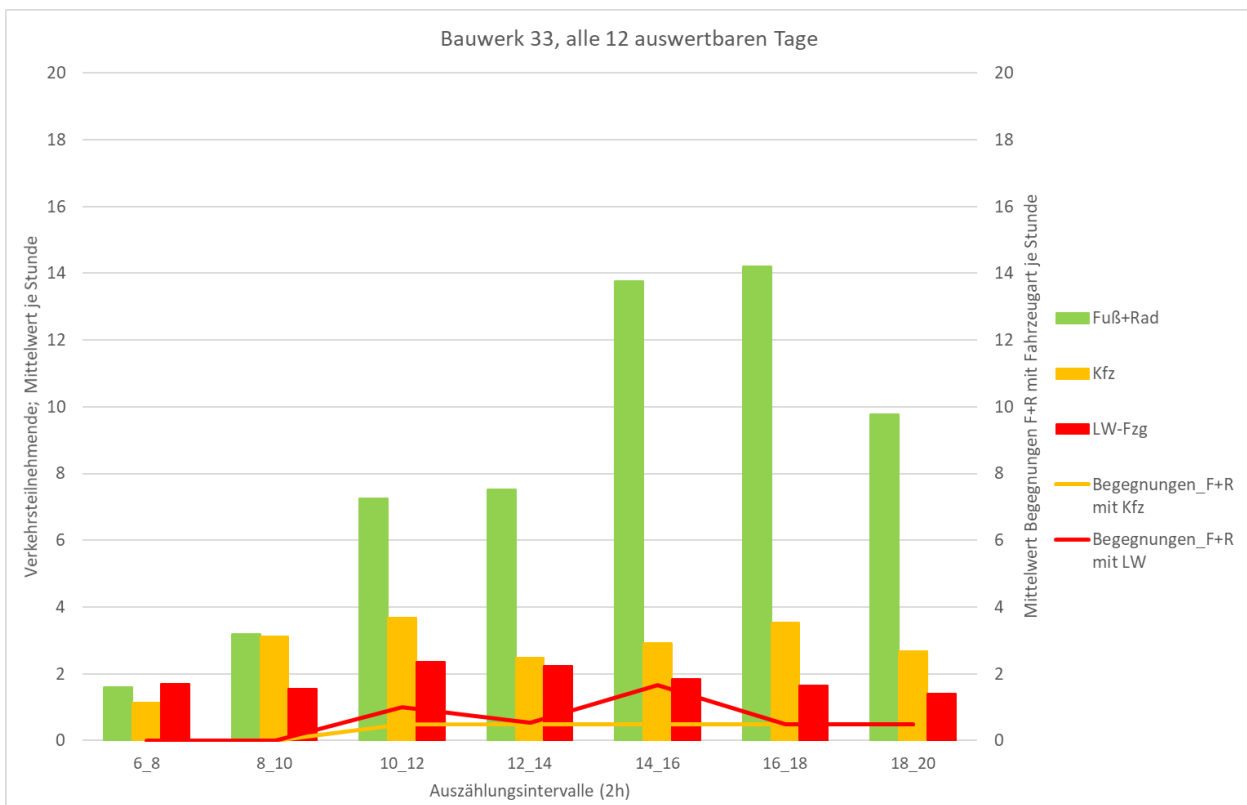


Bild 6-7: Summe der Verkehrsteilnehmenden und der Begegnungen am Bauwerk 33

Auf eine Untersuchung weiterer Begegnungshäufigkeiten an anderen Unter-/Überführungen des Untersuchungskollektivs wurde verzichtet, da hier weitaus weniger Fuß- und Radverkehrsaufkommen vorherrscht und sich ebenfalls kein entsprechender Zusammenhang ableiten lässt.

6.2.3 Arten von Begegnungen und resultierende Gefährdungen

Zum Projektbeginn wurde erwartet, dass eine Vielzahl an Begegnungen zu beobachten und analysieren sein würde, die sich insbesondere hinsichtlich der daraus für zu Fuß Gehende und Radfahrende entstehenden Gefährdungen unterscheiden würden. Auch wurde davon ausgegangen, dass häufig auch kritische Abstände auftreten, die z. B. eine Abstandsmessung aus den Videos sowie deren statistische Auswertung unter Einbeziehung von Bauwerksbreiten etc. erforderlich machen würde.

Trotz der sorgfältigen Auswahl der Untersuchungsstellen wurde im Rahmen der Videoauswertung frühzeitig deutlich, dass quasi keine kritischen Begegnungen dokumentiert wurden. Auf eine statistische Auswertung von Abständen dieser sehr wenigen Begegnungen wurde daher verzichtet

Daher kamen Auftraggeber, Betreuungsgruppe und Auftragnehmer zu dem Entschluss, statt einer vertieften Begegnungsanalyse der quasi gefahrungsfreien Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen die verkehrliche Analyse der Begegnungen auch auf die Begegnungen mit Pkw auszudehnen. Damit sollte sichergestellt werden, dass eine aus der Analyse der Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen resultierende positive Bewertung bestimmter Bauwerkabmessungen auch für die deutlich häufiger vorkommenden Begegnungen mit Pkw gelten würde.

Die 42 analysierten Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen teilen sich auf in 29 Fälle mit Entgegenkommen, 8 mit Überholvorgängen sowie 5 Vorbeifahrten. Unter der Annahme, dass die Bewegungsrichtungen der Verkehrsteilnehmenden gleichmäßig verteilt sind, ist grundsätzlich zu erwarten gewesen, dass die Anzahl an Begegnungen mit Entgegenkommen und die mit Überholvorgängen auf einem ähnlichen Niveau liegen. Aus den Videoerhebungen ist das Öfteren zu beobachten, dass zwar kein Überholvorgang auf bzw. unter dem Bauwerk stattfindet, jedoch aus den zu beobachtenden Geschwindigkeitsunterschieden bzw. -potenzialen der beteiligten Fahrzeuge ein Überholwunsch ab-

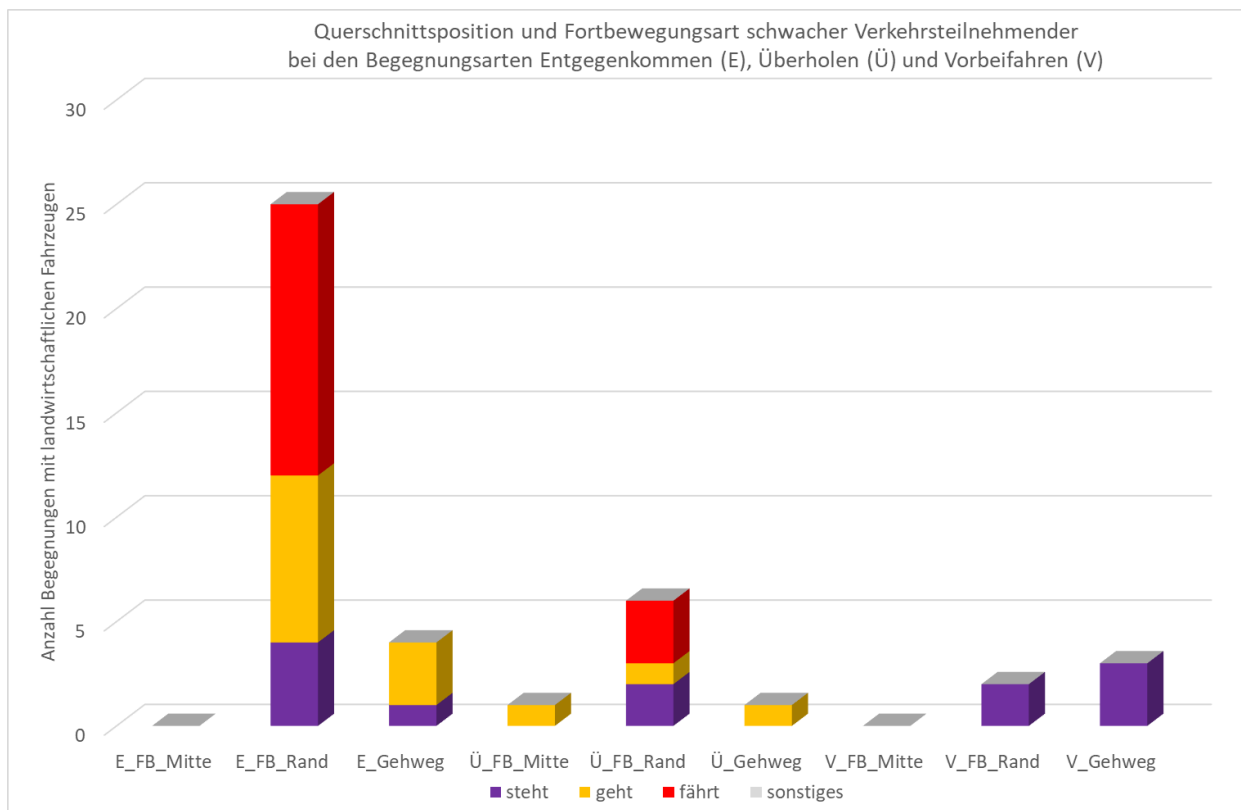


Bild 6-8: Querschnittspositionen und Fortbewegungsarten schwacher Verkehrsteilnehmenden bei Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen

leitbar ist. In einigen dieser Fälle finden diese Überholmanöver nicht mehr statt, da z. B. nach dem Bauwerk in unterschiedliche Richtungen weitergefahren wird. Auch wenn es technisch bedingt nicht auswertbar ist, ist demgegenüber in anderen Fällen davon auszugehen, dass nachfolgende breitere Querschnitte zum Nachholen der Überholmanöver genutzt werden. Da nur in Ausnahmefällen systematische Ausweichstellen außerhalb der Bauwerke vorhanden sind, konnte hierzu kein belastbarer Zusammenhang hergestellt werden.

Die Bewegungsarten gehen und fahren treten – also sich bewegend schwache Verkehrsteilnehmende – bei den Begegnungsvorgängen mit ca. 40 % etwa gleich häufig auf, wobei in ca. 20 % der Fälle stehen bzw. warten die schwachen Verkehrsteilnehmenden. Bild 6-8 zeigt auch, dass die weit aus meisten Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen am Rand der Fahrbahn, jedoch nicht auf dem teilweise vorhandenen Notgehweg stattfinden. Begegnungen mit schwachen Verkehrsteilnehmenden in Fahrbahnmitte treten praktisch nicht auf. Die Gehwege werden vor allem beim Warten im Zusammenhang mit Vorbeifahrten genutzt.

6.2.4 Ausweichverhalten bei Begegnungen

Im Regelfall war bei den beobachteten Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen die uneingeschränkte Beibehaltung der ursprünglichen Fortbewegungsgeschwindigkeit der Personen bzw. Fahrzeuge festzustellen. Dabei war auffällig, dass ein Ausweichen beider Verkehrsbeteiligter der am häufigsten zu beobachtende Fall ist. Bei entgegenkommenden landwirtschaftlichen Fahrzeugen weicht relativ häufig nur der schwache Verkehrsteilnehmende aus, etwas seltener treten auch Fälle gänzlich ohne bzw. lediglich mit Ausweichen durch das entgegenkommende landwirtschaftliche Fahrzeug auf. Bei den deutlich selteneren Überholvorgängen treten die Ausweichvorgänge meist symmetrisch auf (vgl. Bild 6-9).

Aus den Beobachtungen ist meist technisch bedingt nicht zu erkennen, ob Fahrzeuge bereits vor der Begegnung ausweichen. Häufig ist jedoch zu erkennen, dass nach der Begegnung die Fahrzeuge eine etwas mittigere Querschnittsposition einnehmen als während der Begegnung, was vermutlich eher ihrer Wunschposition im Querschnitt nahekommt.

Begegnungen mit sehr breiten Fahrzeugen finden im Regelfall nicht auf bzw. unter dem Bauwerk statt.

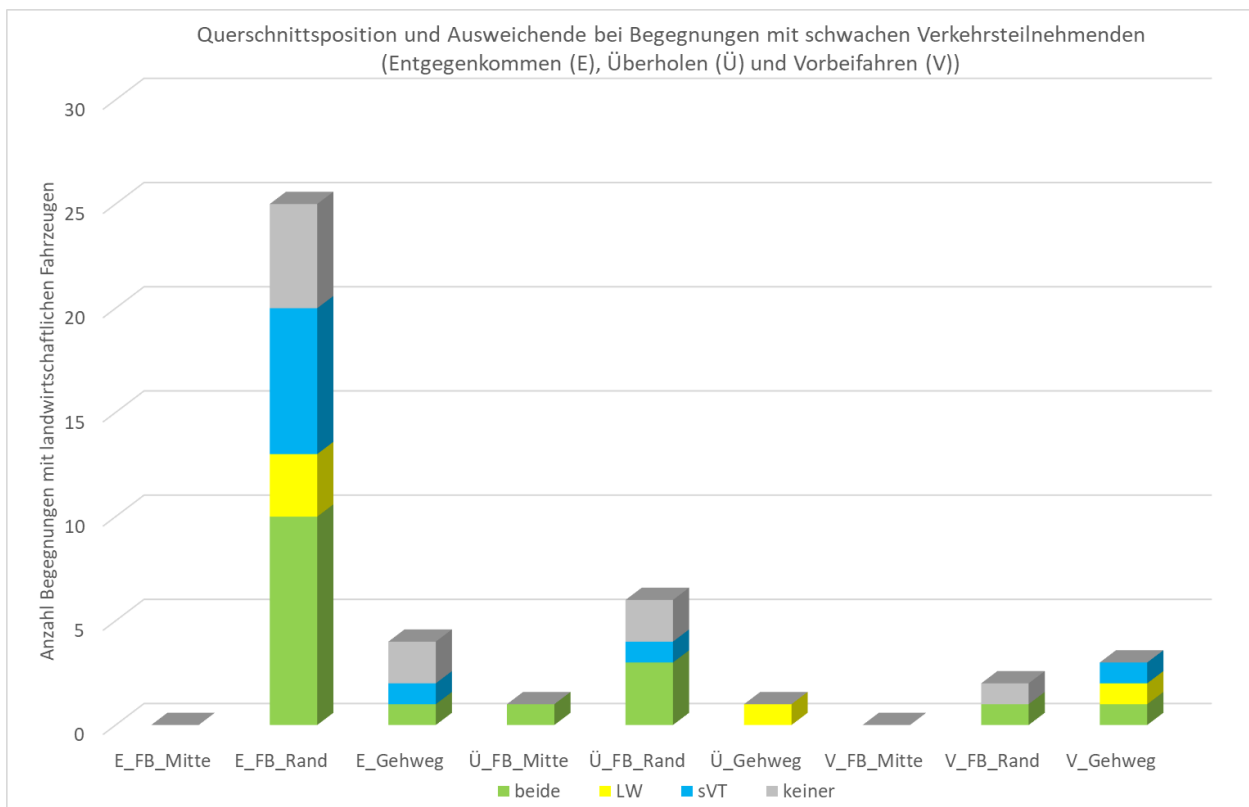


Bild 6-9: Ausweichverhalten schwacher Verkehrsteilnehmenden bei Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen

Stattdessen warten zu Fuß Gehende bzw. Rad Fahrende außerhalb des Bauwerks die Begegnung ab, bevor das Bauwerk betreten wird.

Auch bei breiten (Not-)Gehwegen ist festzustellen, dass in aller Regel auch zu Fuß Gehende die Fahrbahn nutzen. Dabei fällt auf, dass bei geringen bis mittleren Verkehrsstärken offensichtlich ohne Bedenken von den schwachen Verkehrsteilnehmenden ein großer Fahrbahnanteil genutzt wird. Ebenfalls auffällig ist, dass häufig unabhängig von Begegnungen mit Kraftfahrzeugen zu Fuß Gehende und Radfahrende auf oder unter dem Bauwerk eine Pause einlegen.

6.2.5 Fazit

Es ist festzustellen, dass bei der Auswertung der Beobachtung von 1.200 landwirtschaftlichen Fahrzeugen, über 17.000 sonstigen Kfz und 4.500 zu Fuß Gehenden bzw. Rad Fahrenden an 533 Mess-tagen an den ausgewählten Untersuchungsstellen keine der 42 stattgefundenen Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen als „kritisch“ einzu-stufen sind.

Aus den Beobachtungen ist abzuleiten, dass sich aus den Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen keine Hinweise ergeben, dass die an den Untersuchungsstellen vorhandenen Quer-schnittsbreiten zu Gefährdungen von schwachen Verkehrsteilnehmenden führen.

Wie bereits einführend erläutert, sind keine Begeg-nungen mit kritischen Abständen zwischen land-wirtschaftlichen Fahrzeugen und zu Fuß Gehenden bzw. Radfahrenden auf bzw. unter Bauwerken do-kumentiert, weder beim Überholen noch beim Ent-gegenkommen. Insbesondere wenn die Bauwerks-breite offensichtlich nahezu vollständig fahrgeomet-risch vom landwirtschaftlichen Fahrzeug alleine be-nötigt wird, wurden keine Begegnungen mit schwa-chen Verkehrsteilnehmern beobachtet.

Nur sehr wenige Bauwerke im Untersuchungskol-lektiv weisen Fahrbahnbreiten im Bereich der Min-destmaße von RLW bzw. RE-Ing auf; auch bei die-sen Bauwerken lassen sich keine Unterschiede bzgl. kritischer Begegnungen feststellen. Zusam-men mit der o. a. Beobachtung, dass vor allem bei geringem verbleibendem Raum neben einem land-wirtschaftlichen Fahrzeug keine Begegnungen zu verzeichnen sind, sind auch bei einer systemati-scheren Anwendung der Mindestmaße keine kriti-schen Situationen zu erwarten, da in aller Regel ko-operativ Begegnungen unter diesen Umständen vermieden werden.

6.3 Analyse der Begegnungen von schwachen Verkehrsteilnehmenden und Pkw

6.3.1 Arten von Begegnungen und resultierende Gefährdungen

Ergänzend zu den Betrachtungen der Begegnun-gen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen werden auch die Begegnungen mit Pkw qualitativ analysiert. Ziel ist die Überprüfung, ob der Befund innerhalb des Untersuchungskollektivs, dass praktisch keine kriti-schen Situationen bei Begegnungen mit landwirt-schaftlichen Fahrzeugen auftreten, auch für Begeg-nungen mit Pkw gelten.

Hierzu werden die entsprechenden Fahrzeugbe-gegnungen hinsichtlich der Positionierung der schwachen Verkehrsteilnehmenden im Querschnitt ebenso kategorisiert wie auch die Art der Fortbewe-gung. Des Weiteren wird ausgewertet, ob und von welchem Beteiligten Ausweichvorgänge vorgenom-men werden.

In die Analyse gehen 322 Begegnungen ein, davon sind 181 Vorgänge, bei denen die schwachen Ver-kehrsteilnehmenden den Pkw entgegenkommen, 106 Vorgänge mit Überholungen durch Pkw sowie 21 Vorgänge, bei denen die Pkw an bereits stehen-den schwachen Verkehrsteilnehmenden vorbeifah-ren.

Letztendlich wurden über alle Arten von Kraftfahr-zeugen nur zwei Begegnungssituationen dokumen-tiert, die im Zuge der Begegnung eine Bremsreak-tion eines Kfz bzw. ein Überraschungsmoment für zwei überholte zu Fuß Gehende beinhalteten. Eine Beteiligung von landwirtschaftlichen Fahrzeugen fand hierbei nicht statt. Um das niedrige Gefähr-dungspotenzial selbst bei diesen beiden Situationen zu dokumentieren, sind im Anhang 6 und Anhang 7 jeweils Einzelbildsequenzen zu den beiden Situa-tionen enthalten.

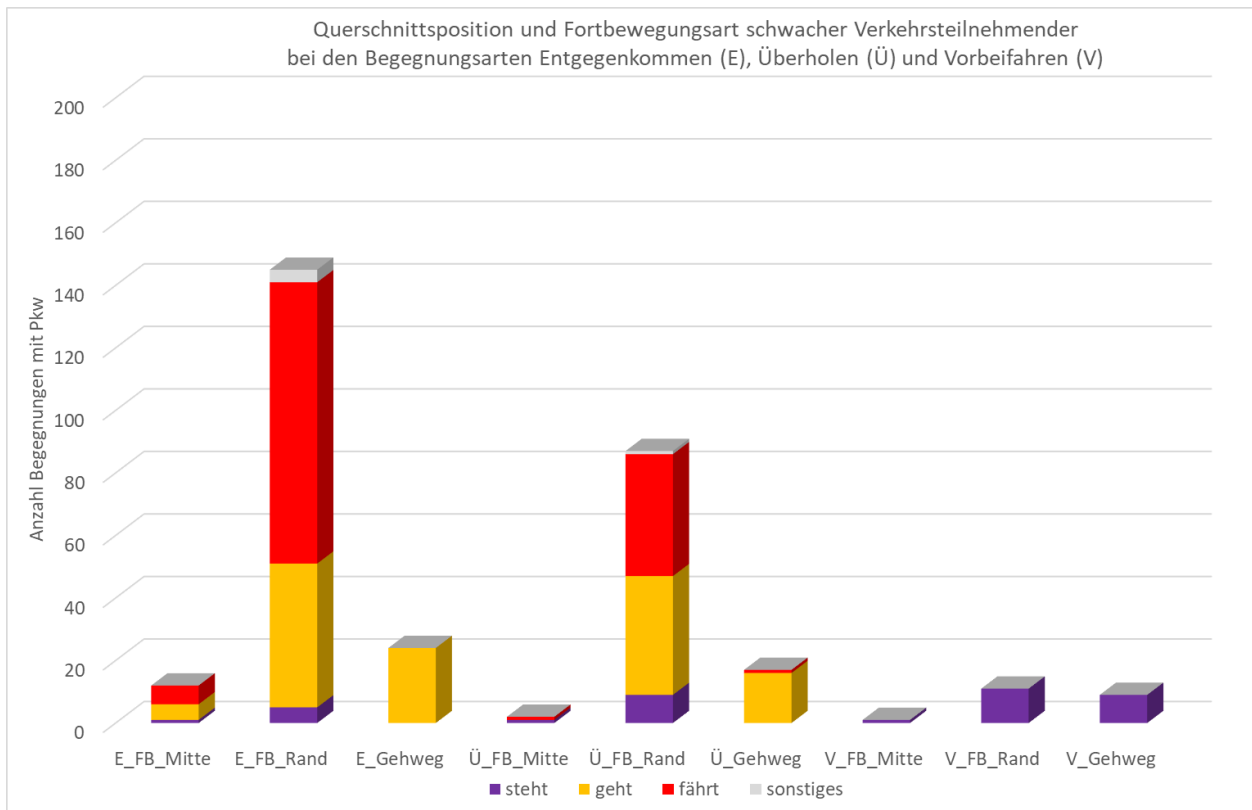


Bild 6-10: Querschnittspositionen und Fortbewegungsarten schwacher Verkehrsteilnehmer bei Begegnungen mit Pkw

Die Bild 6-10 zeigt, dass vor allem gegenüber Radfahrenden deutlich mehr Begegnungen mit Entgegenkommen als mit Überholungen stattfinden. Es geht auch hervor, dass nur gut 30 % der zu Fuß Gehenden den Gehweg benutzen, Gehwegnutzungen durch Radfahrende waren hingegen gar nicht festzustellen. Bei Begegnungen von Pkw mit bereits stehenden Personen ist festzustellen, dass diese in fast 60 % der Fälle nicht auf dem Gehweg, sondern der Fahrbahn stehen.

6.3.2 Ausweichverhalten bei Begegnungen

Die Auswertung des Ausweichverhaltens (vgl. Bild 6-11) bestätigt die Beobachtung eines in der Regel sehr kooperativen Umgangs der Verkehrsteilnehmenden, die auch bei Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen zu beobachten ist.

Bei entgegengerichteten Fahrzeugen mit Begegnung auf der Fahrbahn ist in über 60 % der Fälle von keinem der Beteiligten ein Ausweichen festzustellen, beide bzw. nur Pkw weichen jeweils in rund 15 % der Fälle aus und nur in knapp 7 % war ein Ausweichen der schwachen Verkehrsteilnehmenden festzustellen. Bei Überholungen ist zu berücksichtigen, dass die schwachen Verkehrsteilnehmenden nicht in jedem Fall im Vorfeld von dem bevorstehenden Überholvorgang wissen. In diesen Fällen weichen in über 60 % der Fälle nur die Pkw aus, in rund 15 % beide sowie in 20 % keiner der Beteiligten, Situationen, in denen ausschließlich die schwachen Verkehrsteilnehmenden ausweichen, sind quasi nicht zu beobachten.

von schwachen Verkehrsteilnehmenden (sVT) führen. Analog zu den Schlussfolgerungen aus den Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen ist auch bzgl. der Pkw-Begegnungen bei den wenigen im Kollektiv enthaltenen Bauwerken mit Mindestbreitenmaßen gemäß RLW bzw. RE-Ing. kein höheres Konfliktpotenzial zu erkennen. Zumindest in den Fällen, in denen keine Netzbedeutung für den Kfz-Verkehr vorliegt, ist auch bei systematischer Anwendung von Fahrbahnbreiten unterhalb von 5,00 m nicht von erhöhten Risiken aus Begegnungen zwischen Kfz-Verkehr und schwachen Verkehrsteilnehmenden auszugehen.

6.3.3 Fazit

Insgesamt ist festzustellen, dass es auch aus den Pkw-Begegnungen keine Hinweise gibt, dass die vorhandenen Querschnittsbreiten zu Gefährdungen

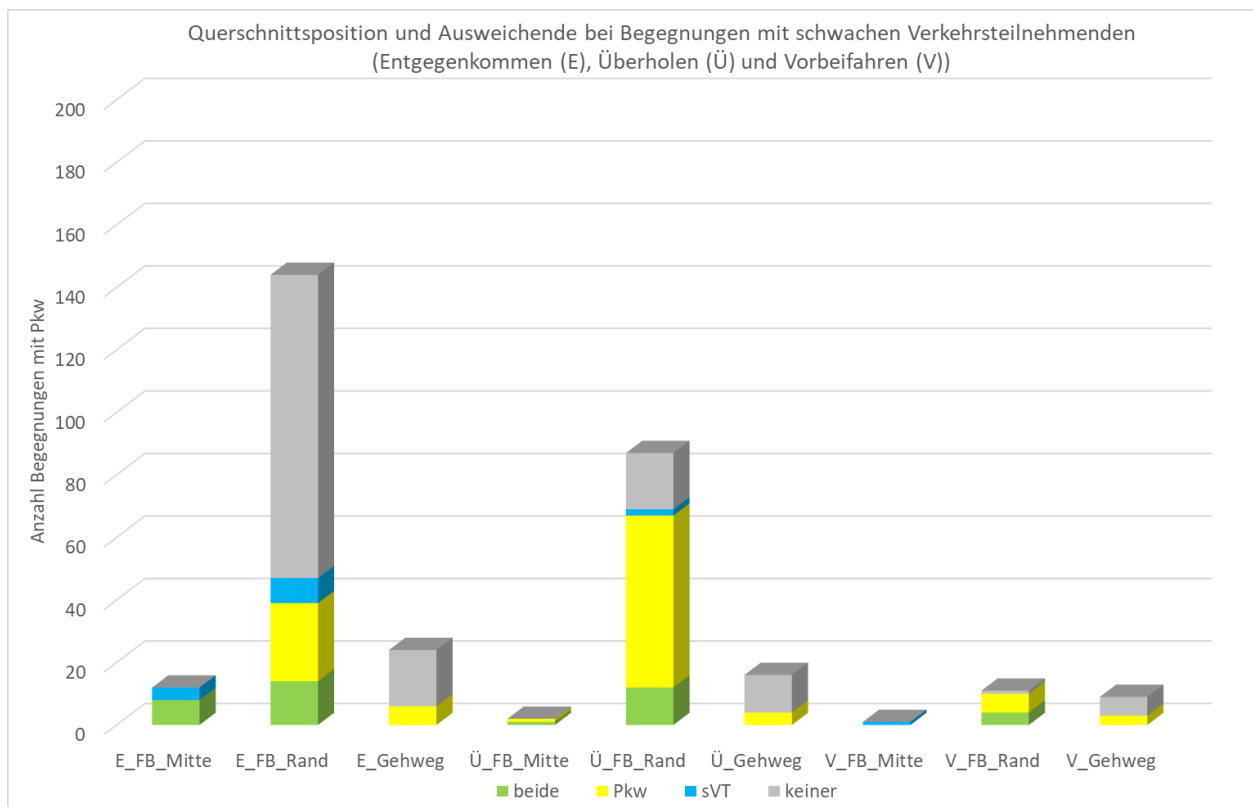


Bild 6-11: Ausweichverhalten schwacher Verkehrsteilnehmenden bei Begegnungen mit Pkw

7 Bewertung der Ergebnisse

7.1 Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen

Die Auswertungen von 3.990 Stunden Videomaterial zeigen, dass Begegnungen zwischen zu Fuß Gehenden bzw. Radfahrenden und landwirtschaftlichen Fahrzeugen auf bzw. unter den Bauwerken sehr seltene Ereignisse sind. So konnten lediglich 42 dieser Begegnungen festgestellt werden. Hierbei zeigt sich, dass die Anzahl der Begegnungen grundsätzlich in einem Verhältnis von ca. 1:30 zur Anzahl der dokumentierten landwirtschaftlichen Fahrzeuge steht. Zusammenhänge zwischen dem Aufkommen beider Verkehrsarten und der Begegnungshäufigkeit sind jedoch nicht ableitbar.

Bei Begegnungen ist in aller Regel ein kooperatives Verhalten von zu Fuß Gehenden und Rad Fahrenden sowie dem landwirtschaftlichen Verkehr festzustellen. Es wurde beispielsweise beobachtet, dass Begegnungen mit sehr breiten Fahrzeugen häufig auch außerhalb der Bauwerke stattfinden, nachdem einer der Beteiligten gewartet hat. Die Nutzung von Ausweichstellen kann hierbei nicht analysiert werden, da diese an den beobachteten Bauwerken kaum vorhanden sind. Aus den Fahrtrajektorien der Videoanalysen ist erkennbar, dass gewünschte Überholungen von Radfahrenden im Bereich der Bauwerke häufig herausgezögert oder gänzlich unterlassen werden, wenn z. B. häufig genutzte Radrouten nach dem Bauwerk abzweigen.

Neben der Erhebung und Analyse der Häufigkeit von Begegnungen sollte in diesem Vorhaben auch untersucht werden, in welchem Umfang und bei welchen Randbedingungen es zu kritischen Begegnungen kommt. Nachdem nur eine sehr geringe Anzahl an Begegnungen ermittelt werden konnte (alle unkritisch und alle ohne Beteiligung von landwirtschaftlichen Fahrzeugen), wurde in Absprache mit dem Auftraggeber und dem Betreuerkreis auf eine quantitative Analyse der Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen zugunsten einer qualitativen Betrachtung der Begegnungen mit anderen Kfz verzichtet.

Wegen des grundsätzlichen Fehlens kritischer Situationen vor allem mit Bezug zur Bauwerksbreite konnte auch der vorgesehene Fokus auf breite Fahrzeuge und mögliche Ableitungen erforderlicher Bauwerksbreiten aus Begegnungen mit diesen Fahrzeugen nicht abgebildet werden. Begegnungen zwischen Fuß-/Radverkehr und sehr breiten landwirtschaftlichen Fahrzeugen, bei denen man

grundsätzlich von einer höheren Wahrscheinlichkeit für kritische, weil beengte, Situationen ausgehen konnte, finden praktisch nicht statt. Mehr noch als bei Begegnungen mit landwirtschaftlichen Standardfahrzeugen werden Begegnungen, bei denen die Fahrbahn weitestgehend vom landwirtschaftlichen Fahrzeug belegt wird, innerhalb des Bauwerks vermieden.

Ein Zusammenhang zwischen Bauwerkskonstellationen (Breite, Unter- oder Überführung) und Gefährdungspotenzialen konnte aus den vorab genannten Gründen nicht ermittelt werden. Daher ist auch kein Einfluss der Bauwerksbreite erkennbar, auch nicht bei schmalen Bauwerken. Die Ergebnisse der empirischen Erhebungen zeigen auch bei geringeren Bauwerksbreiten keine höheren Anteile von Begegnungen mit Gefährdungen. Stattdessen lässt sich aus dem Fehlen dokumentierter Begegnungen unter beengten Verhältnissen ableiten, dass gerade deshalb die Begegnungen im Bauwerksbereich bewusst vermieden werden.

Das insgesamt geringe Aufkommen landwirtschaftlicher Fahrzeuge und das noch deutlich seltenere Auftreten von Begegnungen mit schwachen Verkehrsteilnehmenden im Bereich von Bauwerken lässt es nicht zielführend erscheinen, entsprechende Begegnungen als Maßstab für die Bemessung der Fahrbahnbreite bzw. der Seitenräume heranzuziehen.

Da im Rahmen des Vorhabens kein Bedarf für eine Anpassung der Fahrbahnbreiten im Bereich von Unter-/Überführungsbauwerken ermittelt werden konnte, wurde auf eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung verzichtet.

7.2 Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und nicht-landwirtschaftlichen Fahrzeugen

Nachdem deutlich geworden war, dass weder Hinweise auf Gefährdungen für schwache Verkehrsteilnehmende aus Begegnungen vorliegen noch Gründe bestehen, Bauwerksbreiten auf diesen Begegnungsfall zu bemessen, wurde der Auswertefokus hin zu Begegnungen zwischen schwachen Verkehrsteilnehmenden und nicht-landwirtschaftlichen Kraftfahrzeugen verschoben. Hintergrund hierfür war, dass zumindest für die vorgefundenen Bauwerksbreiten keinerlei Änderungsbedarf aus den Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen gesehen wird. Daher sollte geprüft werden, ob an den ausgewählten Bauwerken möglicherweise kriti-

sche Situationen auftreten, die sich aus der Begegnung mit nicht-landwirtschaftlichem Fahrzeugen ergeben.

Aus den Auswertungen analog zu den Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen ergeben sich jedoch keinerlei Erkenntnisse bzgl. Gefährdungen aus diesen Begegnungen. Aus diesem Grund erscheint auch die gemeinsame Nutzung bei den im Rahmen der empirischen Untersuchungen vorhandenen Bauwerksbreiten durch Pkw und schwachen Verkehrsteilnehmende unproblematisch.

7.3 Berücksichtigung der verkehrlichen Bedeutung für den nicht-landwirtschaftlichen Verkehr bei der Festlegung von Bauwerksbreiten

Bei einzelnen Bauwerken treten relativ hohe Verkehrsstärken auf, die eine verkehrliche Bedeutung auch für den regulären Kraftfahrzeugverkehr andeuten. Bei Bauwerken mit der Standardfahrbahnbreite gemäß RE-ING von 4,00 m ist in diesen Fällen ein Pkw-Pkw-Begegnungsfall nicht gewährleistet. Daher erscheint es angemessen, im Einzelfall Breitenfestlegungen für das Bauwerk unabhängig vom landwirtschaftlichen Verkehr vorzunehmen. Vor allem dann, wenn die Verkehrsbedeutung für den nicht-landwirtschaftlichen Verkehr deutlich höher ist als für den landwirtschaftlichen Verkehr, könnten daraus resultierende Begegnungsfälle bei der Breitenfestlegung für das Bauwerk zielführend sein. Einem solchen Bedarf könnte durch beidseitige Ausweichstellen oder einen zweistreifigen Querschnitt begegnet werden. Analoge Überlegungen bzgl. der allgemeinen Verkehrsbedeutung gelten bei gleichzeitig vorhandenem nennenswerten Fuß- und Radverkehrsaufkommen auch für die Frage, ob diese Verkehrsarten im Bauwerksbereich gesondert berücksichtigt werden sollten.

Maße bzw. Kriterien für eine Breitenfestlegung bei relevantem nicht-landwirtschaftlichem Verkehr können aus diesem Vorhaben jedoch nicht abgeleitet werden. Ebenfalls können keine Belastungswerte benannt werden, ab denen die genannten Überlegungen für einen größeren Breitenbedarf angestellt werden sollen.

7.4 Schlussfolgerungen

Weder aus den beobachteten Begegnungen zwischen Fuß- und Radverkehr mit landwirtschaftlichem Verkehr noch mit dem regulären Kfz-Verkehr lassen sich Erkenntnisse ableiten, dass auf Basis dieser Begegnungen Änderungen an den Fahrbahnbreiten im Regelwerk vorgenommen werden

sollten. Dies gilt auch für die Breite von Notgehwegen im Seitenraum. Auch wenn im Untersuchungskollektiv nur wenige Bauwerke im Bereich der Mindestmaße von RLW und RE-ING enthalten waren, gibt es keine Anhaltspunkte dafür, dass deren systematische Anwendung zu kritischen Situationen führt. Dies ist auch daran festzumachen, dass bei geringen verbleibenden Breiten neben landwirtschaftlichen Fahrzeugen Begegnungen in der Regel ganz ausbleiben.

Sehr breite landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Breiten über 3,50 m sind bei den Erhebungen nur an Bauwerken anzutreffen, die Fahrbahnbreiten von mehr als 4,00 m aufweisen. Fahrgeometrische Schwierigkeiten, die bei diesen Fahrzeugbreiten an Bauwerken mit den Mindestfahrbahnbreiten gemäß RE-ING auftreten könnten, sind daher nicht dokumentiert. Für eine generelle Verbreiterung von Bauwerken mit landwirtschaftlichem Verkehr aufgrund größerer Fahrzeugbreiten ergeben sich daher aus den Erhebungen keine Hinweise.

Literatur

BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (BLE): Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr 2020, Bonn 2020.

BUNDESANSTALT FÜR STRAßENWESEN (BASt): Anweisung Straßeninformationsbank für Ingenieurbauten, Teilsystem Bauwerksdaten (ASB-ING), Bonn 2013.

BUNDESANSTALT FÜR STRAßENWESEN (BASt): SIB-Bauwerke, Programmsystem zur Erfassung und Auswertung von Straßenbauwerken; Entwickelt, Vertrieb und Support durch WPM-Ingenieure

BMVI: Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING), Anlage 1 zum ARS 10/2020 vom 06.04.2020, Teil 2 Brücken.

DWA DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT; ABWASSER UND ABFALL: Arbeitsblatt DWA-A 904-1, Richtlinien für den Ländlichen Wegebau (RLW 2016), Teil 1: Richtlinien für die Anlage und Dimensionierung Ländlicher Wege, Hennef 2016.

KRAFTFAHRT-BUNDESAMT: Verzeichnis zur Systematisierung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern (SV1), Flensburg 2021.

FAHRZEUG-ZULASSUNGSVERORDNUNG (FZV) vom 3. Februar 2011 (BGBl. I S. 139), die zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 29. Juni 2020 (BGBl. I S. 1528) geändert worden ist.

STRAßENVERKEHRS-ZULASSUNGS-ORDNUNG (StVZO) vom 26. April 2012 (BGBl. I S. 679), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 26. November 2019 (BGBl. I S. 2015) geändert worden ist.

STRAßENVERKEHRS-ORDNUNG (StVO) vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3047) geändert worden ist.

35. AUSNAHMEVERORDNUNG ZUR STRAßENVERKEHRS-ZULASSUNGS-ORDNUNG (StVZO) vom 22. April 1988 (BGBl. I S. 562), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 26. Juli 2013 (BGBl. I S. 2803) geändert worden ist.

Tabellen

Tab. 2-1: Klassifizierung der Wegetypen, deren primäre Zwecke und Nutzung (RLW 2016) 6

Tab. 4-1: Vergleich zwischen den Angaben aus der SIB-Bauwerke und den gemessenen Breiten auf dem analysierten Streckenabschnitt der A2 (von der Realität abweichende Breiten mit * markiert) 19

Tab. 4-2: Ergebnisse des Auswahlverfahrens..... 27

Tab. 5-1: Variation von Standortpositionen 33

Tab. 5-2: Anzahl der beobachteten Bauwerke, aufgestellter Kamerasysteme und Messtage (6.00-20.00 Uhr) je Bundesland und Bauwerksart..... 34

Bilder

Bild 2-1: Gegenüberstellung der Varianten an Unterführungsbauwerke aus den RE-ING (oben) und den RLW 2016 (unten) (eigene Darstellung). 6	Bild 4-7: Anzahl der Über- und Unterführungsbauwerke an Bundesstraßen und Autobahnen differenziert nach Bundesland.....25
Bild 2-2: Gegenüberstellung der Varianten an Überführungsbauwerken aus den RE-ING (oben) und den RLW 2016 (unten).....7	Bild 4-8: Häufigkeitsverteilung der minimalen Durchfahrtsbreiten nach Breitenklassen der Bauwerke an Bundesstraßen und Autobahnen differenziert nach Bauwerkstyp.....26
Bild 2-3: Verteilung der Transporte über ein Kalenderjahr für Betriebe ohne Tierhaltung (links) und mit Tierhaltern (rechts), (RLW 2016, S. 24)....9	Bild 4-9: Anteile der Bundesländer mit Bauwerken ohne Angaben zu relevanten Mindestbreiten.....27
Bild 2-4: Wege des landwirtschaftlichen Verkehrs (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an textliche Beschreibung RLW 2016)9	Bild 4-10: Potenzielle Eignung der untersuchten Landkreise. Je dunkler der Landkreis eingefärbt ist, umso größer ist das identifizierte Eignungspotenzial pL29
Bild 3-1: Übersicht über alle Fahrzeuge mit einer Breite von mehr als 3,0 m in Bezug zur Fahrzeuglänge..... 14	Bild 4-11: Potenzielle Untersuchungsstellen in der Region Hannover differenziert nach Unter- und Überführungsbauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)....30
Bild 3-2: Übersicht über alle Fahrzeuge mit einer Breite von mehr als 3,0 m in Bezug zur Erstzulassung 15	Bild 4-12: Potenzielle Untersuchungsstellen in der Region Germersheim differenziert nach Unter- und Überführungsbauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)....31
Bild 3-3: Gesamtbreitenverteilung der landwirtschaftlichen Fahrzeuge in Deutschland.. 15	Bild 4-13: Potenzielle Untersuchungsstellen in der Region Rostock differenziert nach Unter- und Überführungsbauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)....31
Bild 3-4: Breitenverteilung aller landwirtschaftlicher Fahrzeuge nach Bundesländern 16	Bild 4-14: Beispiel zum Vorgehen für die Auswahl von Untersuchungsstellen in der Region Hannover (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA).....32
Bild 3-5: Anteile breiter Fahrzeuge ab 2,60 m nach Bundesländern..... 17	Bild 5-1: Beispielhafte Positionierung der Kameras an Bauwerken (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA).....33
Bild 3-6: TOP 20-Zulassungsbezirke nach Anteil landwirtschaftlicher Fahrzeuge breiter als 3,00 m18	Bild 5-2: RPI Zero mit Kamera-Anschluss (obenPoS. 1), Micro-SD Karten-Slot (PoS. 2) und Micro-UBS-Port (PoS. 3).....33
Bild 3-7: Anteile breiter selbstfahrender Arbeitsmaschinen 18	Bild 5-3: Raspberry Pi Camera Module V2 Farb-Kameramodul (links) sowie als RPI Zero und Raspberry Pi Camera Module als Komplettpaket (rechts)33
Bild 4-1: Streckenabschnitt der A2 zur Plausibilisierung der Datenbank SIB-Bauwerke (Quelle: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA)21	Bild 5-4: Einbau RPI in Gehäuse; Ansicht von vorne (links) und von Seite (rechts) (eigene Darstellung)34
Bild 4-2: Beispiel für die Unterführung Nr. 5.....22	Bild 5-5: Kontroll-Website zur Überprüfung der Kameraausrichtung, der Synchronisation der Systemzeit und der Beendigung des Setups (eigene Darstellung)34
Bild 4-3: Beispiel für die Überführung Nr. 18.....22	Bild 5-6: Standortvariationen zur Bestimmung einer geeigneten Aufnahmeposition (lediglich Position 1 bis 5 dargestellt).....35
Bild 4-4: Methodik zur Vorauswahl von Untersuchungsstellen23	
Bild 4-5: Räumliche Verteilung aller Einträger der SIB-Bauwerke. Dabei ist die Dichte der Bauwerke als Heatmap dargestellt. (Kartengrundlage: © OpenStreetMap und Mitwirkende, CC-BY-SA e: OpenStreetMap).....23	
Bild 4-6: Anzahl der Über- und Unterführungsbauwerke an Bundesstraßen und Autobahnen differenziert nach Bundesland24	

Bild 6-1: Schmale landwirtschaftliche Fahrzeuge mit schmalen Anhängern.....	38
Bild 6-2: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Standardbreite und Anhängern	38
Bild 6-3: Selbstfahrende Arbeitsmaschinen	39
Bild 6-4: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit überbreiten Anhängern	39
Bild 6-5: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Doppelbereifung (unteres Bild zeigt eine Begegnung)	39
Bild 6-6: Landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Doppelbereifung und Anhängern.....	39
Bild 6-7: Summe der Verkehrsteilnehmenden und der Begegnungen am Bauwerk 33	40
Bild 6-8: Querschnittspositionen und Fortbewegungsarten schwacher Verkehrsteilnehmender bei Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen	41
Bild 6-9: Ausweichverhalten schwacher Verkehrsteilnehmender bei Begegnungen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen	42
Bild 6-10: Querschnittspositionen und Fortbewegungsarten schwacher Verkehrsteilnehmender bei Begegnungen mit Pkw	44
Bild 6-11: Ausweichverhalten schwacher Verkehrsteilnehmender bei Begegnungen mit Pkw	45

Anhang

Anhang 1	Untersuchung des Eignungspotenzials verschiedener Landkreise.....	51
Anhang 2	Karte gemeldeter Fahrzeuge pro Landkreis.....	56
Anhang 3	Karte der Anzahl relevanter Bauwerke im Bereich der Regelwerke pro Kreis	57
Anhang 4	Liste der untersuchten Bauwerke	58
Anhang 5	Bilder der untersuchten Bauwerke.....	64
Anhang 6	Bilderfolge Begegnung zwischen bremsenden Pkw und zu Fuß Gehenden mit Kinderwagen.....	77
Anhang 7	Bilderfolge Begegnung zwischen erschreckten zu Fuß Gehenden und Kfz	79

Anhang 1 Untersuchung des Eignungspotenzials verschiedener Landkreise

	Landkreis	Typ	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge	Anzahl Bauwerke (total)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke & mit Lage an Radfernweg)	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge (normiert)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke) (normiert)	Eignungspotenzial
	L		$n_{f,L}$			$n_{bw,L}$		$T(n_{bw,L})$	$T(n_{f,L})$	p_L
1	Region Hannover	Landkreis	176	581	186	97	16	0,63	1,00	0,81
2	Göttingen	Landkreis	126	399	160	81	18	0,45	0,83	0,64
3	Rostock	Landkreis	281	178	64	14	3	1,00	0,14	0,57
4	Mecklenburgische Seenplatte	Landkreis	278	181	40	10	2	0,99	0,09	0,54
5	Vorpommern-Rügen	Landkreis	251	155	38	14	1	0,89	0,14	0,51
6	Uckermark	Landkreis	202	165	54	22	4	0,72	0,22	0,47
7	Ludwigslust-Parchim	Landkreis	245	204	34	7	1	0,87	0,06	0,47
8	Vorpommern-Greifswald	Landkreis	223	158	41	11	0	0,79	0,10	0,45
9	Hildesheim	Landkreis	85	237	86	47	7	0,30	0,48	0,39
10	Nordwestmecklenburg	Landkreis	180	178	71	12	1	0,64	0,11	0,38
11	Herzogtum Lauenburg	Kreis	113	134	53	33	7	0,40	0,33	0,37
12	Börde	Landkreis	166	1430	60	6	2	0,59	0,05	0,32
13	Ortenaukreis	Landkreis	116	332	101	22	3	0,41	0,22	0,32
14	Northeim	Landkreis	82	262	100	32	6	0,29	0,32	0,31
15	Prignitz	Landkreis	143	95	23	11	2	0,51	0,10	0,31
16	Wolfenbüttel	Landkreis	69	111	44	36	10	0,25	0,36	0,31

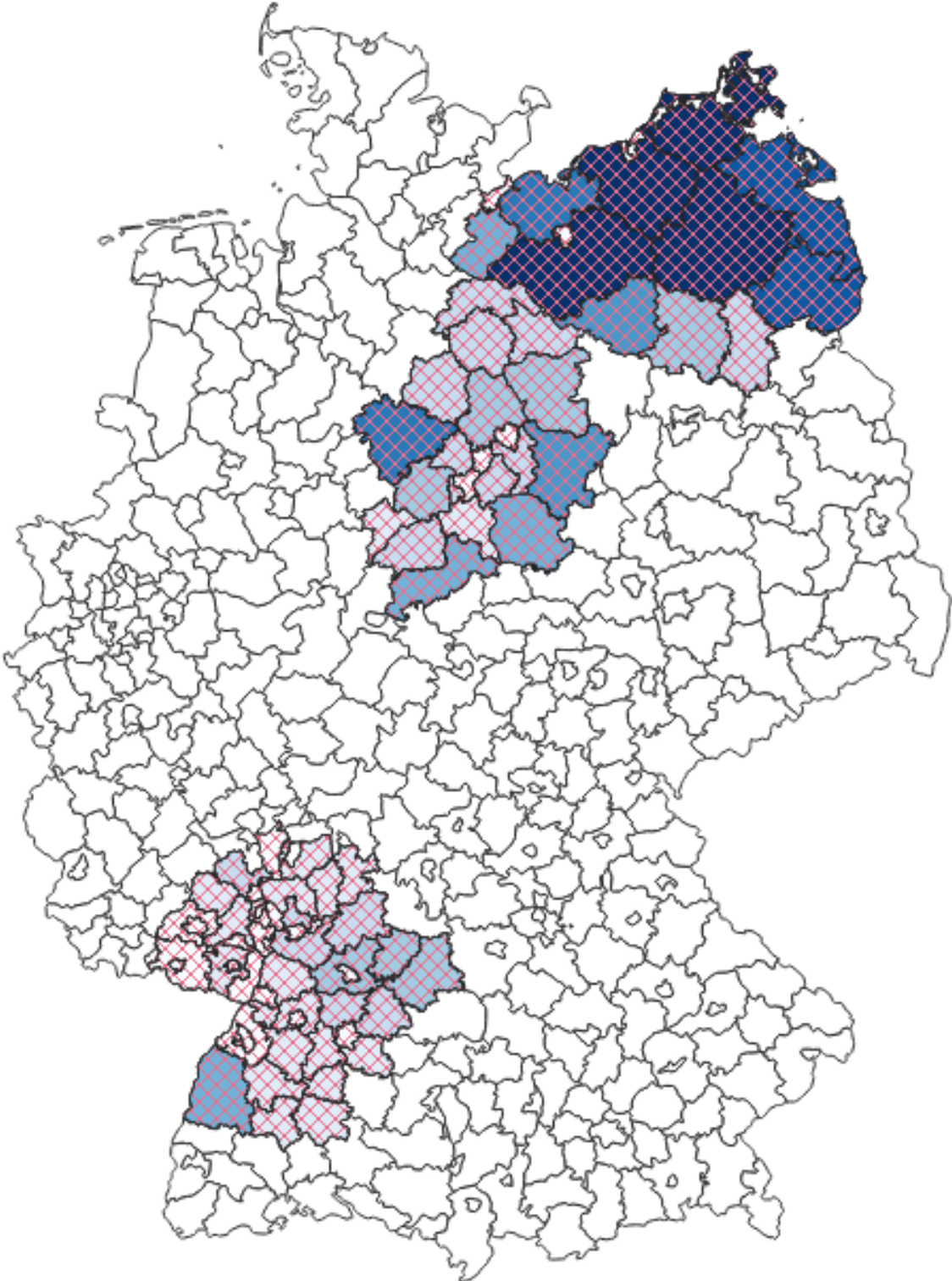
Landkreis	Typ	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge	Anzahl Bauwerke (total)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke & mit Lage an Radfernweg)	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge (normiert)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke) (normiert)	Eignungspotenzial	
L		$n_{f,L}$			$n_{bw,L}$		$T(n_{bw,L})$	$T(n_{f,L})$	p_L	
17	Goslar	Landkreis	48	288	77	41	6	0,17	0,42	0,29
18	Alzey-Worms	Landkreis	71	116	52	31	5	0,25	0,31	0,28
19	Harz	Landkreis	119	1576	37	12	2	0,42	0,11	0,27
20	Gifhorn	Landkreis	106	77	30	14	0	0,38	0,14	0,26
21	Bad Dürkheim	Landkreis	42	186	86	33	5	0,15	0,33	0,24
22	Germersheim	Landkreis	24	153	65	37	6	0,09	0,38	0,23
23	Donnersbergkreis	Landkreis	33	132	59	31	0	0,12	0,31	0,21
24	Südliche Weinstraße	Landkreis	46	99	41	26	8	0,16	0,26	0,21
25	Heilbronn	Landkreis	92	222	104	10	0	0,33	0,09	0,21
26	Ostprignitz-Ruppin	Landkreis	93	103	24	8	4	0,33	0,07	0,20
27	Rhein-Neckar-Kreis	Landkreis	69	356	137	16	10	0,25	0,16	0,20
28	Schwäbisch Hall	Landkreis	103	122	28	3	0	0,37	0,02	0,19
29	Lüneburg	Landkreis	69	112	31	14	4	0,25	0,14	0,19
30	Ludwigsburg	Landkreis	71	130	66	12	8	0,25	0,11	0,18
31	Oberhavel	Landkreis	73	142	16	10	6	0,26	0,09	0,18
32	Rhein-Pfalz-Kreis	Landkreis	13	120	48	30	3	0,05	0,30	0,17
33	Hohenlohekreis	Landkreis	96	70	21	1	0	0,34	0,00	0,17
34	Kaiserslautern	Landkreis	11	152	56	30	3	0,04	0,30	0,17
35	Peine	Landkreis	74	89	21	6	0	0,26	0,05	0,16
36	Helmstedt	Landkreis	65	153	48	9	1	0,23	0,08	0,16

	Landkreis	Typ	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge	Anzahl Bauwerke (total)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke & mit Lage an Radfernweg)	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge (normiert)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke) (normiert)	Eignungspotenzial
	L		$n_{f,L}$			$n_{bw,L}$		$T(n_{bw,L})$	$T(n_{f,L})$	p_L
37	Südwestpfalz	Landkreis	26	118	42	22	2	0,09	0,22	0,16
38	Uelzen	Landkreis	81	49	12	3	0	0,29	0,02	0,15
39	Zollernalbkreis	Landkreis	34	151	54	18	0	0,12	0,18	0,15
40	Celle	Landkreis	70	43	11	5	0	0,25	0,04	0,15
41	Worms	Kreisfreie Stadt	15	63	30	21	4	0,05	0,21	0,13
42	Lüchow-Dannenberg	Landkreis	72	39	3	1	0	0,26	0,00	0,13
43	Holzminden	Landkreis	42	81	18	10	1	0,15	0,09	0,12
44	Karlsruhe	Landkreis	55	242	85	5	0	0,20	0,04	0,12
45	Ludwigshafen am Rhein	Kreisfreie Stadt	4	81	33	22	1	0,01	0,22	0,12
46	Freudenstadt	Landkreis	53	98	30	4	0	0,19	0,03	0,11
47	Braunschweig	Kreisfreie Stadt	7	150	47	19	2	0,02	0,19	0,11
48	Böblingen	Landkreis	39	205	91	8	3	0,14	0,07	0,11
49	Neckar-Odenwald-Kreis	Landkreis	59	93	25	1	0	0,21	0,00	0,10
50	Rottweil	Landkreis	56	170	70	2	2	0,20	0,01	0,10
51	Darmstadt-Dieburg	Landkreis	44	165	81	5	2	0,16	0,04	0,10
52	Tübingen	Landkreis	33	104	34	8	0	0,12	0,07	0,10
53	Esslingen	Landkreis	46	217	90	1	0	0,16	0,00	0,08
54	Bergstraße	Landkreis	33	235	67	3	0	0,12	0,02	0,07

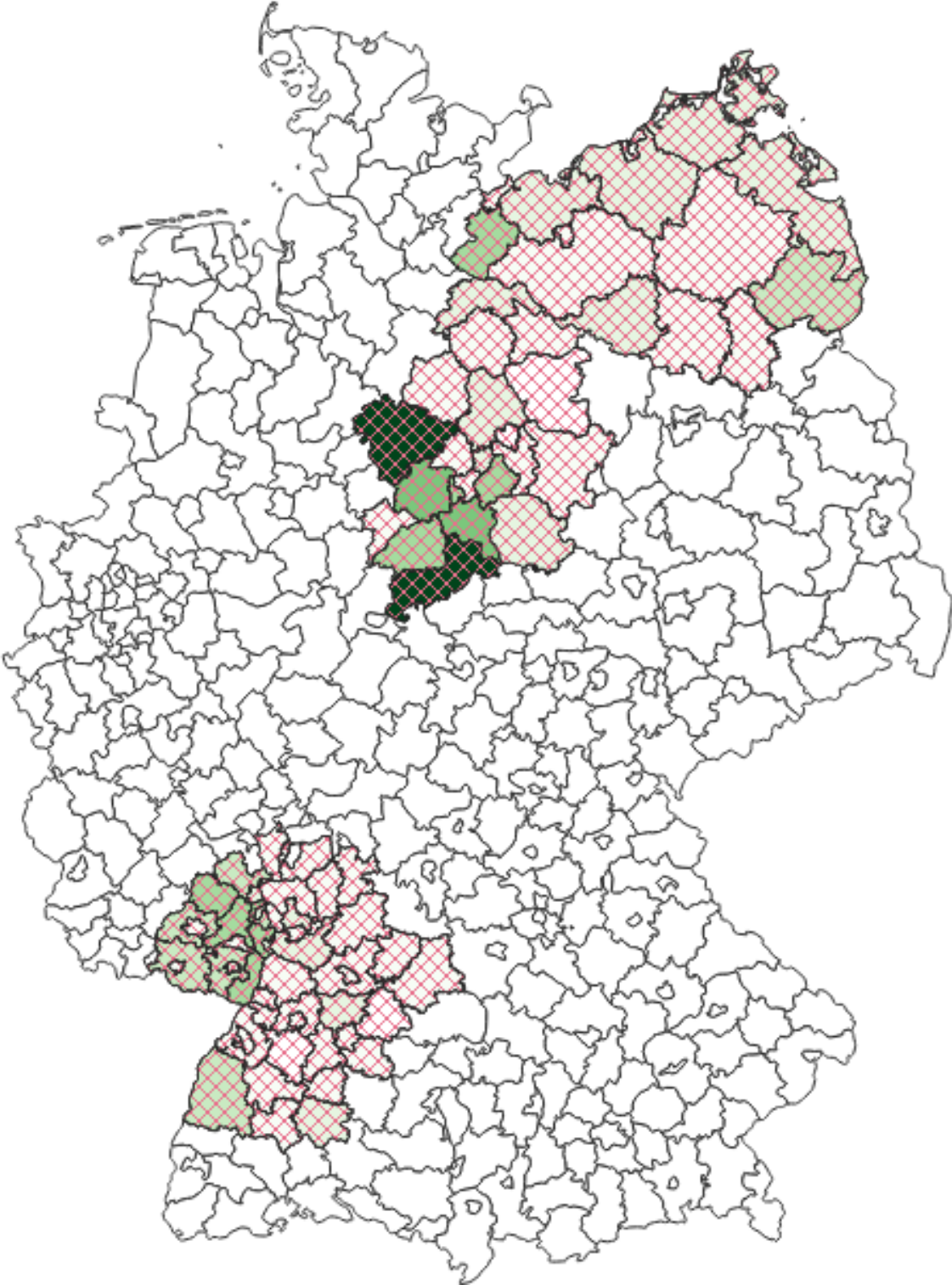
Landkreis	Typ	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge	Anzahl Bauwerke (total)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke & mit Lage an Radfernweg)	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge (normiert)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke) (normiert)	Eignungspotenzial	
L		$n_{f,L}$			$n_{bw,L}$		$T(n_{bw,L})$	$T(n_{f,L})$	p_L	
55	Speyer	Kreisfreie Stadt	0	63	27	14	2	0,00	0,14	0,07
56	Rastatt	Landkreis	27	162	49	4	2	0,10	0,03	0,06
57	Frankenthal (Pfalz)	Kreisfreie Stadt	3	63	39	12	2	0,01	0,11	0,06
58	Landau in der Pfalz	Kreisfreie Stadt	1	42	24	12	3	0,00	0,11	0,06
59	Miltenberg	Landkreis	30	70	23	2	2	0,11	0,01	0,06
60	Kaiserslautern	Kreisfreie Stadt	6	63	25	10	4	0,02	0,09	0,06
61	Enzkreis	Landkreis	30	79	23	1	0	0,11	0,00	0,05
62	Odenwaldkreis	Landkreis	30	46	14	1	1	0,11	0,00	0,05
63	Heilbronn	Stadtkreis	18	30	23	5	3	0,06	0,04	0,05
64	Salzgitter	Kreisfreie Stadt	15	62	23	6	1	0,05	0,05	0,05
65	Mannheim	Stadtkreis	6	130	47	9	7	0,02	0,08	0,05
66	Neustadt an der Weinstraße	Kreisfreie Stadt	2	54	19	10	1	0,01	0,09	0,05
67	Stuttgart	Stadtkreis	7	160	53	7	2	0,02	0,06	0,04
68	Karlsruhe	Stadtkreis	4	142	52	8	1	0,01	0,07	0,04
69	Lübeck	Kreisfreie Stadt	4	78	18	8	2	0,01	0,07	0,04
70	Groß-Gerau	Landkreis	18	224	80	2	2	0,06	0,01	0,04

	Landkreis	Typ	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge	Anzahl Bauwerke (total)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke & mit Lage an Radfernweg)	Anzahl gemeldeter landwirtschaftlicher Fahrzeuge (normiert)	Anzahl Bauwerke (relevante Lage & im Bereich der Regelwerke) (normiert)	Eignungspotenzial
	L		$n_{f,L}$			$n_{bw,L}$		$T(n_{bw,L})$	$T(n_{f,L})$	p_L
71	Heidelberg	Stadtkreis	7	61	28	2	0	0,02	0,01	0,02
72	Rostock	Kreisfreie Stadt	2	36	11	3	0	0,01	0,02	0,01
73	Pforzheim	Stadtkreis	1	38	17	3	0	0,00	0,02	0,01
74	Schwerin	Kreisfreie Stadt	1	32	16	2	0	0,00	0,01	0,01
75	Pirmasens	Kreisfreie Stadt	0	23	5	2	0	0,00	0,01	0,01
76	Baden-Baden	Stadtkreis	1	62	9	1	0	0,00	0,00	0,00
77	Wolfsburg	Kreisfreie Stadt	17	39	15	0	0	0,06	0,00	0,00
78	Rems-Murr-Kreis	Landkreis	64	145	52	0	0	0,23	0,00	0,00
79	Calw	Landkreis	50	49	5	0	0	0,18	0,00	0,00
80	Altmarkkreis Salzwedel	Landkreis	105	426	6	0	0	0,37	0,00	0,00

Anhang 2 Karte gemeldeter Fahrzeuge pro Landkreis



Anhang 3 Karte der Anzahl relevanter Bauwerke im Bereich der Regelwerke pro Kreis



Anhang 4 Liste der untersuchten Bauwerke

BL	ID	bwnr	Bauwerksname	Ort	Zugeordneter Sachverhalt	Höchster Sachverhalt oben	Höchster Sachverhalt unten	so_min_breite [m]	su_min_breite [m]	Über-/Unterführung	Breite ohne Bord [m]	Bord links [m]	Bord rechts [m]	Breite gesamt [m]	Anzahl Mess-tage	Start Messreihe	Ende Messreihe
MV	001	1940509	B 110, Zubringer AS Sanitz A 20/Zubringer B 110; von Sanitz zur A 20	Horst	B 110	*O: B 110	U: Wi-Weg.	0	0	U	5	1	1	7	13	18.09.2021	30.09.2021
MV	002	2037513	A 20, UF Gemein-destraße Jürgensha-gen - Satow/RiFa Lübeck	Satow	A 20	*O: A 20	U: G	0	0	U	5	1	1	7	13	18.09.2021	30.09.2021
MV	003	2131536	A 20, Gemein-destraße und WW/Rifa Lübeck	Sabow	A 20	*O: A 20	U: G	0	0	U	Besonderer Querschnitt			6	17.09.2021	22.09.2021	
MV	004	2132534	A 20, UF Gemein-destraße/Nordbau-werk	Jeese	A 20	*O: A 20	U: G	0	0	U	3,5	1	1	5,5	14	17.09.2021	30.09.2021
MV	005	2132537	A 20, UF Gemein-destraße/RiFa Lübeck - Brücke über den Weg Jeese-Questin	Jeese	A 20	*O: A 20	U: G	0	0	U	4,8	3,7	3,7	12,2	14	17.09.2021	30.09.2021
MV	006	2135508	A 20, UF der GM-Straße Zurow-Ravensruh/RIFA Lübeck	Zurow	A 20	*O: A 20	U: G	0	5,5	U	Besonderer Querschnitt			14	17.09.2021	30.09.2021	
MV	007	2134554	A 20, ÜF Gemein-destraße/Brücke	Wismar-Mar-tensdorf	A 20	O: G	*U: A 20	0	11,5	Ü	5	0,5	0,5	6	8	23.09.2021	30.09.2021

BL	ID	bwnr	Bauwerksname	Ort	Zugeordneter Sachverhalt	Höchster Sachverhalt oben	Höchster Sachverhalt unten	so_min_breite [m]	su_min_breite [m]	Über-/Unterführung	Breite ohne Bord [m]	Bord links [m]	Bord rechts [m]	Breite gesamt [m]	Anzahl Mess-tage	Start Messreihe	Ende Messreihe
MV	008	2139702	A 19, Brücke i.Z. der GM-Straße bei Zehlendorf	Zehlendorf	A 19	O: G	*U: A 19	0	11	Ü	6,5	0,5	0,5	7,5	13	18.09.2021	30.09.2021
MV	009	2239521	A 19, Brücke i.Z. der GM-Straße 19 bei Gremmelin/Brücke	Gremmelin	A 19	O: G	*U: A 19	5	11,5	Ü	5	0,5	0,5	6	7	18.09.2021	24.09.2021
MV	010	2340701	A19, ÜF Gemeindestraße/Brücke	Serrahn	A 19	O: G	*U: A 19		8,5	Ü	4,5	1	1	6,5	13	18.09.2021	30.09.2021
MV	011	1940506	A 20, ÜF GM-Straße bei Vietow/	Vietow	A 20	O: G	*U: A 20	0	10,5	Ü	7	0,5	0,5	8	13	18.09.2021	30.09.2021
MV	012	2131508	B 104, ÜF Bünsdorfer Straße/Brücke	Schönberg	B 104	O: G	*U: B 104	0	9,11	Ü	6,5	1,5	1,5	9,5	14	17.09.2021	30.09.2021
MV	013	2134559	A 20, ÜF GM-Straße/Brücke	Karow	A 20	O: G	*U: A 20	0	11,5	Ü	6,5	0,5	0,5	7,5	14	17.09.2021	30.09.2021
MV	014	2139509	A 19, UF GM-Straße und Gleis der DB/Rifa Berlin	Glasewitz	A 19	*O: A 19	U: G	11,5	5	U	5,6	0	1,5	7,1	7	24.09.2021	30.09.2021
RLP	016	6915555	FELDWEGÜBERFÜHRUNG	Kandel	A 65	O: Wi-Weg.	*U: A 65	4,5	7,5	Ü	5	0,75	0,75	6,5	15	06.08.2021	20.08.2021
RLP	017	6915004	Feldw.-Überführung	Kandel	A 65	O: Wi-Weg.	*U: A 65	4,5	7	Ü	5	0,5	0,5	6	15	06.08.2021	20.08.2021
RLP	018	6915003	Feldw.-Überführung	Kandel	A 65	O: Wi-Weg.	*U: A 65	4,5	7	Ü	5	0,5	0,5	6	15	06.08.2021	20.08.2021

BL	ID	bwnr	Bauwerksname	Ort	Zugeordneter Sachverhalt	Höchster Sachverhalt oben	Höchster Sachverhalt unten	so_min_breite [m]	su_min_breite [m]	Über-/Unterführung	Breite ohne Bord [m]	Bord links [m]	Bord rechts [m]	Breite gesamt [m]	Anzahl Mess-tage	Start Messreihe	Ende Messreihe
RLP	021	6815551	ÜF HUNDRÜCK WEG,B 9 Bellheim/ÜF HUNSRÜCK WEG,HÖRDT,B 9	76756 Bellheim	B 9	O: G	*U: B 9	5	10,5	Ü	5	nicht verfügbar			2	wegen kurzer Erhebungszeit keine Auswertungen	
RLP	022	6815546	UF WW UNTERMÜHLE,B 9, Rülzheim/UF WW UNTERMÜHLE,RÜLZHEIM,B 9	76761 Rülzheim	B 9	*O: B 9	U: Wi-Weg.	10	5	U	5	nicht verfügbar			2	wegen kurzer Erhebungszeit keine Auswertungen	
RLP	024	6815541	ÜF HWW,B 9/ÜF HWW ZIEGELEI,KUHARDT,B 9	76773 Kuhardt	B 9	O: Wi-Weg.	*U: B 9	5	8,5	Ü	5	nicht verfügbar			1	wegen kurzer Erhebungszeit keine Auswertungen	
RLP	027	6815538	FELDWEGÜFG.	Erlenbach	A 65	O: Wi-Weg.	*U: A 65	5	7,5	Ü	5	0,75	0,75	6,5	15	06.08.2021	20.08.2021
RLP	028	6815537	FELDWEGÜBERFÜHRUNG	Erlenbach	A 65	O: Wi-Weg.	*U: A 65	4	7,5	Ü	5	0,75	0,75	6,5	15	06.08.2021	20.08.2021
RLP	033	6716796	ÜF WW,B 9 Schweigenheim/ÜF WW SCHWEGENHEIM,B 9	67365 Schweigenheim	B 9	O: Wi-Weg.	*U: B 9	5	10	Ü	5	0,5	0,5	6	22	20.08.2021	10.09.2021
RLP	034	6716789	ÜF WW SPORTPLATZ,B 9 Lingenfeld/ÜF WW SPORTPLATZ LINGENFELD,B 9	67360 Lingenfeld	B 9	O: Wi-Weg.	*U: B 9	4,5	10	Ü	5	0,5	0,5	6	22	20.08.2021	10.09.2021

BL	ID	bwnr	Bauwerksname	Ort	Zugeordneter Sachverhalt	Höchster Sachverhalt oben	Höchster Sachverhalt unten	so_min_breite [m]	su_min_breite [m]	Über-/Unterführung	Breite ohne Bord [m]	Bord links [m]	Bord rechts [m]	Breite gesamt [m]	Anzahl Mess-tage	Start Messreihe	Ende Messreihe
RLP	037	6715556	ÜF WW B 272, Schweigenheim/ÜF WW.SCHWEGENHM,B 272	67365 Schweigenheim	B 272	O: Wi-Weg.	*U: B 272	5	8,5	Ü	5	0,5	0,5	6	22	20.08.2021	10.09.2021
RLP	644	6917562	B293; Ufg Feldweg zum Hühnerberg Wössingen	Wössingen	B 293	*O: B 293	U: Wi-Weg.	8,5	5	U	7	0	0	7	18	15.10.2021	17.11.2021
RLP	645	nicht verfügbar	B293; ÜF Wössingen Ost	Wössingen	B293	O: Wi-Weg.	U: NN	nicht verfügbar		Ü	5,9	1,45	1,45	8,8	18	15.10.2021	17.11.2021
RLP	661	6817636	B35; Ufg Wirtschaftsweg bei Karlsdorf	Bruchsal/Karlsdorf	B 35	*O: B 35	U: Wi-Weg.	11,25	5,4	U	5,5	0	0	5,5	18	15.10.2021	17.11.2021
RLP	663	6814616	UFG.WW.QUEICHEIM/UFG.WW.QUEICHEIM; FR Karlsruhe	Landau i.d.Pfalz	A 65	*O: A 65	U: Wi-Weg.	9,5	4,5	U	6	1	1	8	5	10.09.2021	14.09.2021
RLP	737	6616648	UF ZOLLHÄUSERWEG,B 9/UFG.ZOLLHÄUSERWEG,B 9 SPEYER	67346 Speyer	B 9	*O: B 9	U: G	8,5	5	U	4	3	3,8	10,8	22	20.08.2021	10.09.2021
RLP	743	6616570	UF HWW (A 61)/Tbw. 1 (UF WW - FR KO)	Speyer, OT Spitzenreihof	A 61	*O: A 61	U: Wi-Weg.	11	4	U	6	0	0	6	19	20.08.2021	07.09.2021
RLP	745	6616569	UF WW (A 61)/Tbw. 1 (UF WW - FR. KO)	Speyer	A 61	*O: A 61	U: Wi-Weg.	11	4	U	5	0,5	0,5	6	22	20.08.2021	10.09.2021

BL	ID	bwnr	Bauwerksname	Ort	Zugeordneter Sachverhalt	Höchster Sachverhalt oben	Höchster Sachverhalt unten	so_min_breite [m]	su_min_breite [m]	Über-/Unterführung	Breite ohne Bord [m]	Bord links [m]	Bord rechts [m]	Breite gesamt [m]	Anzahl Mess-tage	Start Messreihe	Ende Messreihe
RLP	707	6814551	ARMCO BEI INSHEIM/ARMCO BEI INSHEIM; FR Karlsruhe	Insheim	A 65	*O: A 65	U: Wi-Weg.	8	4,5	U	5	0,8	0,8	6,6	9	10.09.2021	23.09.2021
RLP	698	6714548	UF HWW,B 10 Birkweiler/UF HWW,BIRKWEILER,B 10	76831 Birkweiler	B 10	*O: B 10	U: Wi-Weg.	12	6,5	U	3,7	2	1,3	7	8	10.09.2021	17.09.2021
NI	908	3424504	BW-Nr. 3205/A2 AD Hann.- West - A7 AD Hann.- Nord	Bissendorf	A 352	O: G	*U: A 352	5	12	Ü	5	nicht verfügbar			8	16.08.2021	10.09.2021
NI	907	3424500	BW-Nr.3206/A2 AD Hann.- West - A7 AD Hann.- Nord	Bissendorf	A 352	O: G	*U: A 352	5	11,5	Ü	5	nicht verfügbar			7	16.08.2021	10.09.2021
NI	933	3524546	BW 3207,ÜF e. Gemweg i.Z.d. BAB A352 in km 6,315/	Altenhorst	A 352	O: G	*U: A 352	5	11	Ü	5	nicht verfügbar			8	16.08.2021	10.09.2021
NI	947	3525537	SL 04, B 3 unter Altengenser Weg in km 21,263/	Burgd./Schiller	B 3	O: Wi-Weg.	*U: B 3	5	8	Ü	5	nicht verfügbar			11	22.10.2021	06.11.2021
NI	949	3525540	BU 1 Na, B 188 in km... Unterf. Wirtschaftsweg/BU 1 Na, Unterf. Wi-Weg, B 188n, Bau-Km 10+613,647	Burgdorf	B 188	*O: B 188	U: Wi-Weg.	18	5,5	U	5,5	nicht verfügbar			13	22.10.2021	06.11.2021

BL	ID	bwnr	Bauwerksname	Ort	Zugeordneter Sachverhalt	Höchster Sachverhalt oben	Höchster Sachverhalt unten	so_min_breite [m]	su_min_breite [m]	Über-/Unterführung	Breite ohne Bord [m]	Bord links [m]	Bord rechts [m]	Breite gesamt [m]	Anzahl Mess-tage	Start Messreihe	Ende Messreihe
NI	957	3623531	WEE 10a, B 217 in km 5,772 über Wirtschaftsweg/WEE 10a	Ronnenberg	B 217	*O: B 217	U: Wi-Weg.	7,5	4,5	U	4,5	nicht verfügbar			9	26.10.2021	05.11.2021
NI	965	3625500	BW 03130 Brücke ü.d. A 7 km 162,445, i.Z.e. Wiweg/	Laatzen	A 7	O: Wi-Weg.	*U: A 7	5	15,25	Ü	5	nicht verfügbar			8	22.10.2021	06.11.2021
NI	989	3723541	Wirtschaftsweg über B 217 in km 13,306/	Weetzen	B 217	O: Wi-Weg.	*U: B 217	5	12	Ü	5	nicht verfügbar			10	26.10.2021	06.11.2021
NI	990	3724528	PAT 8, Unterführung der B 3 in km 14,915/	Pattensen	B 3	O: G	*U: B 3	5	11	Ü	5	nicht verfügbar			6	26.10.2021	06.11.2021
NI	995	3725534	BW 03128 Brücke ü.d. BAB A7, km 163,34 i.Z.Gem.weg/	Müllingen	A 7	O: G	*U: A 7	5	15,25	Ü	5	nicht verfügbar			5	02.11.2021	06.11.2021

Anhang 5 Bilder der untersuchten Bauwerke



ID 003



ID 005



ID 004



ID 006



ID 007



ID 009



ID 008



ID 010



ID 011



ID 013



ID 012



ID 014



ID 016



ID 018



ID 017



ID 027



ID 028



ID 033



ID 034



ID 037



ID 644



ID 661



ID 645



ID 698



ID 707



ID 737



ID 743



ID 745



ID 907



ID 908



ID 933



ID 947



ID 949



ID 957



ID 965



ID 989



ID 990



ID 995



Anhang 6 Bilderfolge Begegnung zwischen bremsenden Pkw und zu Fuß Gehenden mit Kinderwagen

Die Bildfolge zeigt relevante Einzelbilder im Zusammenhang mit der Bremsung eines Pkw vor zu Fuß Gehenden beim Warten auf ein entgegenkommendes landwirtschaftliches Fahrzeug. Hierbei ist anzumerken, dass die Verzögerung des Pkw weit von einer Gefahrenbremsung entfernt ist.



Bild 1: zwei zu Fuß Gehende mit Kinderwagen am rechten Fahrbahnrand (aus Kameraperspektive); Annäherung Kfz

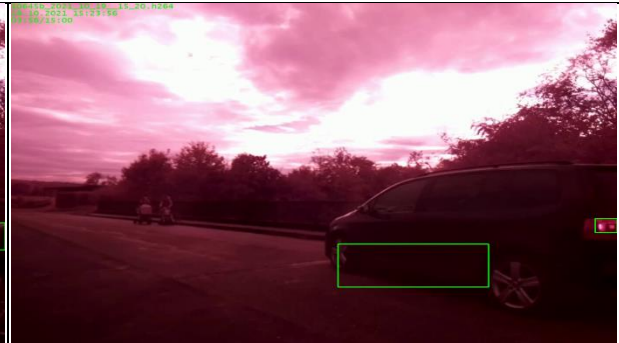


Bild 2: Annäherung Kfz und Erkennen der Bremsung anhand der Bremslichter



Bild 3: Bremsvorgang Kfz



Bild 4: Bremslichter Kfz erlöschen kurz vor Stillstand

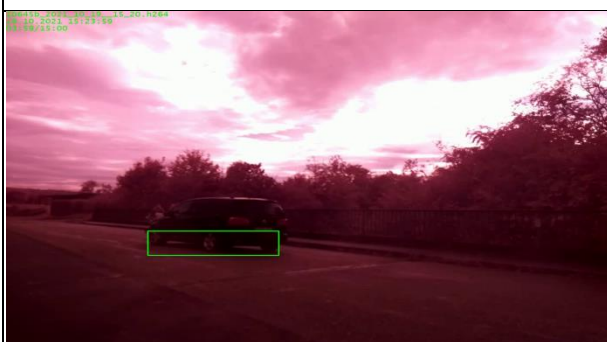


Bild 5: Kfz leitet Überholvorgang ein

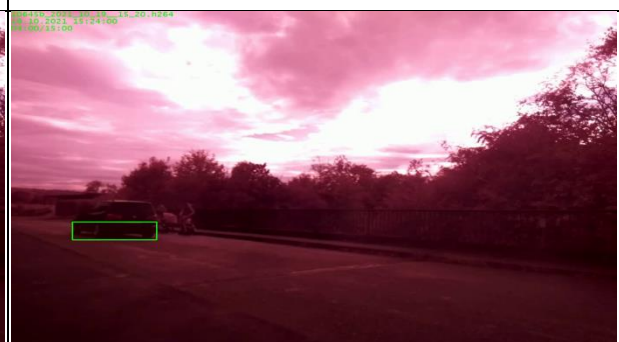


Bild 6: Ausweichvorgang Kfz wird fortgesetzt

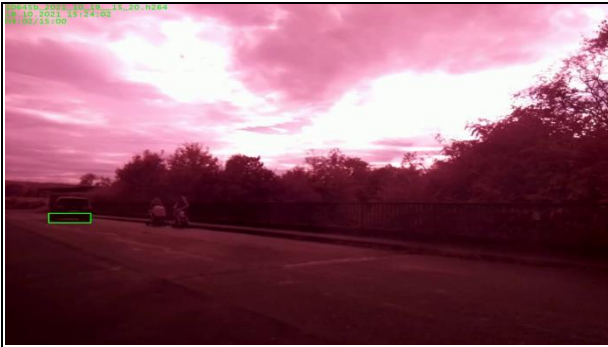


Bild 7: Ausweichvorgang Kfz abgeschlossen



Bild 8: hinter den zu Fuß Gehenden ankommendes landwirtschaftliches Fahrzeug; Position zu Fuß Gehenden unverändert (wahrscheinlicher Grund für Bremsvorgang des Kfz)

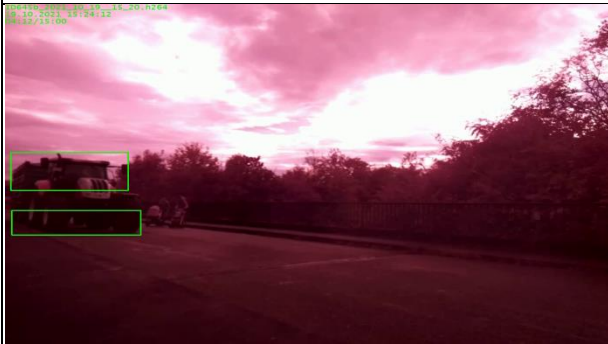


Bild 9: Vorbeifahrt landwirtschaftliches Fahrzeug



Bild 10: Überholvorgang landwirtschaftliches Fahrzeug

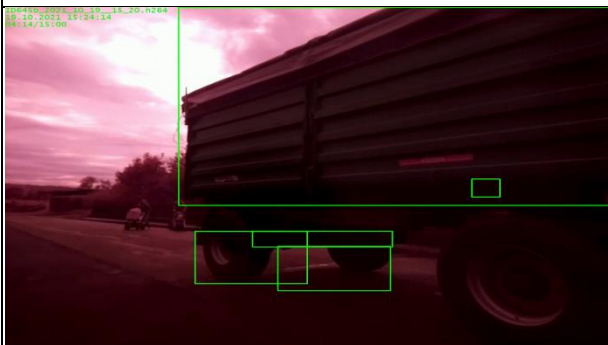


Bild 11: Vorbeifahrt landwirtschaftliches Fahrzeug abgeschlossen

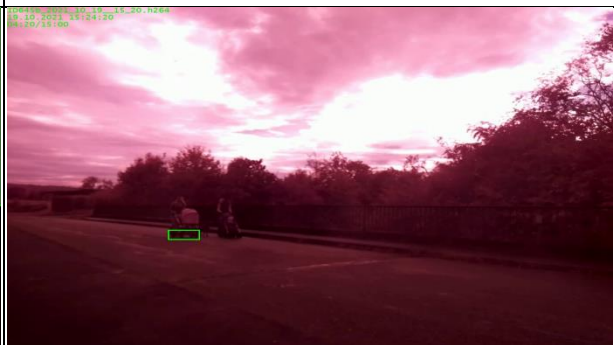


Bild 12: zu Fuß Gehende setzen Weg fort

Anhang 7 Bilderfolge Begegnung zwischen erschreckten zu Fuß Gehenden und Kfz

Die Bildfolge zeigt eine „überraschende“ Annäherung eines Baufahrzeugs an zu Fuß Gehende, die offensichtlich erst relativ spät das sich nähernde Fahrzeug wahrnehmen. Inwiefern der gerade noch erkennbare Anhaltvorgang des Klein-Lkw im Zusammenhang mit einem Disput über das Fahrverhalten steht, kann nur spekuliert werden.

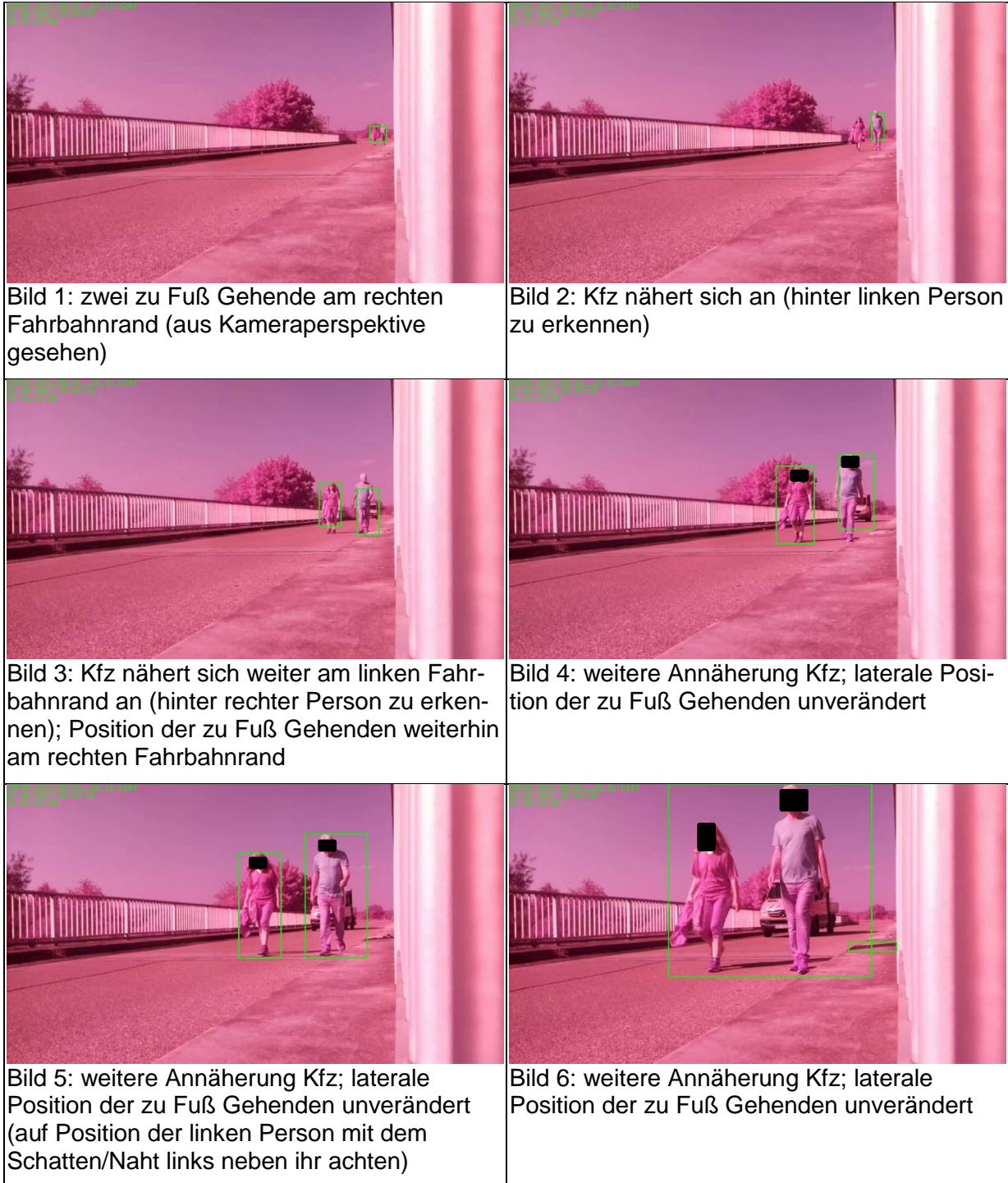




Bild 7: Reaktion der zu Fuß Gehenden durch Erschrecken erkennbar (Grund unbekannt: möglicherweise Hupen oder Erkennen der Motorengeräusche)

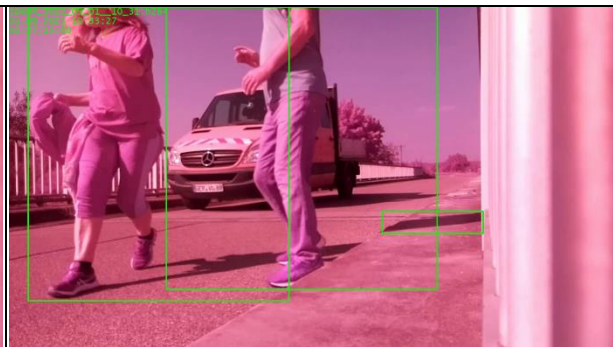


Bild 8: reaktives Ausweichen der linken Person an den rechten Fahrbahnrand



Bild 9: zu Fuß Gehende warten auf Vorbeifahrt; Kfz befindet sich am linken Fahrbahnrand links bzw. auf Schatten/Naht. Entsprechend kein potenzieller physischer Kontakt zwischen den zu Fuß Gehenden und Kfz vorhanden (vgl. mit Bild 5 und 6)

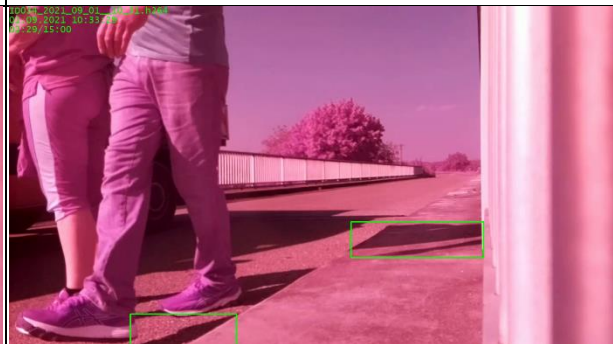


Bild 10: Kfz fährt an den zu Fuß Gehenden vorbei