

Ersatzneubau Kommunale Straßenbrücken

Endbericht

Projektleitung: Dr.-Ing. Wulf-Holger Arndt

Mitarbeiter: Dr. Busso Grabow
Dr. Marion Eberlein

Beratung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann

Unter Mitarbeit von Tobias Jetzke
Marius Plesnik
Christoph Rechenberg
Inia Steinbach
Susanne Wiechmann

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann

Unterauftragnehmer: Norman Döge
René Kämpfer
Arman Fathejalali

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Wulf-Holger Arndt
Deutsches Institut für Urbanistik
Bereich Mobilität und Infrastruktur
Zimmerstr. 13–15, 10969 Berlin
Tel.: 030/39001-252 Fax: 030/39001-241
E-Mail: arndt@difu.de
Internet: www.difu.de

Berlin, 20.09.2013

Inhalt

1.	Einleitung.....	7
1.1	Untersuchungsgegenstand	7
1.2	Zielsetzung und Methode	8
2.	Ergebnisse der qualitativen Bestandsaufnahmen	11
2.1	Bestand an kommunalen Brücken	11
2.2	Erhaltungszustände.....	11
2.3	Einteilung von Brücken und Typisierung von Brückenschäden	14
3.	Ermittlung der Grundgesamtheit der kommunalen Brücken.....	17
3.1	Methode	17
3.2	Datenquellen	17
3.3	Datenaufbereitung.....	19
3.4	Datenauswertung	27
4.	Kommunalbefragung	35
4.1	Umfragemethodik.....	35
4.2	Durchführung der Umfrage.....	38
4.3	Fragebogen	39
4.4	Umfrageergebnisse.....	39
5.	Abschätzung des Investitionsbedarfs	67
5.1	Ansätze zur Hochrechnung.....	67
5.2	Abschätzung der Baukosten von Brückenbauwerken	70
5.3	Hochrechnung der Investitionskosten des Ersatzneubaubedarfs.....	71
	Literaturverzeichnis	83
	ANHANG	87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozentuale Anteile der Zustandsnoten von Brücken der Bundesfernstraßen 2001-2010	13
Abbildung 2: Attributtabelle der OSM-Stammdaten am Beispiel von Brandenburg	18
Abbildung 3: Ablauf der Aufbereitung und Auswertung der OSM-Daten	20
Abbildung 4: Gebäudestrukturen innerhalb der Gemeindegrenzen von Kaiserslautern	22
Abbildung 5: Resultierende Ortsgrenzen im Gemeindegebiet von Kaiserslautern.....	23
Abbildung 6: Testverfahren zur Kontrolle der Abbildungsgenauigkeit der OSM-Daten.....	24
Abbildung 7: Übersicht über die geprüften Brücken auf Basis des Rasters am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern mit Bundesstraßen (grün), Landes- und Kreisstraßen (rot) und Gemeindestraßen (blau).....	25
Abbildung 8: Satellitenbilderabgleich am Beispiel zweier Brücken in Mecklenburg-Vorpommern	26
Abbildung 9: Anzahl Brücken in kommunaler Baulast nach Bundesländern	29
Abbildung 10: Anzahl Brücken in kommunaler Baulast nach Regionen (nur Flächenländer).....	30
Abbildung 11: Anzahl der Brücken pro Bundesland nach Straßenkategorie in den Flächenländern Deutschlands.....	30
Abbildung 12: Anzahl der Brücken pro Gemeindegrößenklasse	31
Abbildung 13: Summarische Fläche der Straßenbrücken pro Gemeindegrößenklasse	31
Abbildung 14: Mittlere Brückenzahl pro 10.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen.....	32
Abbildung 15: Mittlere Brückenfläche pro 10.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen.....	32
Abbildung 16: Brückenzahl nach Brückenflächenklassen	33
Abbildung 17: Anzahl der Brücken nach Gemeindegrößenklassen pro 1.000 Einwohner	41
Abbildung 18: Brückenflächen in m ² pro 1.000 Einwohner je Gemeindegrößenklasse	42
Abbildung 19: Anzahl Brücken nach Regionen pro 1.000 Einwohner.....	42
Abbildung 20: Brückenfläche pro 1.000 Einwohner nach Regionen	43
Abbildung 21: Brücken nach hauptsächlich verwendetem Baumaterial (Kommunale Straßenbrücken 2013 und Bundesbrücken 2011)	44
Abbildung 22: Brücken nach hauptsächlich verwendetem Baumaterial im Ost-West-Vergleich.....	45
Abbildung 23: Baujahre nach Regionen	45
Abbildung 24: Brücken nach Baujahr.....	46
Abbildung 25: Brückenverteilung nach Zustandsnoten.....	47
Abbildung 26: Zustandsnoten und Regionen	47
Abbildung 27: Zustandsnoten nach Gemeindegrößenklassen.....	48
Abbildung 28: Anzahl Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf je 10.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen.....	49
Abbildung 29: Anzahl Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf je 10.000 Einwohner nach Regionen.....	50
Abbildung 30: Bedeutung einzelner Aspekte bei der Entscheidung, ob eine Brücke abgerissen und neugebaut werden soll.....	51

Abbildung 31: Mittlere Fläche Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro 1.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen.....	53
Abbildung 32: Flächen von Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro 1.000 Einwohner nach Regionen.....	54
Abbildung 33: Brücken mit Ersatzneubaubedarf nach Material.....	55
Abbildung 34: Anteile der Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Straßenbrücken nach Material ..	55
Abbildung 35: Anteile der Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Straßenbrücken nach Baujahr ..	56
Abbildung 36: Zustandsnoten von Brücken mit Ersatzneubaubedarf.....	57
Abbildung 37: Anteile der Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Straßenbrücken nach Zustandsnote	57
Abbildung 38: Verkehrliche Situation der Brücken mit Ersatzneubau, vertiefte Angaben.....	59
Abbildung 39: Schäden, die maßgeblich für den Abriss der beschriebenen Straßenbrücke sind.....	60
Abbildung 40: Geplante Investitionen in der mittelfristigen Finanzplanung in Ersatzneubau nach Gemeindegrößenklasse pro 1.000 Einwohner	62
Abbildung 41: Geplante Investitionen in der mittelfristigen Finanzplanung in Ersatzneubaubedarf pro 1.000 Einwohner	62
Abbildung 42: Jährliche Investitionen in Ersatzneubau pro 1.000 Einwohner nach Regionen.....	64
Abbildung 43: Schema Hochrechnung.....	70
Abbildung 44: Regionaler Investitionsbedarf bei 15 Prozent Ersatzneubaubedarf bis 2030 einer auf die Brückenzahl bezogenen Hochrechnung.....	79
Abbildung 45: Regionaler Investitionsbedarf bei 10 Prozent Ersatzneubaubedarf bis 2030 einer auf die Brückenfläche bezogenen Hochrechnung.....	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mindesteinwohnerzahlen für die Baulastträgerschaft von Landes- und Kreisstraßen	19
Tabelle 2: Abgeleitete Mindest- und mögliche Maximalquerschnitte für Brücken der aufgeführten Straßenkategorien.....	21
Tabelle 3: Satellitenbildabgleich der OSM-Daten für die Brücken	27
Tabelle 4: Daten zum Straßennetz in kommunaler Baulast.....	28
Tabelle 5: Daten zu Straßenbrücken in kommunaler Baulast.....	28
Tabelle 6: Merkmale der Grundgesamtheit (GG) und der Stichprobe (SP)	37
Tabelle 7: Flächenanteile Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro Gemeindegrößenklassen	52
Tabelle 8: Für den Abriss maßgebliche Schäden nach Material (Mehrfachnennungen)	60
Tabelle 9: Ergebnisse der Kommunalumfrage: Anteile nach Materialtypen	71
Tabelle 10: Verteilung der Grundgesamtheit nach Materialtypen auf Grundlage der Verteilung in der Stichprobe.....	72
Tabelle 11: Ermittlung der Gesamtkosten	72
Tabelle 12: Kostensätze nach Naumann (2002).....	73
Tabelle 13: Kostenformel nach Naumann (2002) und Ergebnisse aus Umfrage und Grundgesamtheit.....	74
Tabelle 14: Kostensätze nach Martini (2010).....	74

Tabelle 15: Gegenüberstellung Kostensätze in Euro pro m ²	75
Tabelle 16: Ergebnisse der Grundgesamtheit: Gesamtzahl und Fläche von Brücken in kommunaler Baulast.	75
Tabelle 17: Gesamtfläche nach Größenklassen	76
Tabelle 18: Anzahl und Flächen der Brücken gesamt und mit Ersatzneubau aus der Kommunalumfrage	76
Tabelle 19: Flächenbezogene Hochrechnungsergebnisse auf Grundlage der Umfrage.....	77
Tabelle 20: Ergebnisse in der Übersicht.....	78
Tabelle 21: Regionaler Investitionsbedarf bei 15 Prozent Ersatzneubaubedarf einer auf die Brückenzahl bezogenen Hochrechnung	78
Tabelle 22: Regionaler Investitionsbedarf bei 10 Prozent Ersatzneubaubedarf einer auf die Brückenfläche bezogenen Hochrechnung	79

1. Einleitung

1.1 Untersuchungsgegenstand

Das Straßennetz in Deutschland verfügt über eine hohe Dichte. Es dient der sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands. Das Straßennetz ist eine zentrale Voraussetzung zur Sicherung der Erreichbarkeit von Orten für Menschen und Unternehmen. Grundlage für den Ausbau ist der Verfassungsgrundsatz der Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse (Art. 72 GG). Die ubiquitäre Erschließung mit Straßeninfrastrukturen steht bei den föderalen Aufgabenträgern dabei im Vordergrund. Besondere Bedeutung haben Brücken und andere Ingenieurbauwerke zur verkehrliche Bewältigung von Topografie, von Querungen der Wasserläufe oder auch anderen Verkehrsinfrastrukturen.

Die Kenntnisse über den Erhaltungszustand der Straßenbrücken (Definition s. Kasten) in der Baulast des Bundes sind vergleichsweise gut. Zu kommunalen Straßenbrücken (in Straßenbaulast der Gemeinden und Kreise; Definition s. Kasten) liegen keine deutschlandweiten Daten vor. Selbst die Brückenzahl kann bisher nur geschätzt werden.

Straßenbrücken	Straßenbaulast
Straßenbrücken sind Ingenieurbauwerke, die im Straßenverlauf Hindernisse niveaufrei überspannen. Hindernisse können sein: andere Straßen und Wege, Bahnlinien, Flüsse, Täler, Versorgungseinrichtungen u.a. Infrastrukturnetz- oder topografische Elemente. Im Sinne dieser Studie werden nur Brücken betrachtet, die sich in der Baulast der Kommunen (Gemeinden und Kreise) befinden und die für den regulären Straßenverkehr zugelassen sind. Es werden also keine Durchlässe, Brücken im Zuge von Wirtschafts-, Rad- und Fußwegen oder Eisenbahnbrücken betrachtet.	Als Straßenbaulast bezeichnet man sämtliche mit dem Bau, der Unterhaltung und dem Betrieb von Straßen und Wegen zusammenhängenden Aufgaben und Pflichten. Verantwortlich für die Erfüllung dieser Aufgaben und Pflichten ist der so genannte Straßenbaulastträger. Die Straßenbaulast bezieht sich nicht nur auf die Straße bzw. den Weg als solches, sondern erstreckt sich auch auf die zugehörige Straßenausstattung, Bauwerke (wie etwa Brücken, Tunnel, Lärmschutzwände) sowie straßenbegleitende Grün- und Gehölzflächen.

Es kann vermutet werden, dass der Zustand der kommunalen Straßenbrücken im Vergleich zu den Brücken in der Baulast des Bundes und Länder schlechter ist. Der hohe Investitionsrückstand im Bereich der kommunalen Straßen und Verkehrsinfrastruktur ist bekannt (vgl. Reidenbach u.a. 2008, KfW 2013) und wird unter anderem verursacht durch die chronischen Haushaltsdefizite in vielen Gemeinden und Kreisen. Aus diesen Gründen liegt in dieser Studie der Schwerpunkt auf der Analyse von Straßenbrücken in kommunaler Baulast.

Viele Ingenieurbauten der Verkehrsinfrastruktur wurden nach kriegsbedingten Zerstörungen und Ausbau der Straßennetze in den Städten in den Nachkriegsjahren bis in die 1960er, 1970er und 1980er Jahre ausgeführt. Zu einem kleineren Teil stammen die Verkehrsbauten aus der Vorkriegszeit sowie aus der Periode gründerzeitlicher Stadterweiterungen (spätes 19./frühes 20. Jahrhundert). Das trifft insbesondere auch auf Brücken zu. Brücken mit einem Alter von mehr als 30 Jahren erreichen nun einen Erhaltungszustand, bei dem die Instandsetzungskosten überproportional steigen und zum Teil Abgänge zu verzeichnen sind. Bei jüngeren Brücken ist mitunter „bauartbedingt“ (z.B. frühe Spannbetonbrücken) der Alterungsprozess so weit fortgeschritten, dass Instandhaltungen kaum mehr möglich sind. Er werden so bisweilen umfassende Grunderneuerungen oder Neu-

bauten erforderlich. Außerdem unterliegen die Brücken zunehmend beschleunigten Abnutzungserscheinungen die beim Bau nicht absehbar waren, z.B. durch Zunahme des Verkehrsaufkommens, insbesondere beim LKW-Verkehr, durch Last-/ Gewichtszunahmen und Geschwindigkeitssteigerungen oder früherem massiven Streusalzeinsatz. Die Zunahme – vor allem des Güterverkehrs – auf der Straße, auf die der weitaus größte Teil des Verkehrsleistungswachstums entfiel, führt zu sehr viel größeren Belastungen durch Schwerlastverkehr¹, als bei der Herstellung dieser Bauten in den 60er und 70er Jahren oder gar in den 50er Jahren angenommen wurde. Dabei belastet ein 40-Tonnen-Lkw eine Straße oder Brücke so stark wie 60.000 Pkw.² „Saurer Regen“ und „saurer Nebel“ greifen auch Betonkonstruktionen an und verstärken so die Instandhaltungsprobleme der Brücken zusätzlich. Somit werden die Instandhaltungskosten für Straßen und Brücken besonders durch die starke Zunahme des Güterstraßenverkehrs, die kontinuierlich gestiegene Achslast der Lkw, aber auch durch normale Alterungsvorgänge, durch belastende Betriebsformen (z.B. Streusalz), durch reduzierte Unterhaltung am Straßenoberbau sowie durch Einsatz besonders alterungskritischer Bauformen und der mangelnden Kenntnisse über deren Unterhaltung und Erhaltung in den letzten 20 bis 40 Jahren hervorgerufen.

Trotz dieses enormen Instandhaltungs- und Erneuerungsbedarfs werden in den öffentlichen Haushalten für die Straßenunterhaltung zu wenig Mittel bereitgestellt, wie sich auch aus dem Bericht der Daehre-Kommission ergibt (Daehre 2012). Laut BDI besteht beim Bund ein jährlicher Mittelbedarf für Brückeninstandhaltung von 750 Million Euro. Die Bundesregierung hat jedoch 2010 nur 480 Millionen Euro bereitgestellt.³ Für kommunale Brücken ist – wie oben erwähnt – sogar noch ein höherer Nachholbedarf bei Instandhaltung und Neubau zu vermuten.

1.2 Zielsetzung und Methode

Bisher liegen keine zusammenfassenden Abschätzungen des Ersatzneubaubedarfes für Brücken in *kommunaler* Straßenbaulastträgerschaft vor. Daher wurden in einem Methodenmix qualitative Desktop-Recherchen, qualitative Expertengespräche, empirische Recherchen und Analysen bisher unerschlossener Datenquellen zusammengeführt.

Ersatzneubau	Ersatzneubaubedarf
Als Ersatzneubau einer Brücke wird der vollständige Neubau einer vorhandenen Brücke bezeichnet. Dabei kann der Neubau der Brücke auch bzgl. Material, Lage, Kapazität usw. in bestimmten Maße vom Altbau abweichen. Bei wesentlichen Änderungen handelt es sich um Erweiterungsbauten oder Ausbau.	Der Bedarf für den Neubau einer vorhandenen Brücke (Ersatzneubaubedarf) ergibt sich, wenn die bisherige Brücke die Tragfähigkeit aus bautechnischen Gründen nicht mehr gewährleistet (Alterung, nutzungsbedingter Verschleiß, Setzungen, äußere Einflüsse) oder aus anderen Gründen die Verkehrsfunktion nicht mehr befriedigen kann. Dabei ergibt sich auch ein Neubaubedarf, wenn die bestehende Brücke noch in gutem Zustand ist, aber nicht mehr für die steigenden Verkehrslasten ausgelegt ist. Aus der steigenden Verkehrsnachfrage kann auch ein Erweiterungs- bzw. Ausbaubedarf entstehen.

1 Die Beanspruchung des Oberbaus einer Straße durch ein Fahrzeug steigt mit der vierten Potenz der Achslast der Fahrzeuge (Quelle: AASHO Road Test).

2 <http://www.vcd.org/gueterverkehr.html>; 0,5 t Pkw-Achslast, 11 t maximale Lkw-Achslast

3 Alle Angaben aus: Der Spiegel, 30.04.2012.

Zunächst wurde eine Vielzahl relevanter Studien, Forschungsberichte, Veröffentlichungen von kommunalen Spitzenverbänden, von Landes- und Bundesinstitutionen (z.B. BAST) und amtlicher Statistiken recherchiert und ausgewertet. Daraus wurde ein erster Überblick über Brückenzahl, -typen und Verteilung der Zustandsklassen extrahiert. Die Ergebnisse der Analyse der empirischen Studien, welche für die Konzeption der Kommunalbefragung herangezogen wurden, werden ausführlicher in Kap. 4.1 vorgestellt (Umfragemethodik). Außerdem werden Brückenmerkmale und Möglichkeiten ihrer Kategorisierung beschrieben.

Ergänzende Interviews mit Brücken-Experten und kommunalen Vertretern ermöglichten eine Einordnung und Verifizierung der Recherche-Ergebnisse. Dabei wurden sechs Experten und zehn Vertreter kommunaler Verwaltungen befragt. Im Vordergrund standen die folgenden Aspekte: Brückenzahl, Brückenprüfungen, Datenerfassung, Zustandsaussagen und typische Brückenschäden. Der vollständige Fragenkatalog befindet sich im Anhang.

Um, als Grundlage für eine Hochrechnung, die Grundgesamtheit der kommunalen Straßenbrücken belastbar zu ermitteln, wurden erstmalig und in einem neuartigen Verfahren Daten aus geografischen Informationssystemen (GIS-Daten - OpenStreetMap) ausgewertet.

Für eine valide zahlenmäßige Abschätzung des Ersatzneubaubedarfes bei kommunalen Brücken waren umfangreiche Daten erforderlich, die nur zum Teil aus vorliegenden Statistiken und Untersuchungen entnommen werden konnten. Die Auswertung der sekundären Quellen, wie Veröffentlichungen von kommunalen Spitzen- und Landesverbänden, mussten durch eine Erhebung bei den Kommunen ergänzt und differenziert werden. Diese Erhebung erfolgte in Form einer repräsentativen Stichprobe, da eine Vollerhebung finanziell nicht zu leisten war. Dabei wurde eine geschichtete Auswahl vorgenommen, um die verschiedenen Brückentypen und Bauformen ausreichend erfassen und eine belastbare Grundlage für die Hochrechnung schaffen zu können (s. Kap. 5).

Auf Grundlage der Befragungsergebnisse, bekannter Merkmale der Grundgesamtheit und der Auswertung der Sekundärliteratur wurde eine Hochrechnung auf den Gesamtbestand kommunaler Brücken und dessen Ersatzneubaubedarf vorgenommen.

Die Untersuchung gliedert sich in folgende Bausteine:



2. Ergebnisse der qualitativen Bestandsaufnahmen

Im Folgenden wird nicht auf alle gesichteten Studien Bezug genommen. Vielmehr werden nur die für das Gutachten aussagefähigsten Quellen in dem Bericht genannt. Einen Überblick über die insgesamt recherchierte Literatur und weitere gesichtete Datenquellen gibt das Literaturverzeichnis am Ende dieses Berichtes.

2.1 Bestand an kommunalen Brücken

Die Datenbasis über Gesamtheit, Struktur und Zustand kommunaler Brücken ist bisher unzureichend; insbesondere gilt das für die Bestimmung des Ersatzneubaubedarfs. Für die Gesamtzahl der kommunalen Straßenbrücken finden sich in keiner Literaturquelle belastbare Zahlen. Es existiert im Gegensatz zu Bundesfernstraßen keine zentrale Erfassung der Brücken in kommunaler Baulast, zu deren konstruktiven Merkmalen oder deren baulichen Zuständen. Seit den achtziger Jahren liegen nur Schätzungen vor. Für die Hochrechnung der Stichprobe der befragten Kommunen ist die Bestimmung der Grundgesamtheit jedoch Voraussetzung. Dies betrifft insbesondere auch die Brückenflächen, die ein wichtiges Merkmal für die Abschätzung der Investitionskosten sind.

Aus den Sekundärdaten lassen sich nur grobe Abschätzungen der Gesamtheit kommunaler Brücken ableiten. In der Literatur wird die Gesamtzahl der in Deutschland existierenden Straßenbrücken mit ca. 80.000 (Mehlhorn 2007) bis 120.000 (z.B. Naumann 2011, S. 4) angegeben. Bei 120.000 Brücken wären das eine Brücke pro 5,4 km Straße oder pro 690 Einwohner. In einer ersten Näherung ist davon auszugehen, dass ca. 60.000 bis 90.000 Straßenbrücken in Deutschland in der baulichen Verantwortung der Kommunen liegen. Deren Anlagewert wird auf 80 Mrd. Euro geschätzt.⁴

Auch zur Zahl und Länge der Straßen in kommunaler Baulast liegen bisher nur Schätzungen vor, die davon ausgehen, dass ca. 80 Prozent der Straßen in Deutschland in kommunaler Baulast liegen (Reidenbach u.a. 2008, S. 291). Der Daehre-Bericht (Daehre 2012, S. 33) spricht von 60 bis 65 Prozent Gemeindestraßenanteil am Gesamtstraßennetz in Deutschland.⁵

2.2 Erhaltungszustände

Um den Zustand der Brückenbauwerke zu überwachen und die verkehrliche und bauliche Tragfähigkeit zu gewährleisten, werden Brückenprüfungen in regelmäßigen zeitlichen Abständen durchgeführt. Grundlage der Brückenprüfungen sind bundeseinheitliche Empfehlungen, die durch die Straßenbauverwaltungen der Länder und des Bundes für in ihre Baulast stehende Straßen eingeführt wurden. Die DIN 1076 schreibt neben jährlichen Sichtprüfungen alle sechs Jahre eine Hauptprüfung vor, bei der auch nicht zugängliche Teile der Brücken ggf. mit zerstörungsfreien Sicht- und Prüfgeräten eingesehen werden müssen. Drei Jahre nach der Hauptprüfung muss eine einfache Prüfung stattfinden, in der alle zugänglichen Brückenteile geprüft werden. Näheres zur Erfassung, Bewertung

4 Alle Zahlenangaben ohne Quellenangaben im Text aus Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen 2004: Straßenbrücken, <http://www.deutsche-bruecken.de>

5 Der Unterschied der Anteilsangaben zwischen Daehre (2012) und Reidenbach u.a. (2008) entsteht, weil in den Angaben von Daehre die Straßenbrücken der Kreise fehlen, die ca. 15 Prozent an allen Straßenbrücken ausmachen.

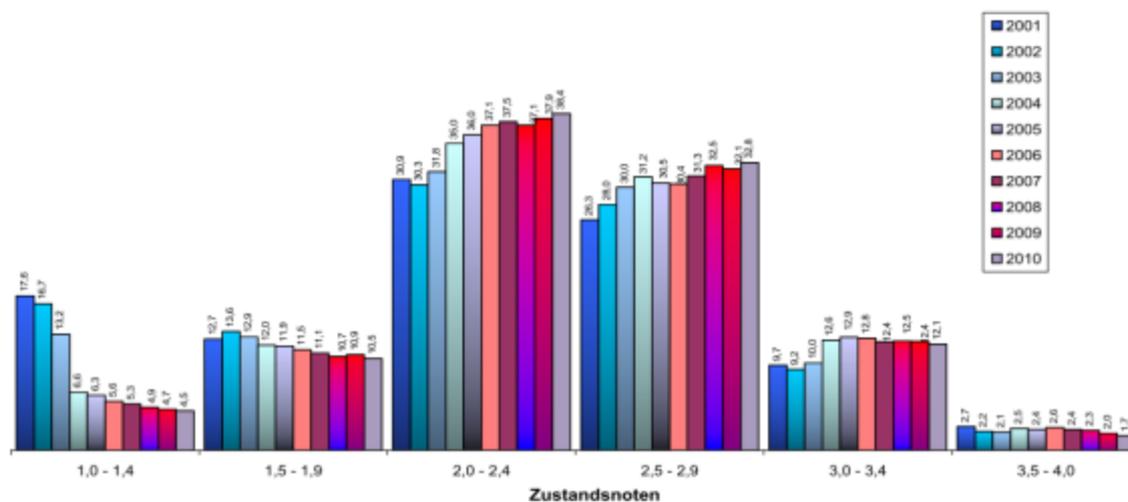
und Dokumentation der Schäden erläutert die Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF, BMVBW 2004). In dieser Richtlinie sind außerdem die bei der Brückenprüfung zu vergebenden Zustandsnoten (1,0 bis 4,0) definiert.

Der Zustand wird nach Schadensauswirkung auf die „Standsicherheit“, „Verkehrssicherheit“ und „Dauerhaftigkeit“ der Konstruktion beurteilt und sechs Zustandsklassen zugeordnet. Für unsere Erhebung kommen besonders die „Standsicherheit“ und „Dauerhaftigkeit“ sowie die Noten 2,5 – 2,9 („ausreichender Zustand“), 3,0 – 3,4 („nicht ausreichender Zustand“) und vor allem 3,5 – 4,0 („ungenügender Zustand“) in Betracht. Schon bei Zustandsnoten zwischen „2,5 – 2,9 (ausreichender Zustand)“ können die Standsicherheit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks beeinträchtigt sein (s. RI-EBW-PRÜF, S. 9). Eine Schadensausbreitung oder Folgeschädigung des Bauwerks lassen mittelfristig erhebliche Standsicherheitsbeeinträchtigungen erwarten und machen so mittelfristig einen Ersatzneubau nötig. In den beiden schlechtesten Zustandsklassen ist die Dauerhaftigkeit des Bauwerks nicht mehr gegeben. Hier sind entweder eine umgehende Instandsetzung oder ein Ersatzneubau erforderlich.

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Zustandsklassen nach Jahren (2001 bis 2010) von Brücken in Baulast des Bundes⁶. Zur schlechtesten Klasse (3,5 – 4,0) gehörten im Jahre 2010 1,7 Prozent der Brücken in Baulast des Bundes, zur zweitschlechtesten Klasse (3,0 – 3,4) zählen 12,1 Prozent und zur drittschlechtesten 32,8 Prozent. Es ist von 2001 bis 2010 eine deutliche Verschiebung hin zu den schlechteren Zustandsklassen festzustellen. Die neuesten Zahlen aus dem Verkehrsinvestitionsbericht 2011 (Bundestag Drucksache 17/12230, S. 208) sind sehr ähnlich: Zur schlechtesten Klasse (3,5 – 4,0) gehörten im Jahre 2011 1,6 Prozent der Brücken in Baulast des Bundes, zur zweitschlechtesten Klasse (3,0 – 3,4) 12,0 Prozent und zur drittschlechtesten 33,2 Prozent. Die Klasse der besten Zustandsnoten (1,0–1,4) hat mit nur noch 4,2 Prozent (2011) statt 4,5 Prozent im Jahre 2010 im Umfang abgenommen. Aufgrund der vergleichsweise prekären Haushaltsausstattung der Kommunen ist zu erwarten, dass der bauliche Zustand der kommunalen Brücken noch schlechter ist. Die Ergebnisse der Kommunalbefragung in dieser Studie bestätigen diese Aussage (s. Kap. 4.4.2.1).

6 Bei Naumann 2011 wurden nur "Brückenbauwerke im Netz der Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes" untersucht (Neumann 2011, S. 4), d.h. Brücken an Bundesstraßen in kommunaler Baulast (Ortsdurchfahrten) waren offenbar nicht einbezogen.

Abbildung 1: Prozentuale Anteile der Zustandsnoten von Brücken der Bundesfernstraßen 2001–2010



Quelle: Naumann 2011, S. 9.

Für die Dokumentation und Auswertung der Brückenzustandsdaten in Baulast des Bundes wurde von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) das Programm SIB-Bauwerke (www.sib-bauwerke.de) erstellt. Diese Software wird nach Auskunft der BASt von 229 Städten angewendet. Mit diesem Programm können die Brückenbestands- und -zustandsdaten verwaltet und analysiert werden. Die Daten sind aber nicht zentral zugänglich. Außerdem zeigt die Vorrecherche, dass einige Gemeinden (z.B. München) eigene Datenbanksysteme entwickelt haben und nutzen. Die Kompatibilität der Daten untereinander ist unklar, da diese nicht getestet werden konnten. Insbesondere kleinere Gemeinden scheinen jedoch nur eine schriftliche, papiergebundene Dokumentation der Brückenprüfungen abzulegen. Insofern eignen sich einzelne Datenbanken wie die SIB-Bauwerke-Datenbank nicht als ausreichende Basis für eine empirische Erhebung und Beschreibung der kommunalen Brücken insgesamt. Vielmehr müssen die Daten bei den Kommunen erhoben werden (s. Kap. 3.1).

Die kommunalen Experten schätzen in den geführten Interviews den Zustand der kommunalen Straßenbrücken als prekär ein. Es würde vielfach seit Jahren von der Substanz gezehrt. Viele Brücken würden Schäden aufweisen, die nur notdürftig repariert werden (konnten). Die Mittel für die Unterhaltung und Instandsetzung reichten oft nicht aus. Die Unterhaltungsmaßnahmen würden häufig aufgeschoben. Eine Life-Cycle-Analyse (LCA) wäre notwendig, um eine kostenoptimierte Erhaltung zu konzipieren. Dominierend seien Betonschäden (vor allem Risse bei sonstigen Betonbrücken⁷) und Schäden der Bewehrungskorrosion bei Spannbetonbrücken. Die Kappen und die Übergangskonstruktionen (Dehnungsfugen, Lamellen,...) seien ebenfalls stark betroffen.

Die Datenlage ist in großen Städten, laut Aussagen der Kommunalvertreter, gut. Dort würden die Daten oft elektronisch vorgehalten z.B. mit der SIB-Bauwerke-Datenbank. Die Zustandsnotenklassen im Mittelfeld 2,0 – 2,4 und 2,0 – 2,9 seien besonders stark besetzt. Nach Meinungen der Experten werden mittelfristig bei weiter aufgeschobenen Erhaltungsmaßnahmen viele Brücken in Zustandsnotenklassen ab 3,0 eingeordnet werden

7 Unter „sonstiger Beton“ werden Stahlbetonbrücken genannt) und (die seltenen) Betonbrücken ohne Stahlbewehrung zusammengefasst.

müssen. Die letzte Zustandsnotenklasse 3,5 – 4,0 umfasst Fälle mit grundhaften Instandsetzungs- und mit Ersatzneubaubedarf. Nach den Expertenmeinungen sind hier ca. 5 bis 10 Prozent der kommunalen Brücken zu finden. Beim Bund waren es zum Vergleich 2010 1,7 Prozent aller Straßenbrücken (Naumann 2011, S.9).

Die Brückenprüfungen – insbesondere die Hauptprüfungen – würden, laut den Gesprächspartnern, nicht immer zeitgerecht durchgeführt. In kleineren Gemeinden würden die Brückenprüfungen auch nicht immer DIN-gerecht durchgeführt. Sichtprüfungen, die des Öfteren ausschließlich durchgeführt werden, reichen nach Ansicht der Experten für die Schadensbestimmung nicht aus. Messtechnische Überprüfungen wären erforderlich, um auch nicht sichtbare Schäden zu analysieren, werden aber aus Kostengründen oft nicht durchgeführt.

Kostenangaben in Prüfberichten sind nach der Einschätzung der Gesprächspartner entweder selten vorhanden oder wenig belastbar. Die Kostenschätzungen der Brückenprüfer bezögen oft den Gesamtkontext des Bauwerkes innerhalb des Straßennetzes nicht ein, der jedoch die Baukosten stark beeinflussen kann (z.B. wenn im Zuge des Brückenersatzneubaus umfangreiche Leitungsbauten notwendig werden). Für die Abschätzung der Kosten für einen Ersatzneubau seien so spezielle, über die Prüfberichte hinausgehende Gutachten nötig. Die Schätzung der Investitionskosten für Ersatzneubau in dieser Studie sollte deshalb nicht auf Grundlage der Brückenprüfbögen erfolgen, sondern auf Aussage zu durchschnittlichen Kostensätzen für den Ersatzneubau von Brücken der Brückenverantwortlichen in der Verwaltung.

2.3 Einteilung von Brücken und Typisierung von Brückenschäden

Eine Klassifizierung der Brücken soll anhand typischer Merkmale vorgenommen werden, um so Grundlagen für die Hochrechnung der Ergebnisse der Befragung zu erhalten.

Eine Beschreibung der ausgewerteten Studien ist im Zwischenbericht zu finden. Hier werden nur die für die abschließende Vorgehensweise in der Studie relevanten Ergebnisse aufgeführt.

Bei der Unterteilung von Brücken nach Material wird im Allgemeinen zwischen Holzbrücken, Seilbrücken, Stein- und Betonbrücken, Stahlbetonbrücken, Spannbetonbrücken, Metallbrücken und Kunststoffbrücken unterschieden (s. z.B. BMVBS 2008). Die weiteren Typisierungskriterien der Brückenbauwerke von Zilch (2007) scheinen logisch:

- Länge
- Baujahr
- Region (Bundesland)

Die Merkmale Bauweise (Ortbeton/Fertigteile) und Konstruktionsform (Kasten, Plattenbalken) sind laut Expertenmeinung nicht wesentlich für den Bauzustand.

Eine Analyse nach Schadensursachen würde, basierend auf den ausgewerteten Studien zur folgenden Klassifizierung von Schadenstypen führen:

- Konstruktionsbedingte Schäden
- Risse im Baumaterial
- Korrosionsschäden und freiliegende Bewehrung

- Durchfeuchtungen
- Sonstige

Für die Hochrechnung wurde jedoch aus pragmatischen Gründen auf die Einteilung nach Schadenstypen verzichtet. Angaben zu Schäden weisen nicht eindeutig genug auf die Notwendigkeit von Ersatzneubau hin. Korrosionsschäden können beispielsweise unwichtige Bauteile betreffen oder sicherheitsrelevante Brückenelemente. Sie können örtlich begrenzt oder umfassend sein. Neben den Schadenstypen müssten so mindestens auch Schadensort und Schadensumfang erfasst werden. Das würde eine umfangreiche Datenerhebung nach sich ziehen, da nach unseren Recherchen diese Daten meist nicht in ausreichendem Umfang bei allen Kommunen vorliegen.

3. Ermittlung der Grundgesamtheit der kommunalen Brücken

Die zentrale Fragestellung des Gutachtens lautet: Wie groß ist die Anzahl der kommunalen Straßenbrücken, die vom Ersatzneubau bis 2030 betroffen sind, und wie hoch ist das daraus resultierende Investitionsvolumen? Eine wesentliche Voraussetzung zur Beantwortung dieser Frage ist die Ermittlung der Grundgesamtheit von Brücken in kommunaler Baulast, um daraus eine repräsentative Stichprobe ziehen und Hochrechnungen vornehmen zu können.

3.1 Methode

Die Grundgesamtheit kommunaler und aller Brücken in Deutschland ist, wie in Kap. 2.1 bereits dargestellt, noch nicht belastbar und valide bestimmt worden.

In einer Vorrecherche wurden keine brauchbaren Datenbestände für kommunale Brücken gefunden (s. Kap. 2.1). In der gängigen Literatur werden lediglich Werte für die kommunalen Straßennetze angegeben. Für den vorliegenden Bericht musste also ein Weg gefunden werden, die Grundgesamtheit zu bestimmen.

Dafür wurde ein neuartiges Verfahren entwickelt. Mit der Auswertung von geographischen Informationssystem-(GIS-)Datenbeständen ließ sich die Zahl kommunaler Straßenbrücken belastbar ermitteln. Konkret wurde die GIS-gestützte Straßen-Datenbank (OpenStreetMap - OSM) verwendet.

In dieser Datenbank sind Brücken als Netzelement mit dem Attribute „bridge“ exakt zu identifizieren. Ebenfalls sind die Netzlängen von Straßen und der Straßentyp nach Gemeindezugehörigkeit erfasst, so dass der Baulastträger eindeutig zugeordnet werden kann.⁸ Die Brücken konnten den Kommunen genau zugeordnet werden, so dass sie mit kommunalen Merkmalen (z.B. Einwohnerzahl oder geografische Lage) kombinierbar sind.

Auf der Grundlage der erfassten Brückenlängen waren, in Verbindung mit Normwerten, überschlägliche Längen- und Flächenberechnungen der identifizierten kommunalen Brücken möglich.⁹ Die Brücken der GIS-Datenbank wurden dann mit Daten der Kommunalumfrage (Baujahr, Zustandsnoten etc.) zusammengeführt.

3.2 Datenquellen

Mit den Daten des „Openstreetmap Projektes“ (<http://www.openstreetmap.de>) steht eine frei verfügbare Geodatenbank zur Verfügung, die mit regional abweichender Genauigkeit das gesamte Straßen- und Brückennetz Deutschlands und Europas abbildet. Interessierte und in Gruppen Organisierte treffen sich in unregelmäßigen Abständen, um innerhalb eines gewissen Zeitraumes ein bestimmtes Areal auf freiwilliger Basis zu kartieren und in die OSM-Datenbank einzupflegen.

8 Die Ungenauigkeiten der Baulastträger-Zuordnung durch spezielle Wartungsverträge z.B. im Rahmen von ÖPP-Projekten können aufgrund der geringen Zahl vernachlässigt werden.

9 Um die Validität der Datenbasis zu prüfen, wird für fünf ausgewählte Regionen ein Abgleich von 40 zufällig ausgewählten Brücken der OSM-Daten mit Satellitenbildern durchgeführt. Die vektorbasierten Shapefiles werden ausgewertet, um die Länge jeder Brücke mit einer hinreichenden Genauigkeit zu berechnen. Auf Basis des Brückentyps (Straßenbrücke etc.) wird dann, mit der Hilfe ermittelten Mindestbreiten, eine überschlägliche Kalkulation der Brückenfläche erfolgen.

Als große Qualität zeigt sich im Verwendungszusammenhang der hier vorliegenden Studie nicht nur die Möglichkeit der freien Nutzung der Daten, sondern auch die Berücksichtigung jeglicher liniengebundener Wegführungen (also auch unbefestigter Pfade etc.). In Abhängigkeit der dargestellten Regionen sind Karten, die auf OSM-Daten basieren, oftmals von höherer Genauigkeit als jene aus kommerziell zugänglichen Datenbanken. Es muss jedoch beachtet werden, dass die OSM-Daten durch jeden Nutzer formatiert werden und entsprechend verändert werden können. Der Vorteil der kostenlosen Bereitstellung zieht also einen deutlich größeren Bereinigungsaufwand nach sich. Um den Aufwand zu reduzieren, wurde eine aufbereitete Version der Geofabrik GmbH¹⁰ genutzt. Diese Daten werden täglich aktualisiert und liegen bereits im gängigen Format für Geoinformationssysteme (Shapefile) vor. Jeder Linie werden dabei, neben einer Identifikationsnummer, neun Attribute zugeordnet, welche unter anderem die Fahrtrichtungen, Höchstgeschwindigkeiten, Typ und über das Merkmal „bridge“ diese als Brücke ausweisen (Abbildung 2).

Abbildung 2: Attributtabelle der OSM Stammdaten am Beispiel von Brandenburg

FID	Shape	osm id	name	ref	type	oneway	bridge	tunnel	maxspeed
0	Polyline	3996955		A 115	motorway	1	0	0	120
1	Polyline	3996956		A 115	motorway	1	0	0	120
2	Polyline	3996957	Südlicher Berliner Ring	A 10	motorway	1	0	0	0

Neben den reinen Straßendaten stellt das OSM-Projekt auch, soweit vorhanden, die Gebäudestrukturen für jede Gemeinde und Ortschaft zum Download zur Verfügung. Da zur Ermittlung der Baulastträgerschaft von Segmenten der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen auf Gemeindegebiet („Ortsdurchfahrten“) die Grenzen der Ortschaften notwendig sind, wurden die Bebauungsdaten im Shapefileformat ebenfalls für jedes Bundesland heruntergeladen. Die Grenzen der Ortschaften sind nach den Ergebnissen der Vorrecherche nicht frei verfügbar, weshalb sie über die Bebauungsstrukturen abgeleitet werden müssen.

Für die Aufbereitung der Straßen- und Brückendaten sowie für die Identifikation der Baulastträgerschaft, die von der Einwohnerzahl der Städte und Gemeinden abhängig und in den Bundesländern zum Teil unterschiedlich geregelt ist, waren die aktuellen Geodaten (Vektordaten) mit den Gemeindegrenzen und Informationen zu Gemeindenamen sowie dem allgemeinen Gemeindegrenzen des Dienstleistungszentrums des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie¹¹ zusammenzuführen. Zu folgenden Verwaltungseinheiten wurden Geodaten bezogen:

10 <http://download.geofabrik.de>

11 <http://www.geodatenzentrum.de/auftrag/pdf/geodatenzugangsgesetz.pdf>

- Bundesländer
- Regierungsbezirke
- Landkreise und kreisfreie Städte
- Verwaltungsgemeinschaften
- Gemeinden

Des Weiteren wurde eine Gemeindedatenbank mit aktuellen Bevölkerungszahlen, Gemeindeschlüsseln und Gemeindenamen vom 15.03.2013 genutzt.

Die Baulastträgerschaft wird auf der Bundesebene im § 5 Fernstraßengesetz (FStrG) geregelt. Ab 80.000 Einwohner liegt die Baulast der Ortsdurchfahrten von Bundesstraßen bei den Kommunen. In Stadtstaaten liegt die Baulastträgerschaft aller Straßen bis auf Bundesautobahnen bei den Städten. Die Länder regeln die Baulastträgerschaft der Landes- und Kreisstraßen in ihren Landesstraßengesetzen (s. Tabelle 1).

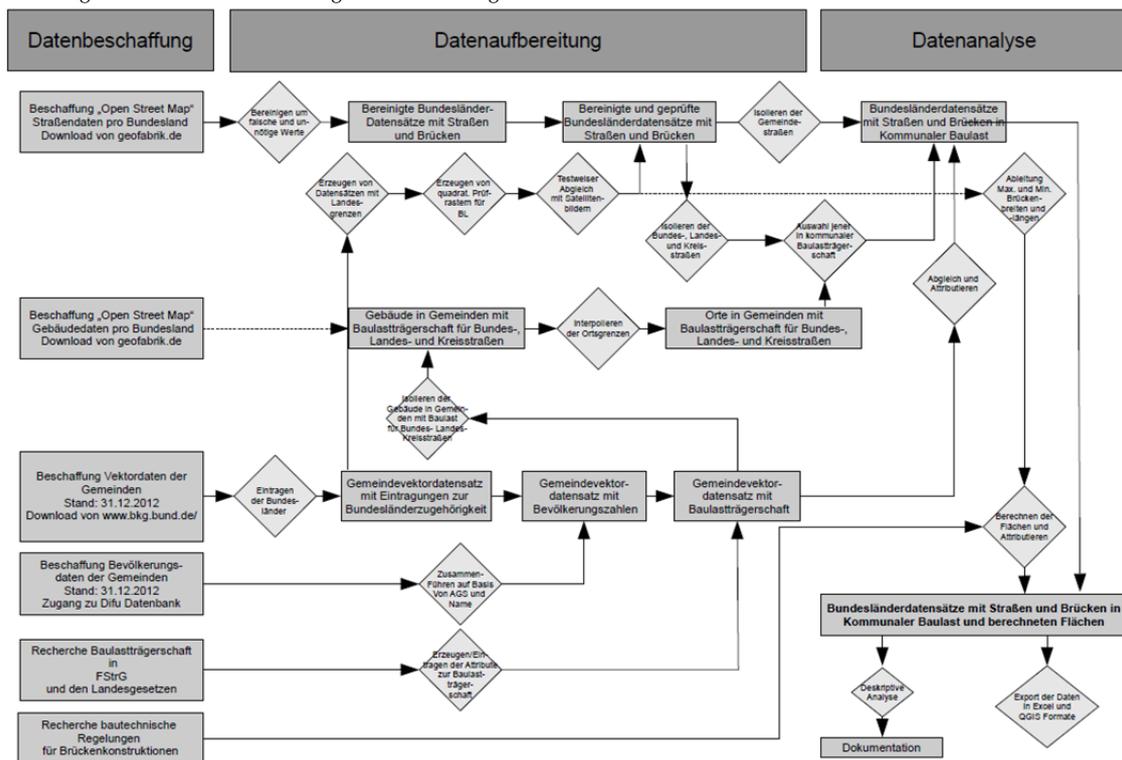
Tabelle 1: Mindesteinwohnerzahlen für die Baulastträgerschaft von Landes- und Kreisstraßen

Bundesland	Gesetz und Paragraph /Artikel	Einwohnerschwelle für Baulastträgerschaft der Ortsdurchfahrten
Baden-Württemberg	§ 43 StrG Baden-Württemberg	30.000
Bayern	Art. 42 BayStrWG	25.000
Brandenburg	§ 9a BbgStrG	50.000
Hessen	§ 41 HStrG	30.000
Mecklenburg-Vorpommern	§ 13 StrWG MV	50.000
Niedersachsen	§ 43 Abs. 2 NStrG	50.000
Nordrhein-Westfalen	§ 44 Abs. 1 StrWG NRW	80.000
Rheinland-Pfalz	§ 12 Abs. 3 LStrG	80.000
Saarland	§ 47 Abs. 1 Saarländisches Straßengesetz	80.000
Sachsen	§ 44 Abs. 2 SächsStrG	30.000
Sachsen-Anhalt	§ 42 Abs. 2 StrG LSA	50.000
Schleswig-Holstein	§ 12 Abs. 1 StrWG	20.000
Thüringen	§ 43 Abs. 2 ThürStrG	30.000

3.3 Datenaufbereitung

Für die Auswertung der Daten waren neben Format-Konvertierungen auch weitere Aufbereitungsschritte nötig, um die kommunalen Brücken und deren Parameter identifizieren zu können. In Abbildung 3 ist eine Gesamtübersicht der einzelnen Bearbeitungsschritte dargestellt. Im Weiteren werden einige wichtige Schritte beschrieben. Zur Bearbeitung der Geodaten kam die Software ESRI ArcGIS zum Einsatz.

Abbildung 3: Ablauf der Aufbereitung und Auswertung der OSM-Daten



3.3.1 Berechnung der Brückenflächen

Da die jeweiligen Straßenquerschnitte nicht aus der Straßenkategorisierung der OSM-Daten (Bundesstraße, Landes- und Kreisstraße, Gemeindestraße) abgeleitet werden können, sondern in Abhängigkeit von den zu erwartenden Verkehrsstärken geplant wurden, werden an dieser Stelle ein maximaler und ein minimaler Querschnitt für jede Brücke unterstellt. Diese maximalen und minimalen Querschnitte werden auf Basis der Regelquerschnitte der RAS-Q 1996 (Richtlinie für die Anlage von Straßen-Querschnitt) errechnet (FGSV 1996). Auch wenn heute neuere Regelwerke der FGSV (RAST) gelten, sind viele Straßen nach den Regelquerschnitte der RAS-Q angelegt worden. In der Regel wird auf Brücken oder in Tunneln der vorhandene Regelquerschnitt des anschließenden Verkehrsweges beibehalten (Natzschka 2001).

Da in der zu erstellenden Geodatenbank eine Unterscheidung der Brücken nur hinsichtlich der oben genannten Kategorien möglich ist, wird eine Regel erstellt, nach der die Minimal- und Maximalbreiten für jede Straßenkategorie zugeordnet werden (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Abgeleitete Mindest- und mögliche Maximalquerschnitte für Brücken der aufgeführten Straßenkategorien

Straßenkategorie in der OSM-Geodatenbank	Anzahl Fahrstreifen	Querschnitt
Gemeindestraße/-brücke	1	Min = 7,00m
	2	Min = 10,50m, Max = 15,50m
	4	Max = 22,50m
	6	Max = 31,00m
Landes-, Kreisstraße/-brücke	2	Min = 10,50m, Max = 15,50m
	4	Max = 22,50m
	6	Max = 31,00m
Bundesstraße/-brücke	2	Min = 10,50m, Max = 15,50m
	4	Max = 22,50m
	6	Max = 31,00m
	8	Max = 38,00m

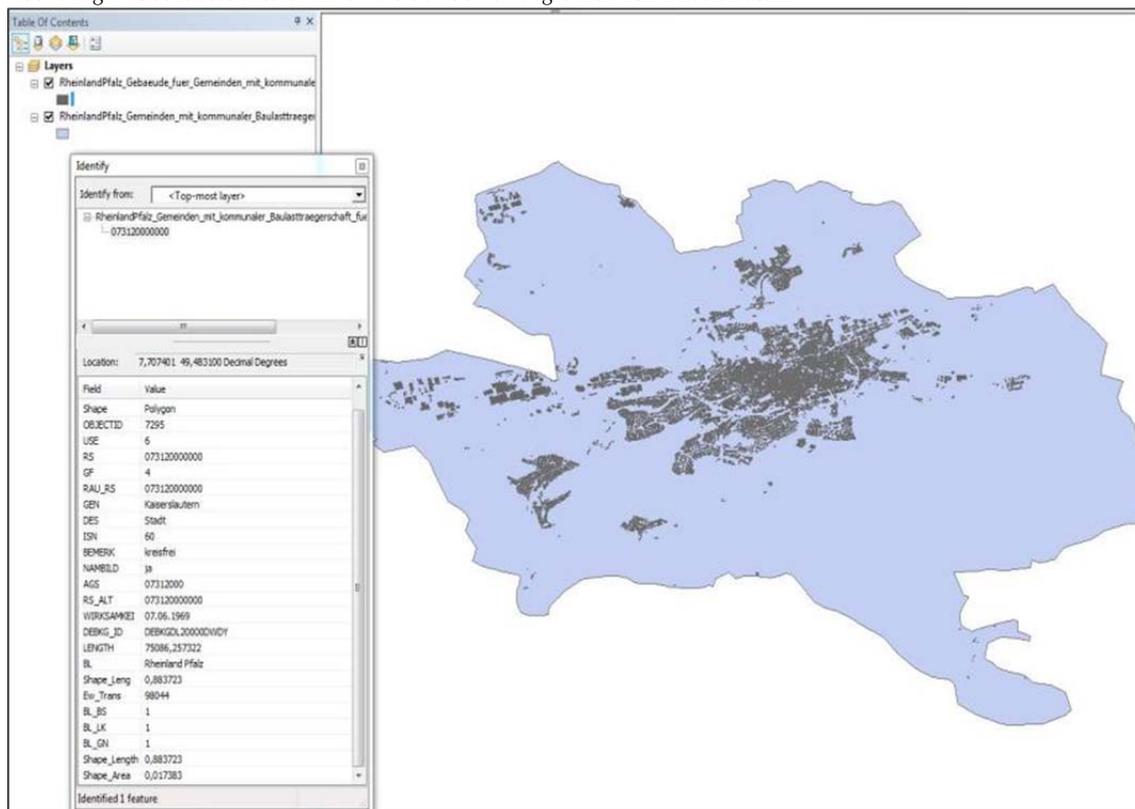
In der weiteren Analyse fand zur Prüfung dieser Annahmen ein Datenabgleich zwischen den OSM-Daten und Satellitenbildern von 50 Straßen und 25 Brücken pro Bundesland statt (s. Kap. 3.3.4). Dabei wurde auch die Zahl der Fahrspuren pro Straßenkategorie kontrolliert und mit den Annahmen in Tabelle 2 verglichen. Somit wurden pro Straßenkategorie und Bundesland die Häufigkeiten der unterschiedlichen Anzahl von Fahrstreifen ermittelt. Am Beispiel eines Flächenlandes und eines Stadtstaates wurden dann die Minimal- und Maximalbreiten für jede Kategorie bestimmt. Die in Tabelle 2 dargestellten Werte wurden so um die nicht in Frage kommenden Maximalbreitenwerte bereinigt, da die Attribute zur Straßenkategorie in der OSM nicht immer korrekt sind. Auf Basis der bereinigten Tabelle wird dann im Analyseteil die Flächenberechnung erfolgen.

3.3.2 Ermittlung der Ortsdurchfahrten

Wie in Kap. 3.2 (Tabelle 1) dargestellt, sind die Ortsdurchfahrten von Bundes-, Landes- und Kreisstraßen in Gemeinden ab bestimmten Mindesteinwohnerzahlen in kommunaler Baulastträgerschaft. Es existiert kein flächendeckender Geodatenatz für Deutschland, der die Ortsdurchfahrten-Grenzen für Gemeinden angibt. Aus diesem Grund wurde in einem aufwändigen Verfahren auf Basis der Datensätze, die die bebauten Flächen von Siedlungen angeben, eine näherungsweise Abgrenzung geschaffen.

In einem ersten Verfahrensschritt wurden die Datensätze der Gebäudestrukturen jedes Bundeslandes um jene Flächen bereinigt, die sich nicht innerhalb der Gemeindegrenzen mit Baulastträgerschaft für Bundes-, Landes- oder Kreisstraße befanden. In einem zweiten Arbeitsschritt wurde eine Interpolation der Ortsgrenzen auf Basis der Gebäudestrukturen vorgenommen. Hierzu wurde in ArcGIS das Werkzeug „Aggregate Polygons“ benutzt. Dieses ist in der Lage, aus einzelnen Polygonen des gleichen Shapefiles ein größeres, generalisiertes Polygon zu errechnen. Der Bildausschnitt in Abbildung 4 zeigt die Stadt Kaiserslautern vor der Errechnung der Ortsgrenzen. Es ist zu sehen, dass z.B. im südöstlichen Bereich keine Bebauungsstrukturen vorhanden sind, weshalb davon auszugehen ist, dass sich diese Bereiche nicht innerhalb der Ortslage befinden.

Abbildung 4: Gebäudestrukturen innerhalb der Gemeindegrenzen von Kaiserslautern

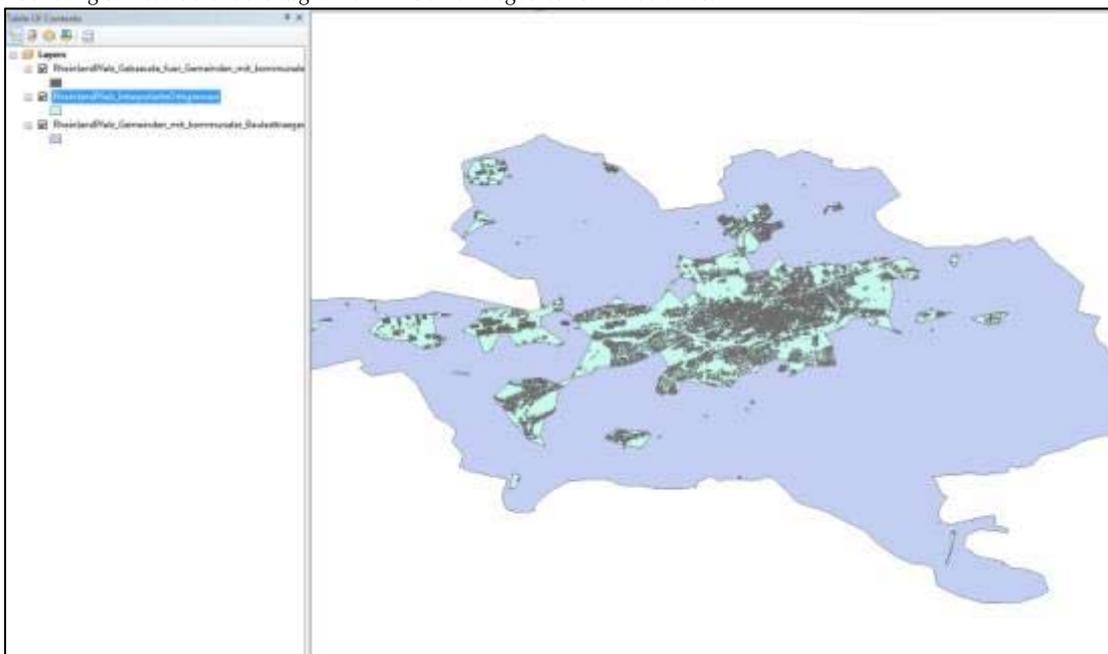


Zum Errechnen der Ortsgrenzen musste das Werkzeug „Aggregate Polygons“ mit einigen Parametern versorgt werden, wie z.B. dem Umkreis, in dem sich die nächste Gebäudestruktur befinden muss, um in das resultierende Polygon aufgenommen zu werden. Dieser Wert wurde nach einigen Tests für alle Bundesländer auf 600 m gesetzt, groß genug um ein geschlossenes Polygon zu bilden und klein genug, um nicht die nächste Ortschaft mit einzufangen. Der zweite Wert, die „Minimum Area“, gibt an, wie groß die Grundfläche einer Gebäudestruktur mindestens sein muss, um berücksichtigt zu werden. Auch hier pendelte sich der Wert nach einigen Tests bei 100 m² ein. Die letzte Angabe „Minimum Hole Size“ bezieht sich darauf, wie groß Löcher (Freiflächen) in dem entstehenden Polygon mindestens sein mussten, um ihre eigenständige Existenz zu bewahren und nicht im Gesamtpolygon aufzugehen. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass im Stadtraum häufiger Freiflächen wie Parks oder Stadtplätze vorhanden sind, die zwar keine oder kaum Bebauungsstrukturen aufweisen, aber trotzdem zur Ortschaft gehören. Die Festsetzung wurde deshalb auf einen großen Wert (1.500 m²) eingestellt. Mit einer aufwändigen regionalspezifischen Anpassung der Parameter könnten die Ergebnisse noch verbessert werden, da so besser auf die unterschiedlichen Siedlungscharakteristika eingegangen würde.¹²

In Abbildung 5 ist das resultierende Polygon zu sehen, das das Ortsgebiet darstellen soll.

¹² Dieses konnte im Rahmen der Ressourcen der Studie aber nicht geleistet werden.

Abbildung 5: Resultierende Ortsgrenzen im Gemeindegebiet von Kaiserslautern



3.3.3 Teilen der Straßenkanten an Gebietsgrenzen

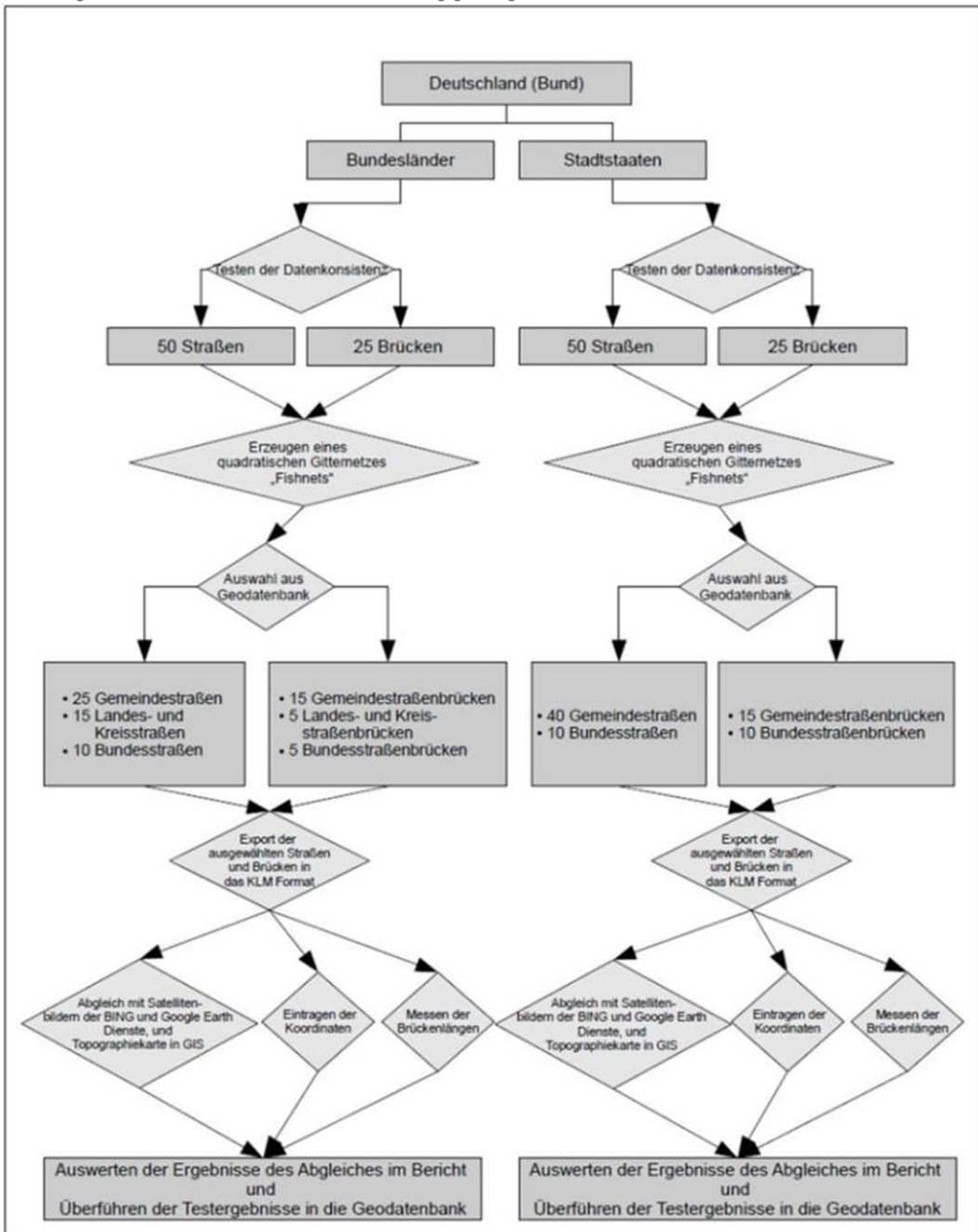
Die Straßenobjekte werden durch die Geofabrik GmbH für jedes Bundesland der Bundesrepublik separat bereitgestellt. Die entsprechenden Straßen (auch Kanten) enden jedoch nicht exakt mit der Grenze des Bundeslandes und überlagern sich in diesem Bereich mit denen des angrenzenden Bundeslandes. Um eine Mehrfachzählung in der Analyse zu vermeiden, wurden in einem ersten Schritt die über die Grenze eines Bundeslandes hinausgehenden Kanten entfernt.

Eine Polylinie in einem Geoinformationssystem ist durch die Verbindung eines Start- und eines Zielpunktes gekennzeichnet. Zwischen diesen Punkten wird die Kante als ein geometrisches Gebilde betrachtet. Innerhalb des Straßennetzes eines Bundeslandes endeten die Kanten zumeist nicht an den Grenzen einer Gemeinde. Das heißt, dass oftmals der Startpunkt einer Kante in einer und der Endpunkt in einer anderen Gemeinde lokalisiert waren. Auf diese Weise würde die Kante in einer Analyse beiden Gemeinden zugeordnet und somit mehrfach gezählt werden. Um dies zu vermeiden, wurden im zweiten Schritt die Straßenkanten an den Gemeindegrenzen getrennt. Durch dieses Verfahren konnten den Straßen der entsprechende Gemeindegrenzenname und der Gemeindegrenzennummer automatisch zugewiesen werden.

3.3.4 Analyse der Datengüte

Die Daten des OSM-Projektes lassen aufgrund ihrer freien Editierbarkeit eine Reihe von Ungenauigkeiten vermuten. Aus diesem Grund wurden, wie oben schon erwähnt, die Daten einer genauen Prüfung unterzogen. In jedem Bundesland wurden 50 Straßen sowie 25 Brücken zur Kontrolle herangezogen. Der Ablauf des Testverfahrens unterschied sich zwischen Flächen- und Stadtstaaten und kann in Abbildung 6 nachvollzogen werden.

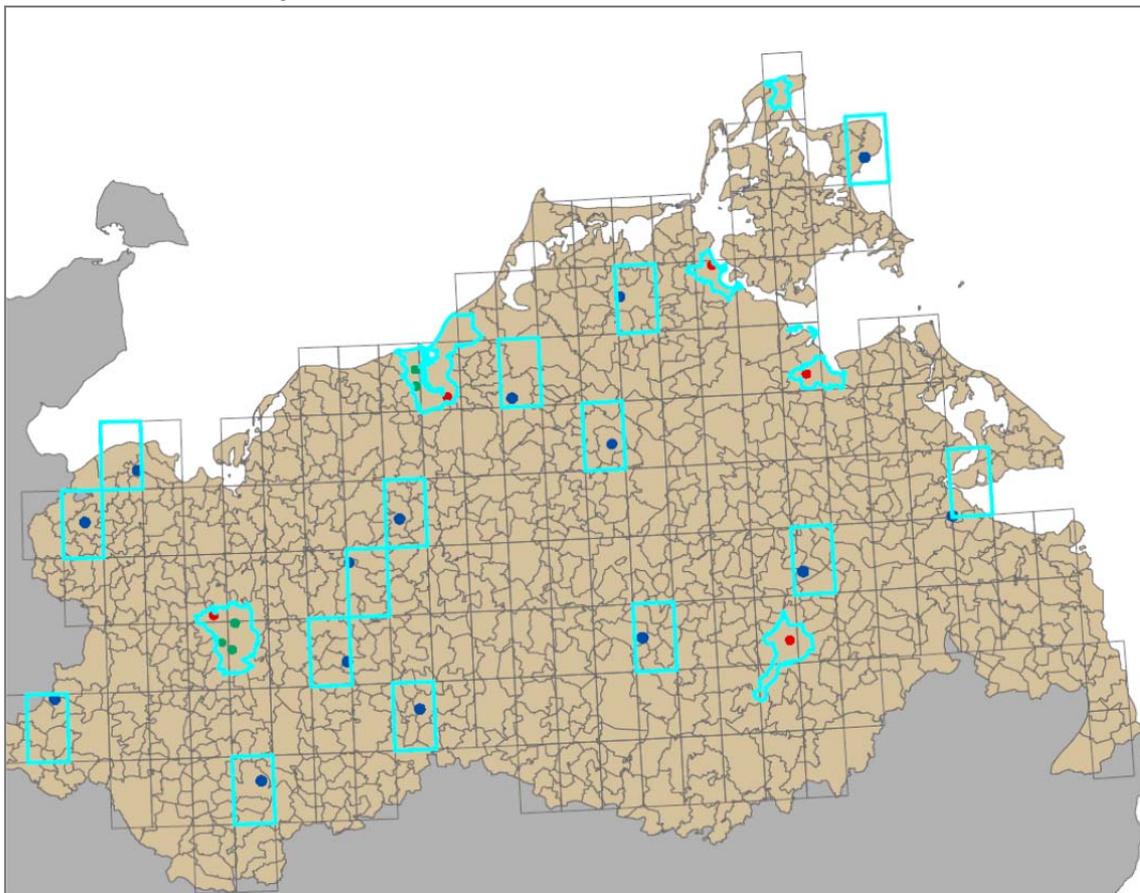
Abbildung 6: Testverfahren zur Kontrolle der Abbildungsgenauigkeit der OSM-Daten



Die 50 Straßen und 25 Brücken je Bundesland wurden zufällig ausgewählt und auf Existenz sowie Kategorisierung getestet. Die Auswahl der Testfälle beschränkte sich auf die durch die Bereinigung der OSM-Daten gewonnenen Datensätze für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie Gemeindestraßen. Die ausgewählten OSM-Daten wurden mit Satellitenbildern verglichen. Die Überprüfung umfasste folgende Schritte:

1. Als primäre Voraussetzung für den Test wurde, wie bereits beschrieben, das Straßennetz jedes Bundeslandes in Shapefiles mit den Kategorien Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen aufgeteilt und entsprechend bereinigt. Auf diese Weise wurde der Umfang der Daten auf ein Maß reduziert, welches eine Analyse im Rahmen eines Geoinformationssystems gewährleistet.
2. Im zweiten Schritt wurde ein quadratisches Gitternetz („Fishnet“) für jedes Bundesland erzeugt, um eine Auswahlregel für den Test auf Datenkonsistenz des Straßenshapefiles abzuleiten. Hierzu wurde das Tool „Fishnet erstellen“ aus dem Bereich „Data Management Tools“ der ArcToolbox verwendet. Für Flächenstaaten wurde das Gitternetz mit einem Faktor von 0,135 der Gesamtfläche erzeugt und ermöglichte somit eine gleichmäßige Unterteilung des Bundeslandes in Sektoren.
3. Im Anschluss wurden aus der Grundgesamtheit zufällige Stichproben von 50 Straßen (25 Gemeindestraßen, 15 Landes- bzw. Kreisstraßen und zehn Bundesstraßen) pro Bundesland gezogen. Zusätzlich wurden 15 Brücken auf Gemeindestraßen, fünf auf Landes- bzw. Kreisstraßen und fünf auf Bundesstraßen getestet. Die Auswahl der Brücken ist für das Land Mecklenburg-Vorpommern beispielhaft in Abbildung 7 zu sehen.

Abbildung 7: Übersicht über die geprüften Brücken auf Basis des Rasters am Beispiel von Mecklenburg-Vorpommern mit Bundesstraßen (grün), Landes- und Kreisstraßen (rot) und Gemeindestraßen (blau)



4. Im nächsten Schritt wurden die zuvor selektierten Straßen und Brücken in das KMZ-Format exportiert, um diese in Google Earth öffnen zu können. Dies erfolgte durch die Nutzung der „Conversion Tools“ in ArcGIS.
5. Mittels des durch die Darstellung in Google Earth ermöglichten Abgleichs mit Satellitenbildern wurden die Brücken und Straßen auf ihre Existenz, Kategorisierung und die räumliche Darstellungsgüte hin überprüft. Dazu wurden folgende Eigenschaften für jedes Element überprüft und in einer Tabelle vermerkt:
 - ▲ OSM-ID
 - ▲ Auszug aus dem Satellitenbild
 - ▲ Validität der zuvor angenommenen Straßenkategorie
 - ▲ Geographische Koordinaten
 - ▲ Kategorie
 - ▲ Anzahl Fahrspuren
 - ▲ Gemessene Länge (nur für Brücken).

Zuletzt wurden die Auswahl und die Eigenschaften der Testobjekte in die Geodatenbank übernommen. Abbildung 8 zeigt den Satellitenabgleich zweier Brücken in Mecklenburg-Vorpommern und die Erfassung in der Tabelle.

Abbildung 8: Satellitenbildabgleich am Beispiel zweier Brücken in Mecklenburg-Vorpommern

Brücken Testtabelle BundeslandMecklenburg-Vorpommern							
Row	No- Straßenshapefile (OSM id)	Bild Schnappschuss	Vorhanden, Nicht vorhanden, Falsch kategorisiert	Koordinaten	Gemessene Länge	Eigene Klassifikation laut Shapefile	Anzahl Fahrspuren
1	24804559		vorhanden	53°41'46.35"N 13°19'32.06"E	50m	Gemeindestraße	2
2	26683530		vorhanden	53°34'53.44"N 12°46'47.20"E	18m	Gemeindestraße	2

Im Ergebnis konnte die Datenqualität der OSM-Daten überzeugen. Wie in Tabelle 3 dargestellt, konnten lediglich in Baden-Württemberg 2 Brücken (8 Prozent der 25 untersuchten Brücken) nicht im Satellitenbild gefunden werden. Bei insgesamt 325 getesteten Fällen bei Flächenländern erwiesen sich also 99,4 Prozent als exakt verortet. Bei der Analyse der Brücken in den Stadtstaaten wurden insgesamt 75 Brücken getestet. In allen Fällen erwies sich die Datengrundlage als 100 Prozent valide.

Tabelle 3: Satellitenbildabgleich der OSM-Daten für die Brücken

Bundesland	Anteil der Brücken in der Analyse mit dem Ergebnis	
	nicht vorhanden	falsche Straßenkategorie
Baden-Württemberg	8 %	0
Bayern	0	24 %
Brandenburg	0	0
Hessen	0	8 %
Mecklenburg-Vorpommern	0	0
Niedersachsen	0	20 %
Nordrhein-Westfalen	0	0
Rheinland-Pfalz	0	0
Saarland	0	0
Sachsen	0	0
Sachsen-Anhalt	0	0
Schleswig-Holstein	0	6 %
Thüringen	0	0
Berlin	0	0
Bremen	0	0
Hamburg	0	0

Eine deutlich größere Abweichung zwischen den Flächenstaaten ergab sich bei der Zuordnung auf die richtige Straßenkategorie. Wie ebenfalls in Tabelle 3 dargestellt, lag die Spannweite von falsch kategorisierten Straßen zwischen den Bundesländern bei 0–24 Prozent und damit deutlich höher als in Tests für Straßen, wobei insgesamt die Zahl der Bundesländer ohne falsche Kategorisierung mit 11 klar überwog. Von allen 325 getesteten Brücken waren 14 einer falschen Kategorie zugeordnet, was einem Anteil von unter 5 Prozent entspricht. Insgesamt stellt das eine sehr gute Datenqualität dar.

3.4 Datenauswertung

3.4.1 Auswertungen zu Straßen

Für jedes Bundesland wurden drei Shapefiledatensätze mit den Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen erstellt. Aus den Bundes-, Landes- und Kreisstraßendatensätzen mussten dann noch jene Straßen und Brücken herausgefiltert werden, die sich innerhalb von Ortslagen und damit in kommunaler Baulastträgerschaft der in Gemeinden befinden.

Für die Längen der Netzsegmente wurden drei Angaben erstellt. Als „Laenge_GP“ wurden die projizierten Längen mit Hilfe des XTools-Werkzeuges auf Grundlage der GPS-Daten berechnet. Da GPS-Daten, mit denen auch die OSM-Daten verortet wurden, eine Genauigkeitsabweichung von durchschnittlich 15 m haben, wurde zusätzlich eine untere Länge ($Laenge_U = Laenge_{GP} - 15$) und eine obere Länge ($Laenge_O = Laenge_{GP} + 15$) berechnet.

Im Anschluss an diese Berechnung wurden alle Straßen und mit Hilfe des Attributes „bridge“ alle Brücken im Shapefile selektiert und in ein separates Shapefile exportiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 zu sehen.

Tabelle 4: Daten zum Straßennetz in kommunaler Baulast

	Bundesstraßen	Landesstraßen	Kreisstraßen	Gemeindestraßen	Gesamt
Länge in km	4.289	5.945	83.400	609.503	703.137
Fläche in m ²	66.187.959	92.146.645	1.292.693.201	6.484.747.352	7.935.775.157

Reidenbach u.a. 2008 (S. 291) beziffert die Länge des Gemeindestraßennetzes mit 527.000 km (ohne Ortsdurchfahrten der Bundes-, Landes-/Staatsstraßen, Kreisstraßen). Der hier ermittelte Wert für Gemeindestraßen von 609.503 km liegt etwa 16 Prozent höher. Ein Teil der Differenz kann auf den Netzausbau in den letzten Jahren zurückgeführt werden.

3.4.2 Auswertungen zu Brücken

Im Folgenden werden Auswertungen zur Verteilung der Brücken in der Grundgesamtheit dargestellt. Im Anhang 4 finden sich spezifizizierte Daten für einzelne Bundesländer in „Ländersteckbriefen“.

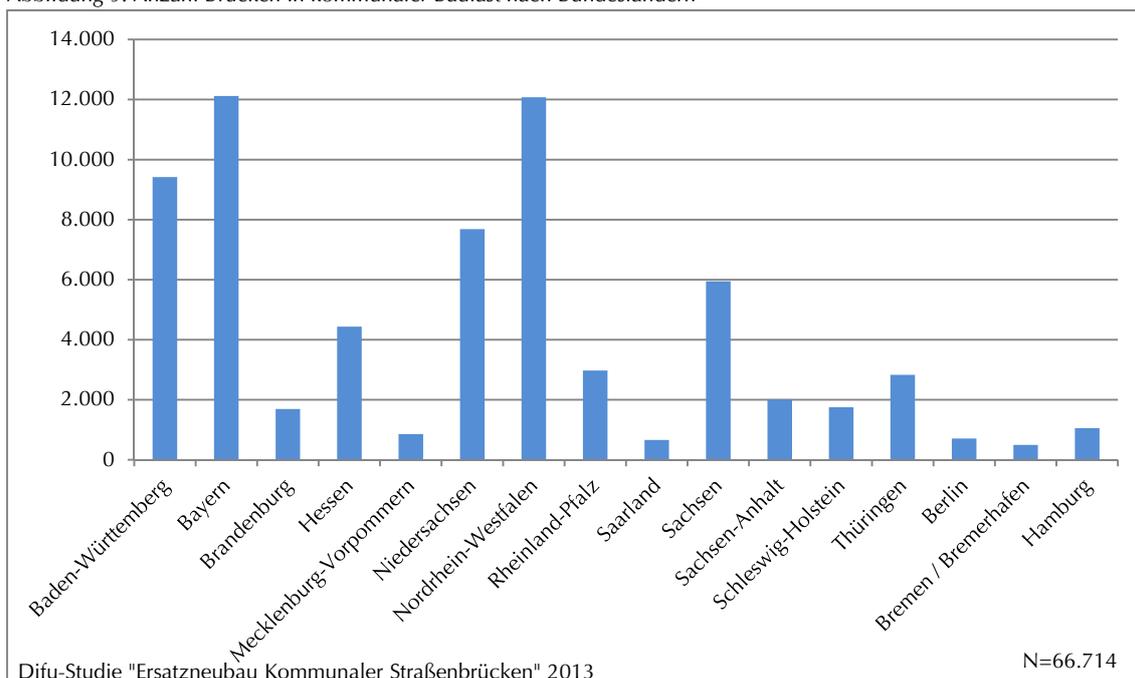
Tabelle 5: Daten zu Straßenbrücken in kommunaler Baulast

	Bundesstraßen	Landesstraßen	Kreisstraßen	Gemeindestraßen	Gesamt
Anzahl	1.914	1.652	9.914 ^a	53.234	66.714
Länge in km	215	116	373	1.519	2.223
Fläche in m ²	3.458.572	1.791.199	5.778.099	16.521.181	27.549.051

^a In der Zahl der Kreisbrücken sind hier auch 675 Brücken in Ortsdurchfahrten enthalten, die der Baulast der Gemeinden unterliegen.

Die Verteilung der Brückenzahl spiegelt die Flächengröße der Bundesländer, aber auch topografische Gegebenheiten wider (z.B. bergige und gewässerreiche Topografie in Sachsen) (s. Abbildung 9).

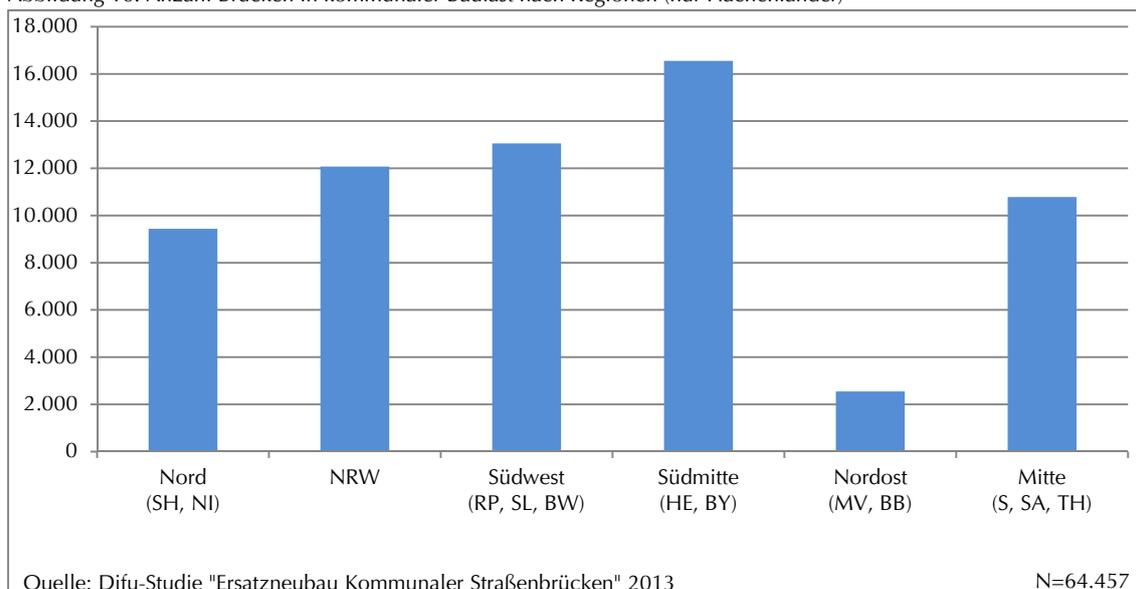
Abbildung 9: Anzahl Brücken in kommunaler Baulast nach Bundesländern



Die Verteilung der Brücken nach Regionen¹³ ist in der Abbildung 10 zu sehen. Hier fällt vor allem die Region Nordost (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg) auf, die aufgrund der geringen Bevölkerungszahl und der topografischen Gegebenheiten (meist flaches Land) über vergleichsweise wenig Brücken verfügt. In der Region Nordost (ohne Berlin) hingegen kommt eine Brücke auf 20,7 km² und auf 1.588 Einwohner. Im deutschen Durchschnitt steht auf 5,4 km² Gemeindefläche eine kommunale Straßenbrücke bzw. kommt auf 1.200 Einwohner eine Brücke.

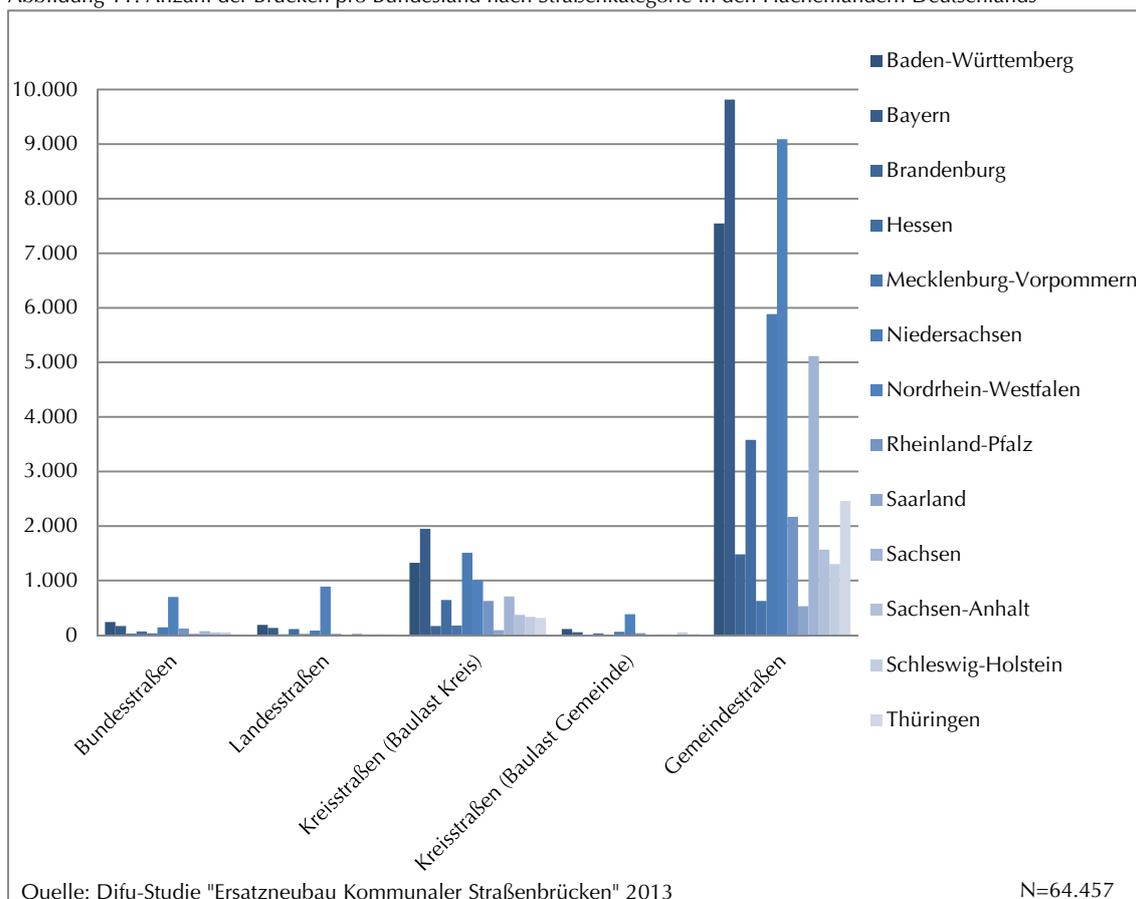
13 Für die Auswertung der Daten der Kommunalbefragung wurden sechs Regionen gebildet: Nord (Schleswig-Holstein, Niedersachsen), NRW (Nordrhein-Westfalen), Südwest (Rheinland-Pfalz, Saarland, Baden-Württemberg), Südmitte (Hessen, Bayern), Nordost (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg) und Mitte (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen)

Abbildung 10: Anzahl Brücken in kommunaler Baulast nach Regionen (nur Flächenländer)



Die weitaus größte Zahl der kommunalen Brücken ist Teil von Gemeindestraßen (80 Prozent).

Abbildung 11: Anzahl der Brücken pro Bundesland nach Straßenkategorie in den Flächenländern Deutschlands



Fast 70 Prozent der Brücken befinden sich in kleineren Gemeinden mit weniger als 20.000 Einwohnern (Abbildung 12). Selbst wenn in Betracht gezogen wird, dass sich größere Brücken eher in großen Städten befinden, zeigt

Abbildung 13, dass sich auch über 50 Prozent der Brückenflächen in kleineren Kommunen befinden.

Abbildung 12: Anzahl der Brücken pro Gemeindegrößenklasse

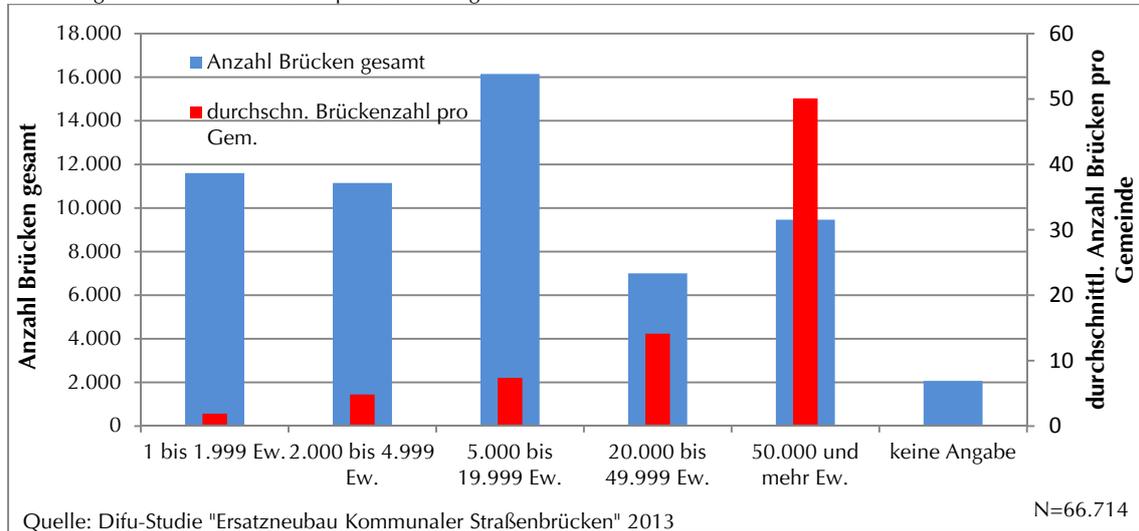
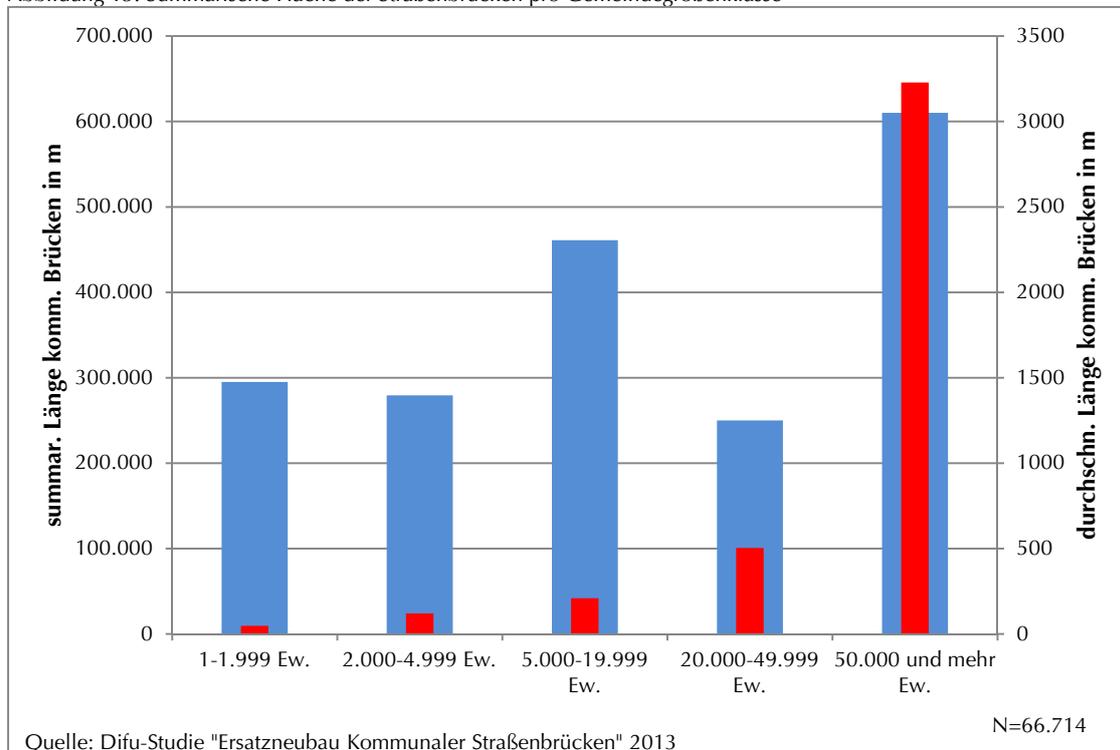


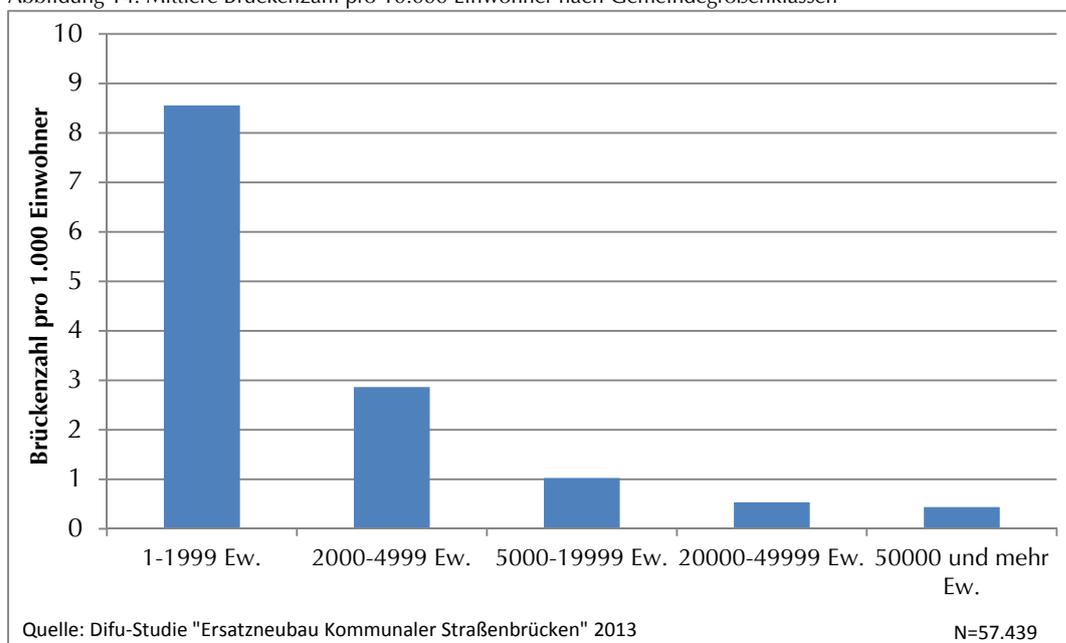
Abbildung 13: Summarische Fläche der Straßenbrücken pro Gemeindegrößenklasse



Die Brückenzahl und Brückengesamtfläche nimmt logischerweise mit der Gemeindegrößenklasse kontinuierlich zu.

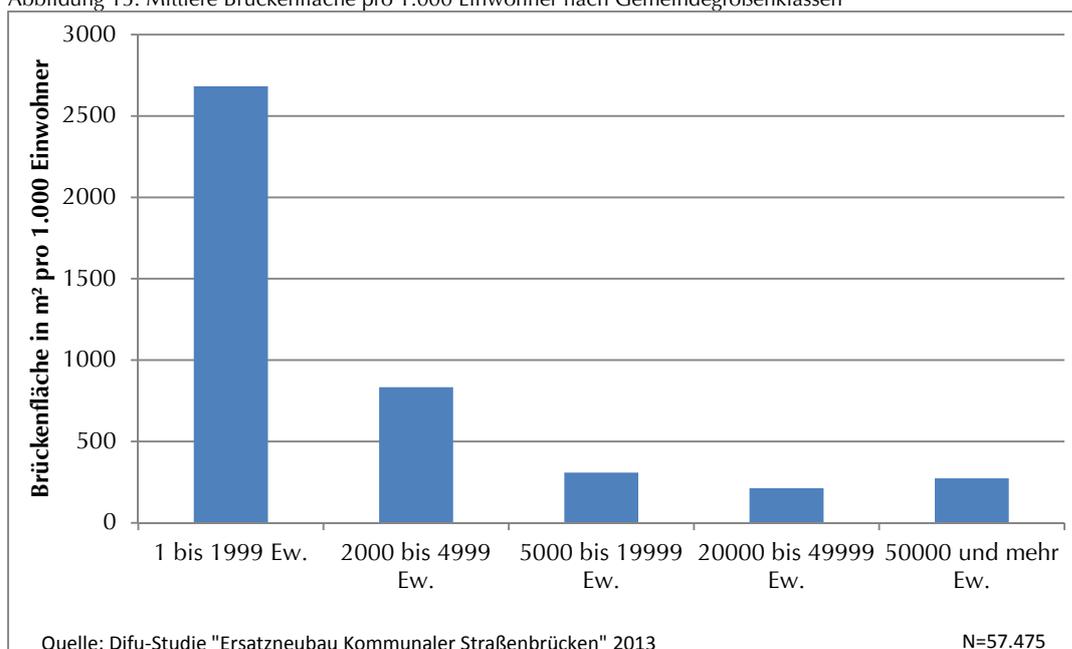
In Abbildung 14 zeigt sich, dass die Brückenzahl pro Einwohner sich umgekehrt zur Bewohnerzahl verhält. D.h. je kleiner die Gemeinde je größer die Brückenzahl pro Kopf der Bevölkerung.

Abbildung 14: Mittlere Brückenzahl pro 10.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen



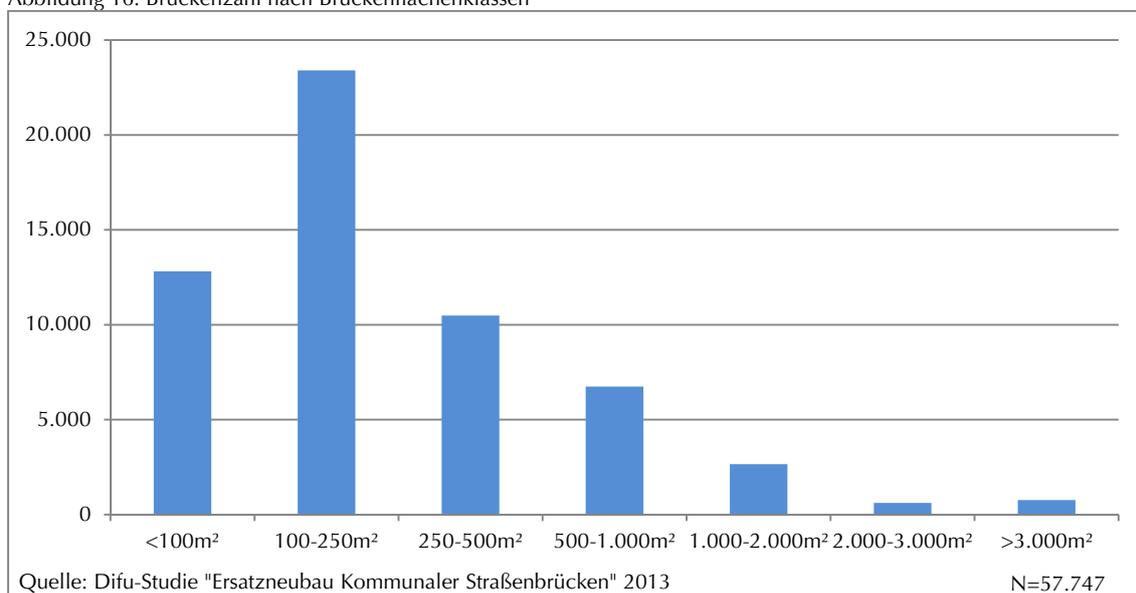
Auch die Brückenfläche pro Einwohner ist bei kleineren Gemeinden am höchsten (s. Abbildung 15).

Abbildung 15: Mittlere Brückenfläche pro 1.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen



Die Abbildung 16 stellt die Verteilung der Flächengrößenklassen der kommunalen Gemeindebrücken dar. Den größten Anteil machen kleinere Brücken bis 250 m² aus.

Abbildung 16: Brückenzahl nach Brückenflächenklassen



3.4.3 Vergleich Daten der Stichprobe der Kommunalbefragung mit Angaben in der Grundgesamtheit

Zu Kontrollzwecken wurden die Grunddaten zu den Brücken der antwortenden Kommunen mit deren Angaben in der Befragung verglichen. Nicht immer stimmen die Angaben der Kommunen in der Befragung (s. Kap. 4) mit den entsprechenden Auswertungen der Grundgesamtheit überein. Offenbar haben einige Gemeinden nicht alle Brücken angegeben. In anderen Fälle haben Gemeinden mehr Brücken angegeben, als die Auszählung der Grundgesamtheit ergab. Durch Nachprüfung konnte ermittelt werden, dass in solchen Fällen in der Befragung auch Durchlässe und nicht für den regulären Straßenverkehr genutzte Brücken angegeben wurden, die nach den Erläuterungen zur Befragung eigentlich ausgeschlossen werden sollten.

Fast ausschließlich bei großen Städten haben die Abweichungen noch einen anderen Grund. In der GIS-Datenbank der Grundgesamtheit werden alle nicht verbundenen Brückensegmente (z.B. zwei frei von einander liegende Richtungsfahrbahnen oder Auffahrten) als jeweils einzelne Brücken gezählt. In den Verwaltungen werden solche Fälle teilweise als eine Brücke gezählt, so dass insbesondere bei einigen großen Städten es zu Abweichungen kommt.

Beim Vergleich der Brückenzahlen in der Stichprobe und der Angaben in der Grundgesamtheit ist ein geringer Unterschied festzustellen. In der Summe unterscheiden sich die Zahlen für Brücken in den Stichprobendaten und den Daten der Grundgesamtheit für die Stichprobenauswahl mit 10.766¹⁴ zu 9.776 Brücken um ca. 10 Prozent, was noch eine hinreichend Genauigkeit darstellt.

¹⁴ Brückenzahl der Gemeinden in der Stichprobe der Kommunalumfrage, die zu ihren Daten in der Grundgesamtheit eindeutig zugeordnet werden konnten.

4. Kommunalbefragung

4.1 Umfragemethodik

Die Datenlage zu Brücken ist sehr unterschiedlich, je nachdem, in wessen Baulast sie sich befinden. Da die Daten für Brücken in Baulast des Bundes relativ gut und zentral erfasst sind, verwundert es nicht, dass viele Studien zu diesen Brücken ausschließlich auf Sekundärquellen beruhen und keine eigenen Erhebungen zugrunde legen. So basiert beispielsweise die einschlägige Studie von Naumann (2011) ausschließlich auf Sekundärquellen, die überwiegend aus Berichten des BMVBS in Zusammenarbeit mit den Straßenbauverwaltungen der Länder stammen. Die Studie liefert einen sehr guten Überblick über den Brückenbestand in Baulast des Bundes, analysiert jedoch nur den Instandhaltungszustand, nicht aber den Ersatzneubaubedarf bis 2030 und kann somit kaum methodische Hinweise für das vorliegende Forschungsvorhaben geben. Auch ist die Übertragung der Ergebnisse zum Brückenbestand (z.B. Altersstruktur, Material, Zustandsklassen) nicht möglich, da kommunale Straßen andere Breiten, Trassierungen und Gradienten und damit auch abweichende Brückentypen aufweisen.

Eine andere Studie zu Brücken in Baulast des Bundes, die sich nicht nur auf Sekundärquellen stützt, liegt beispielsweise von Zilch und Weiher (2006) vor. Um ein Bild über den Zustand deutscher Spannbetonbrücken in Baulast des Bundes – mit Fokus auf Schäden am Überbau – zu erhalten, führten sie eine schriftliche Befragung in einzelnen Bundesländern durch. Die Stichprobe von 125 Spannbetonbrücken berücksichtigte die Bauweise, die Konstruktionsform, das Baujahr und die regionale Verteilung nach Bundesländern. Diese Zufallsauswahl war möglich, da Sekundärquellen zur Verteilung dieser Merkmale vorlagen. In der vorliegenden Studie sollen dagegen Daten zu weit mehr Brücken als bei Zilch und Weiher erhoben werden. Zudem sollen vor allem die Brücken erfasst werden, bei denen aus Sicht der Kommunen Ersatzneubaubedarf besteht. Da entsprechende Informationen für kommunale Brücken nicht vorliegen, kann diese Methode einer Vorauswahl der zu beschreibenden Brücken im vorliegenden Gutachten nicht verwendet werden. Inhaltlich sind auch die Ergebnisse von Zilch und Weiher nur eingeschränkt auf den vorliegenden Untersuchungsgegenstand übertragbar, da lediglich Spannbetonbrücken in Baulast des Bundes untersucht worden sind und der Fokus auf der Schadensbestimmung lag.

Empirische Studien zu Brücken in kommunaler Baulast sind nur sehr wenige vorhanden. Zu nennen sei hier als einschlägige Studie der Abschlussbericht zum Pilotprojekt „Kommunale Straßenbrücken im Vogtland“ (2005).¹⁵ Ziel der Untersuchung war es herauszufinden, wie hoch die Summe an Fördermitteln ausfallen müsste, um die kommunalen Brücken im Vogtland bzw. in Gesamt-Sachsen instandhalten zu können. Da im Vogtland nur unzureichende oder keine Bauwerksunterlagen vorlagen und auch die Brückenprüfung nach DIN 1076 nicht regelmäßig oder gar nicht durchgeführt wurde, gaben die Forscher die Bauwerksprüfung von 56 ausgewählten Brückenbauwerken in vier Gemeinden in Auftrag. Im Rahmen des hier geplanten Gutachtens war ein entsprechendes Verfahren aus Ressourcengründen ausgeschlossen. In der Vogtland-Studie wurde für die ausgewählten Brücken jeweils geprüft, ob eine Instandsetzung erforderlich und wirtschaftlich noch rentabel ist und wie hoch die Kosten für die Instandhaltung bzw. den Ersatzneubau ausfallen würden. Anhand dieser Daten wurden die Ergebnisse auf Gesamt-Sachsen (7.400 kommunale Brücken) hochgerechnet. Es wurde jedoch auch darauf hingewiesen, dass die

¹⁵ Die ausführliche Studie wurde der Öffentlichkeit und dem Difu nicht zur Verfügung gestellt.

Hochrechnungen aufgrund der geringen Anzahl untersuchter Brücken nur als tendenzielle Aussagen interpretiert werden können. Die Autoren schätzen die Kosten für Instandsetzungen und Ersatzneubauten kommunaler Brücken auf rund 526 Millionen Euro. Die Art der Fragestellung ähnelt dem vorliegenden Gutachten. Es wird jedoch nicht der Ersatzneubaubedarf bis 2030 geschätzt, sondern lediglich der derzeitige Zustand und die damit zusammenhängenden Instandsetzungskosten bzw. Kosten für Ersatzneubauten der Brücken berechnet. Doch selbst für eine Hochrechnung des derzeit schon bestehenden Ersatzneubaubedarfs auf ganz Deutschland erscheint die Studie nicht ausreichend belastbar. Zum einen ist eine Stichprobe von 56 Brücken viel zu gering, um als Basis für eine Hochrechnung auf knapp 67.000 Brücken zu dienen. Darüber hinaus sind nur Brücken in vier sächsischen Gemeinden untersucht worden, die regionalen Einflüssen hinsichtlich Topografie, Brückentypen und –größen unterliegen, die nicht für Deutschland insgesamt repräsentativ sind. Zudem dürfte sich der Brückenzustand der 56 untersuchten Brücken seit 2005 verändert haben.

Auch empirische Studien zu anderen Tiefbauten wie Kanälen oder Straßen konnten nur eingeschränkt methodische Hinweise für das Gutachten liefern.

So erläutert beispielsweise Müller (2002) ein Stichprobenverfahren für das Kanalnetz einzelner Gemeinden, das eine kostenintensive und ineffiziente Gesamtinspektion für die Zustandsüberprüfung überflüssig machen könnte. In einem ersten Schritt teilt er das Kanalnetz einer Gemeinde in verschiedene homogene Schichten ein. Diese Schichtung erfolgt beispielsweise anhand des Baujahrs und/oder des Rohrmaterials. Im Anschluss wird für jede Schicht eine Zufallsstichprobe der zu inspizierenden Rohre gezogen. Die Stichprobe wird so gewählt, dass sie repräsentativ ist und auch logistische Aspekte für die Inspektion (Minimierung des Erfassungsaufwandes) berücksichtigt. Im Anschluss sollen die gewonnenen Zustandsergebnisse auf das Gesamtnetz hochgerechnet werden. Diese Methodik ist für das vorliegende Gutachten nicht anwendbar, da nicht nur einzelne Gemeinden, sondern eine Stichprobe an Gemeinden für ganz Deutschland untersucht werden soll. Zudem ist das Auswahlkriterium einzelner Brücken „Ersatzneubaubedarf ja/nein“ nicht in anderen Datensätzen vorhanden.

Braun und Kunz (2005) haben in einer anderen Studie den Straßenzustand in kleinen Dörfern mit weniger als 2.000 Einwohnern in Sachsen untersucht. In dieser Studie ging es um eine Evaluation bzgl. der Förderung der Dorfentwicklung. Aus diesem Grund wurden die kleinen Dörfer in Sachsen nach Ortsteilen mit Programmdorfstatus geschichtet. Im Anschluss wurde hieraus eine Zufallsstichprobe gezogen. Die ausgewählten Dörfer wurden zum Straßenzustand ihrer kommunalen Gemeindestraßen und Ortsdurchfahrten befragt. Grundlage für das Ausfüllen des Fragebogens waren Straßenbestandsverzeichnisse, welche die sächsischen Gemeinden für die Gemeindestraßen und sonstigen öffentlichen Straßen führen. Auch die Methodik dieser Studie ist nicht auf das vorliegende Gutachten anwendbar, da es aufgrund der Vielzahl an Brücken vor allem in den Großstädten nicht möglich ist, Städte und Gemeinden zur Gesamtheit der Brücken in ihrer kommunalen Baulast zu befragen.

In der Konsequenz wurde deutlich, dass eine eigene Erhebung mit spezifischem Design zu den kommunalen Straßenbrücken durchgeführt werden musste.

Im Ergebnis wurde eine geschichtete Zufallsstichprobe bei Städten, Gemeinden und Landkreisen gezogen. Die Erhebung wurde als Online-Erhebung konzipiert. Dabei wurden die für die Brückenprüfung in der Kommune Verantwortlichen zu den Bauzuständen ihrer Brücken befragt. Durch die Befragung wurden Grunddaten aller Brücken erhoben und zu drei Brücken vertiefte Angaben erfragt (s. Tabelle 6). Zur Sicherung einer hinrei-

chend großen Fallzahl an Brücken wurde eine 15 Prozent-Auswahlstichprobe für ausreichend erachtet.

Tabelle 6: Merkmale der Grundgesamtheit (GG) und der Stichprobe (SP)

Merkmal	Grundgesamtheit	Stichprobe Kommunen <i>Angaben pro Kommune</i>	Stichprobe ENB¹⁶-Brücken <i>Angaben pro Brücke</i>
<i>geplant</i>			
Anzahl Kommunen	11.500 Kommunen	660 Kommunen	660 Kommunen
Anzahl Brücken	60-90.000 Brücken***	13.200 Brücken***	2.000 Brücken***
<i>realisiert</i>			
Anzahl Kommunen	11.500 Kommunen	456 Kommunen	456 Kommunen
Anzahl Brücken	66.714 Brücken	14.331 Brücken	2.079 ^a / 476 ^b Brücken
Merkmale allg.			
Region	Ja	Ja*	Ja ^{a,b,*}
Gemeindegröße	Ja	Ja	Ja ^{a,b}
Raumstrukturtyp	Ja	Ja*	Ja ^{a,b,*}
Topografisches Gebiet		Ja**	Ja ^{a,b}
Straßennetzlänge	Ja	Ja*	Ja ^{a,b,*}
Merkmale Brücken			
Brückenzahl pro Gemeinde	Ja	Ja	
Zuordnung über die Gemeindegrenzen und Gemeindeschlüssel	Ja	Ja	Ja ^{a,b}
Baulastträgerschaft	Ja	Ja	Ja ^{a,b}
Brückenfläche	Ja	Ja (insges.)	Ja ^{a,b}
Brückentyp: verkehrlich (stark befahren, LKW-Anteil, Hauptstraße, Fußgänger etc.)	(Ja)* nur Straßenkategorie		Ja ^b
Brückentyp: Material (Beton, Stein, Stahlbeton, Stahl, Holz, ...)			Ja ^{a,b}
Baujahr			Ja ^{a,b}
Brückenklasse (Tragfähigkeitsklassen)			Ja ^b
Letzte Brückenprüfungen			Ja ^b
Zustandsnoten der Brücken		Ja (Noten-Verteilung f. alle Brücken sum.)	Ja ^{a,b}
Bauliche Mängel/ Schadenszustand			Ja ^{b,**}
Brückenschädenhäufigkeiten			pro Gemeindetyp, Region, topografisches Gebiet ^{a,b,**}
Zahl der Brücken mit Ersatzneu-		Ja	

16 ENB = Ersatzneubaubedarf

Merkmal	Grundgesamtheit	Stichprobe Kommunen <i>Angaben pro Kommune</i>	Stichprobe ENB¹⁶-Brücken <i>Angaben pro Brücke</i>
baubedarf			
Verschlechterung/ Verbesserung gegenüber letzter gleichrangiger Prüfung			Ja ^b **
Letzte Hauptprüfung/einfache Prüfung			Ja ^b
Einschätzung Instandhaltungs- vs. Ersatzneubaukosten			Ja ^b
Geschätzte Kosten zur Behebung des Schadens			Ja ^{b,**}
Investitionen in die Bauwerkserhaltung in der Mittelfristplanung		Ja (für alle Brücken summiert)	
Investitionen in die Bauwerkserhaltung in den letzten 5 Jahren		Ja (für alle Brücken summiert)**	
Jährliche Ausgaben in die Bauwerkserhaltung			Ja ^{a,b}

* aus Sekundärquellen

** entfällt bei der gewählten Methode der Hochrechnung

*** vor Bestimmung der Grundgesamtheit geschätzt.

^a Stichprobe für die Erfassung aller Brücken mit Ersatzneubaubedarf in den 456 antwortenden Kommunen (Die meisten Merkmale liegen nur summiert für alle ENB-Brücken vor).

^b Stichprobe für die vertiefte Erfassung von drei zufällig ausgewählte Brücken mit Ersatzneubaubedarf in den 456 antwortenden Kommunen (s. Kap. 4.3).

4.2 Durchführung der Umfrage

Der Fragebogen wurde in einem Pretest bei einzelnen Kommunen getestet, zum einen, um die Beantwortbarkeit und Verständlichkeit des Fragebogens zu prüfen, zum anderen, um einen geeigneten Adressatenkreis für die Umfrage zu identifizieren. Aufgrund der Rückmeldungen wurde der Fragebogen inhaltlich weiterentwickelt. Auch wurden Hinweise zum Adressatenkreis genutzt. Der Pretest ergab, dass in den Kommunen häufig, jedoch nicht immer, die (Tief-)Bauämter für den Unterhalt kommunaler Brücken zuständig sind. Vor allem bei den Landkreisen sind die Zuständigkeiten oft sehr unterschiedlich verteilt. Deshalb wurde bei der Umfrage jeweils die Verwaltungsspitze (Oberbürgermeister, Bürgermeister, Landrat, ...) als Adressat gewählt, mit der Bitte, das zuständige Amt in der jeweiligen Kommune zur Teilnahme an der Umfrage zu veranlassen.

Die Umfrage wurde web-basiert durchgeführt, da die Zielpersonen als ausreichend technik-affin eingeschätzt wurden. Die Kommunen wurden aber postalisch auf die Umfrage aufmerksam gemacht, da dem Difu ein Gemeindeverzeichnis mit postalischen Adressen vorliegt, die E-Mail-Adressen aber nur unvollständig vorhanden sind (und häufig allgemeiner Natur sind, in der Art wie z.B. info@stadt.de). Zusätzlich zum Anschreiben lag ein abgestimmtes Schreiben von den drei kommunalen Spitzenverbänden (Deutscher Städte- und Gemeindebund und Deutscher Landkreistag) bei, um die Teilnahmebereitschaft der Kommunen zu erhöhen. Die Befragungsdauer wurde zunächst auf 3 Wochen festgelegt.

Die Gemeindegröße wurde zur Schichtung der Stichprobe herangezogen. Da Ergebnisse für Gemeinden aufgrund unterschiedlicher Strukturen nicht unmittelbar auf Landkreise übertragbar sind, wurden ebenfalls Landkreise befragt. Im Detail wurde eine Stichprobe mit folgenden Schichten gezogen:

- Befragung aller Städte mit mehr als 50.000 Einwohnern (N=190)
- Befragung einer Zufallsauswahl von Städten und Gemeinden mit weniger als 50.000, aber mehr als 2.000 Einwohnern (N=1.500)
- Befragung aller Landkreise (N=300)

In einer kurz vor Ablauf der Befragungsdauer durchgeführten Nachfassaktion wurden nochmals 1.869 der Kommunen angeschrieben, die bis dahin noch nicht an der Umfrage teilgenommen hatten. Im Zuge dessen wurde die Befragungsdauer nochmals um 2 Wochen verlängert.

4.3 Fragebogen

Der web-basierte Fragebogen gliedert sich in einen allgemeinen und in einen vertiefenden Teil.¹⁷ Im allgemeinen Teil des Fragebogens wurden Fragen über die Brückengesamtheit und die Brücken mit Ersatzneubaubedarf in Baulast der jeweiligen Kommune gestellt.¹⁸ Im vertiefenden Teil des Fragebogens sollten die Kommunen zufällig¹⁹ drei Brücken mit Ersatzneubaubedarf auswählen, für die sie detailliert Fragen beantworten sollten. Vor allem für die Hochrechnung des Ersatzneubaubedarfs sind neben Angaben zur Brückengrundgesamtheit und zu allgemeinen Angaben der Brücken mit Ersatzneubaubedarf auch nähere Angaben zu einzelnen dieser Brücken notwendig.

4.4 Umfrageergebnisse

4.4.1 Rücklauf

Insgesamt haben 456 Kommunen an der Umfrage teilgenommen, davon 339 Städte und Gemeinden und 117 Landkreise. Dies entspricht einer Rücklaufquote von rund 23 Prozent. Dabei sind die Rücklaufquoten der größeren Städte und Gemeinden sowie der von Landkreisen überdurchschnittlich hoch. Der Rücklauf von Städten/Gemeinden mit mehr als 50.000 Einwohnern lag bei rund 42 Prozent, bei den Landkreisen bei rund 39 Prozent. Hingegen war die Rücklaufquote der anderen Gemeindegrößenklassen mit 17 Prozent deutlich niedriger. Dies hängt sicherlich mit der vorhandenen Aufberei-

17 Im Anhang 2 befindet sich der Fragebogen.

18 Bei den Fragen zum Ersatzneubaubedarf wurde im Fragebogen drauf verwiesen, dass Ersatzneubaubedarf bedeutet, dass eine Straßenbrücke vollständig abgerissen und neugebaut wird. Die Kommunen wurden darauf hingewiesen, diese Einschätzung aufgrund ihrer Kenntnisse aus den Prüfungen nach DIN 1076 zu treffen. Der Pretest hatte ergeben, dass dieser Hinweis nötig und ausreichend war.

19 Zur Gewährleistung der Repräsentativität der Daten war es wichtig, den Kommunen eine Hilfestellung zu geben, eine annähernd zufällige Auswahl derjenigen Brücken mit Ersatzneubaubedarf zu treffen, die sie detaillierter beschreiben sollten. Deshalb wurden die Kommunen gebeten, zunächst eine Sortierung der Brücken mit Ersatzneubaubedarf vorzunehmen (beispielsweise nach Alphabet, Bauwerksnummer, Brückenlänge). Dann wurden sie gebeten, die erste, die letzte Brücke sowie die Brücke auf der mittleren Rangposition aus dieser Sortierung näher zu beschreiben.

tung(-squalität) von Brückendaten zusammen: Der Pretest und Expertengespräche hatten gezeigt, dass vor allem größere Städte/Gemeinden Ergebnisse von Brückenprüfungen gut aufbereitet vorliegen haben, wodurch die Beantwortbarkeit des Fragebogens deutlich erleichtert wird. Hingegen sind kleinere Städte/Gemeinden häufig noch nicht so weit, Brückenprüfungen durchzuführen und diese gut zu dokumentieren. Dies wird auch von einzelnen Rückmeldungen von Kommunalvertretern zur Umfrage bestätigt, die darauf hinwiesen, an der Befragung nicht teilnehmen zu können, da keine Brückenprüfungen durchgeführt würden oder keine gute Datengrundlage vorhanden sei. Eine weitere Begründung für die Nicht-Teilnahme an unserer Umfrage war die allgemeine Überbelastung der Gemeindeverwaltungen.

Insgesamt konnten durch die Befragung allgemeine Angaben zu ca. 14.000 kommunalen Straßenbrücken erhoben werden. Dies entspricht rund 22 Prozent aller kommunalen Straßenbrücken in Deutschland. Insofern sind die erhobenen Daten belastbar und repräsentativ. Die 456 antwortenden Kommunen gaben 2.079 Brücken mit Ersatzneubaubedarf an. Darüber hinaus konnten vertiefte Angaben zu 476 Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf erhoben werden.

Der erreichte Rücklauf ist räumlich relativ gleichmäßig verteilt. Zwar können aufgrund der geringen Fallzahl Fragen nicht nach einzelnen Bundesländern ausgewertet werden, aber dennoch reicht die Fallzahl, um belastbare Erkenntnisse für größere Regionszuschnitte zu gewinnen. So wurde eine räumliche Aufteilung gewählt, die in Anlehnung an die Verbandsstrukturen des Auftraggebers vorgenommen wurde. Diese unterteilt Deutschland in sechs Regionen:

1. Nord (Schleswig-Holstein, Niedersachsen),
2. NRW (Nordrhein-Westfalen),
3. Südwest (Rheinland-Pfalz, Saarland, Baden-Württemberg),
4. Südmitte (Hessen, Bayern),
5. Nordost (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg) und
6. Mitte (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen).

Stadtstaaten wurden aufgrund ihrer unterschiedlichen Struktur nicht an der Umfrage beteiligt.

4.4.2 Brückenangaben

4.4.2.1 Brückenbestand

Brückenzahl und Brückenfläche

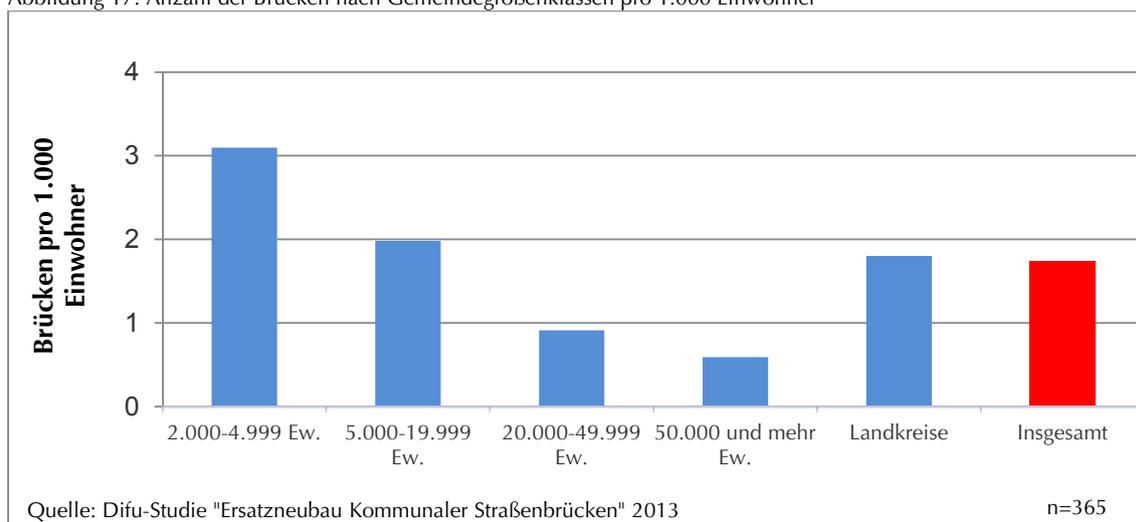
Ergebnisse kompakt

- Große Brückendichte pro Kopf bei kleineren Gemeinden
- Auch bei Brückenflächen in m² pro 1.000 Einwohner je Gemeindegrößenklasse bei kleineren Gemeinden größter Wert
- Große Brückendichte pro Kopf in Mitte (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) aufgrund der Topografie und der großen Zahl kleiner Gemeinden

Die durchschnittliche Zahl kommunaler Straßenbrücken steigt logischerweise mit zunehmender Gemeindegrößenklasse. Die Mittelwerte steigen von 10 Brücken bei kleineren Gemeinden (2.000 bis 5.000 Einwohner) über 18 Brücken bei Gemeinden mit 5.000 bis 19.999 Einwohner und 28 Brücken bei Gemeinden mit 20.000 bis 49.999 Einwohner bis zu 80 Brücken bei großen Gemeinden über 50.000 Einwohner. Landkreise haben durchschnittlich 60 Straßenbrücken.

Um eine Vergleichsbasis zu schaffen, werden im Folgenden nicht die absoluten Brückenzahlen pro Gemeinde betrachtet, sondern als relative Größe die Brückenzahl bezogen auf die Einwohnerzahl verwendet. Je weniger Einwohner eine Gemeinde hat, desto höher ist die Brückenzahl je Einwohner (s. Abbildung 17). Die Landkreise weisen eine durchschnittliche Brückenzahl pro Einwohner auf. Sie sind aber aufgrund ihrer unterschiedlichen Struktur nicht direkt mit den Städten und Gemeinden vergleichbar.

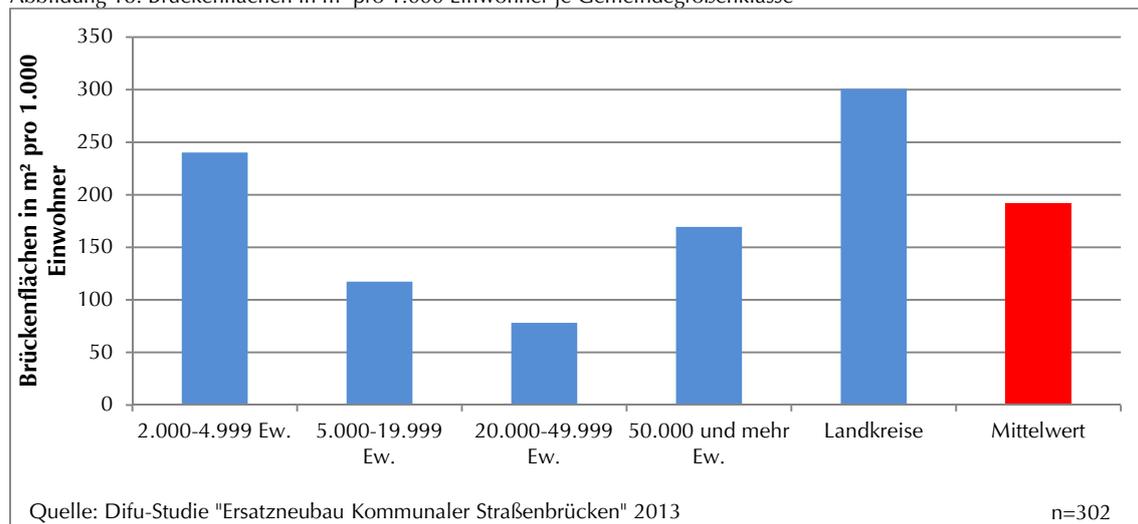
Abbildung 17: Anzahl der Brücken nach Gemeindegrößenklassen pro 1.000 Einwohner



Dieser Zusammenhang bleibt jedoch nicht bestehen, wenn die Brückenfläche pro Einwohner betrachtet wird. Zwar ist dieser Wert auch bei der kleinsten Gemeindegrößenklasse mit 240 m² Fläche pro 1.000 Einwohner am größten, der nächst höhere Wert ist aber bei den größeren Städten und Gemeinden mit mehr als 50.000 Einwohnern zu fin-

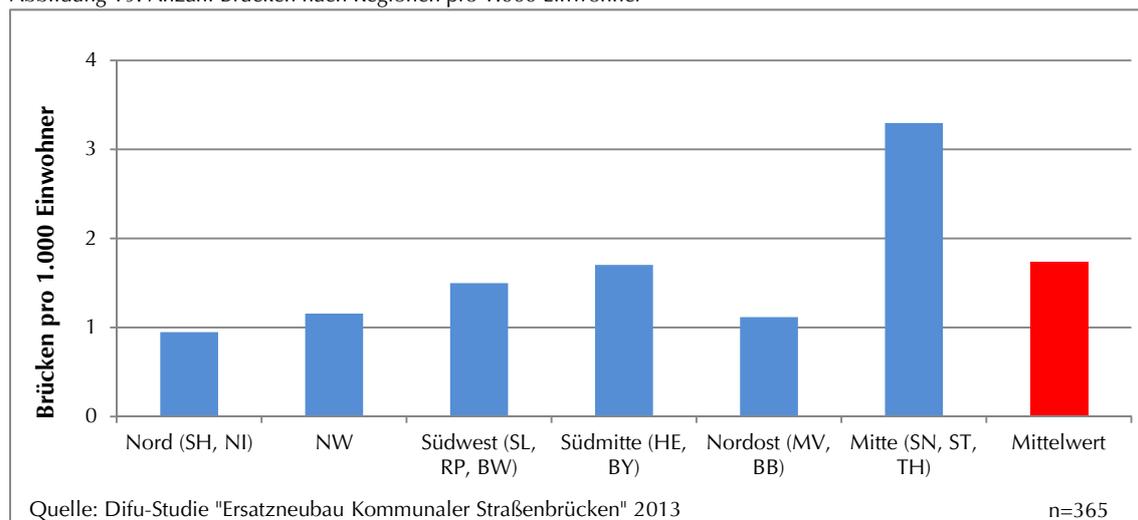
den (170 m²). In der Größenklasse mit 20.000 bis 50.000 Einwohnern ist der Wert mit 78 m² am niedrigsten. Insgesamt haben kleinere Gemeinden häufig kleinere Brücken, was sicher auf die meisten untergeordneten Straßenkategorien und damit geringeren Straßenquerschnitten beruht. Gleichzeitig sind dort pro Einwohner sehr viele Brücken vorhanden. Besonders viel Brückenfläche weisen mit 300 m² pro 1.000 Einwohner die Landkreise auf. Sie haben nicht nur relativ viele Brücken, zudem weisen diese eine vergleichsweise große Fläche (Spannweite, Breite) auf (s. Abbildung 18).

Abbildung 18: Brückenflächen in m² pro 1.000 Einwohner je Gemeindegrößenklasse



Doch nicht nur die Gemeindegrößenklasse sondern auch die regionale Lage von Kommunen steht mit der Anzahl und Größe von kommunalen Brücken im Zusammenhang. Besonders auffallend ist, dass Mitte weit überdurchschnittlich viele Brücken pro Einwohner aufweist, während beispielsweise in der Region Nord weit unterdurchschnittlich viele Brücken zu finden sind (s. Abbildung 19).

Abbildung 19: Anzahl Brücken nach Regionen pro 1.000 Einwohner

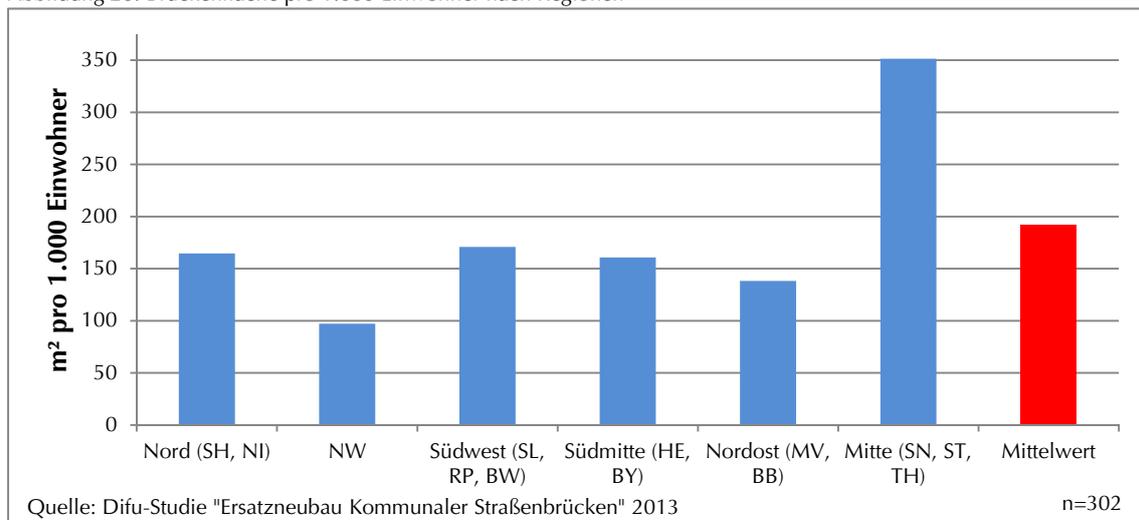


Dies liegt zum einen an der regionalen Topografie. Regionen wie Mitte und Südmitte sind durch mehr Gebirge und Fließgewässer gekennzeichnet als z.B. NRW. Zusätzlich zu die-

sem Effekt beeinflusst aber auch die Gemeindegrößenstruktur dieses Ergebnis. Vor allem in Mitte sind besonders viele kleine Städte und Gemeinden zu finden, während in den anderen Regionen die etwas größeren Gemeinden dominieren. In NRW – als Extrem am anderen Ende – haben beispielsweise 45 Prozent der antwortenden Gemeinden mehr als 50.000 Einwohner.

Auch bei Betrachtung der Brückenfläche pro 1.000 Einwohner weist Mitte wieder überdurchschnittlich hohe Werte auf (s. Abbildung 20). Bei dieser Betrachtungsweise nähern sich aber – anders als bei Betrachtung der Brückenzahl pro Einwohner – die Regionen Nord, Südwest und Südmitte stark an. Mit Abstand am wenigsten Brückenfläche pro 1.000 Einwohner ist in NRW zu finden.

Abbildung 20: Brückenfläche pro 1.000 Einwohner nach Regionen



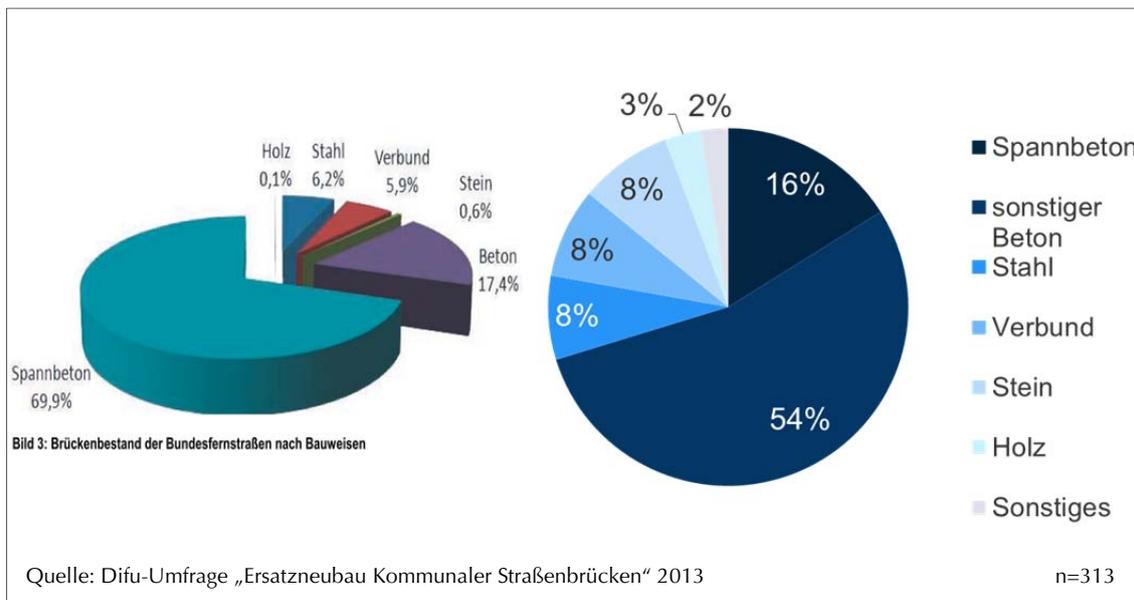
Material und Baujahr

Ergebnisse kompakt

- 70 Prozent der kommunalen Brücken bestehen aus Beton (vor allem Nicht-Spannbeton 54 Prozent)
- Zum Vergleich: bei Bundesbrücken Anteil knapp 90 Prozent
- Im Osten überproportional viel alte und junge Brücken
- Im Westen viele Brücken im „kritischen Alter“

Rund 70 Prozent der kommunalen Brücken bestehen aus Spannbeton oder aus anderen Betonkonstruktionen (sonstiger Beton) vor allem Stahlbeton. Dabei machen letztere mehr als die Hälfte aus (s. Abbildung 21). Die anderen abgefragten Materialien machen zusammen einen Anteil von 30 Prozent aus.

Abbildung 21: Brücken nach hauptsächlich verwendetem Baumaterial (Kommunale Straßenbrücken 2013 und Bundesbrücken 2011)



Auch bei den Brücken in Baulast des Bundes haben Spannbeton und Stahlbetonbrücken laut Naumann (2011) mit rund 90 Prozent besonderes Gewicht. Bei diesen Brücken dominiert im Gegensatz zu unserer Stichprobe aber Spannbeton mit knapp 70 Prozent. Beim Vergleich unserer Umfrage mit den Ergebnissen von Naumann muss darauf geachtet werden, dass Naumann *Brückenflächen* nach Materialsorten ausgewiesen hat, während hier die *Brückenzahl* nach Materialsorten betrachtet wird. Naumann untersucht zudem Brücken im Zuge von Bundesfernstraßen, während hier kommunale Brücken untersucht werden.

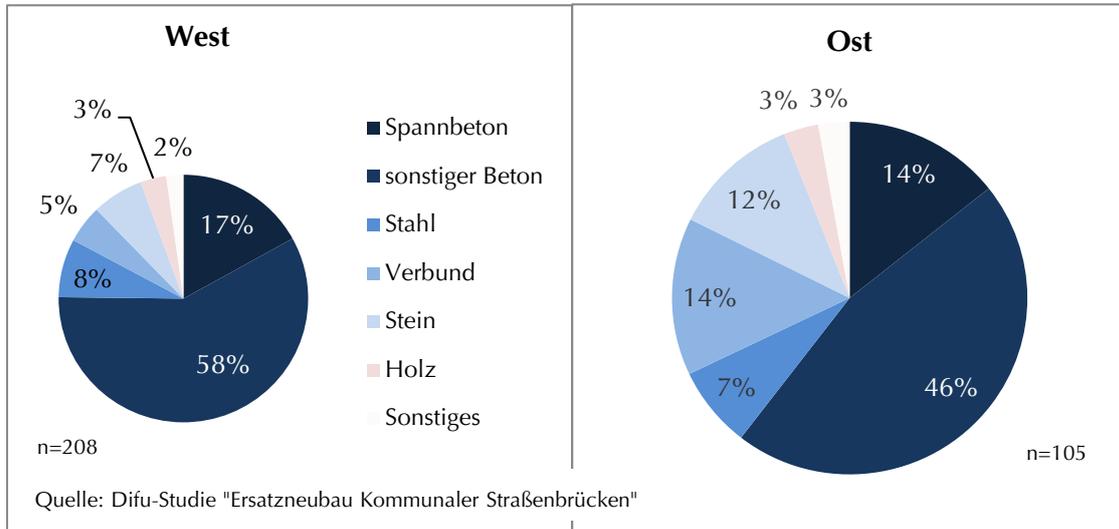
Es ist plausibel, dass Spannbeton bei den Bundesbrücken eine weit größere Rolle spielt als bei Kommunen. Laut Naumann (2011) ist Spannbeton in den 60er, 70er und 80er Jahren vor allem beim Bau großer Tal- und Flussbrücken in den Hauptverkehrsachsen der alten Bundesländer eingesetzt worden. Dagegen sind kommunale Brücken deutlich kleiner. Während die Brücken des Bundes laut Naumann (2011) im Durchschnitt 764 m² groß sind, haben die Flächen der kommunalen Brücken in unserer Stichprobe im Durchschnitt nur 179 m². Tendenziell sind kommunale Brücken auch älter als Bundesbrücken. Dies ist – neben der Größe – ein weiterer Grund dafür, dass Spannbeton bei kommunalen Brücken weniger zum Zuge gekommen sein dürfte.

Auch der Unterschied in der Relevanz von Stein als Brückenmaterial zwischen kommunalen Brücken und Bundesbrücken (rund 8 Prozent der kommunalen Brücken vs. rund 0,6 Prozent der Bundesbrückenfläche) dürfte durch Unterschiede im mittleren Alter und mittlerer Größe der Brücken in Kommunen und auf Bundesfernstraßen (Steinbrücken sind eher kleinere Brücken) erklärbar sein.

Bei den kommunalen Brücken haben Verbund- und Steinbrücken in den neuen Bundesländern weit mehr Gewicht als in den alten Bundesländern (14 Prozent bzw. 12 Prozent vs. 5 Prozent bzw. 7 Prozent). Vor allem in Mitte gibt es überdurchschnittlich viele Steinbrücken (14 Prozent vs. durchschnittlich 8 Prozent). Dagegen gibt es in Ostdeutschland weit weniger Brücken aus Stahlbeton als in Westdeutschland (46 Prozent vs. 58 Prozent). Laut Naumann (2011) wurden in der ehemaligen DDR in den Nachkriegsjahren nur rela-

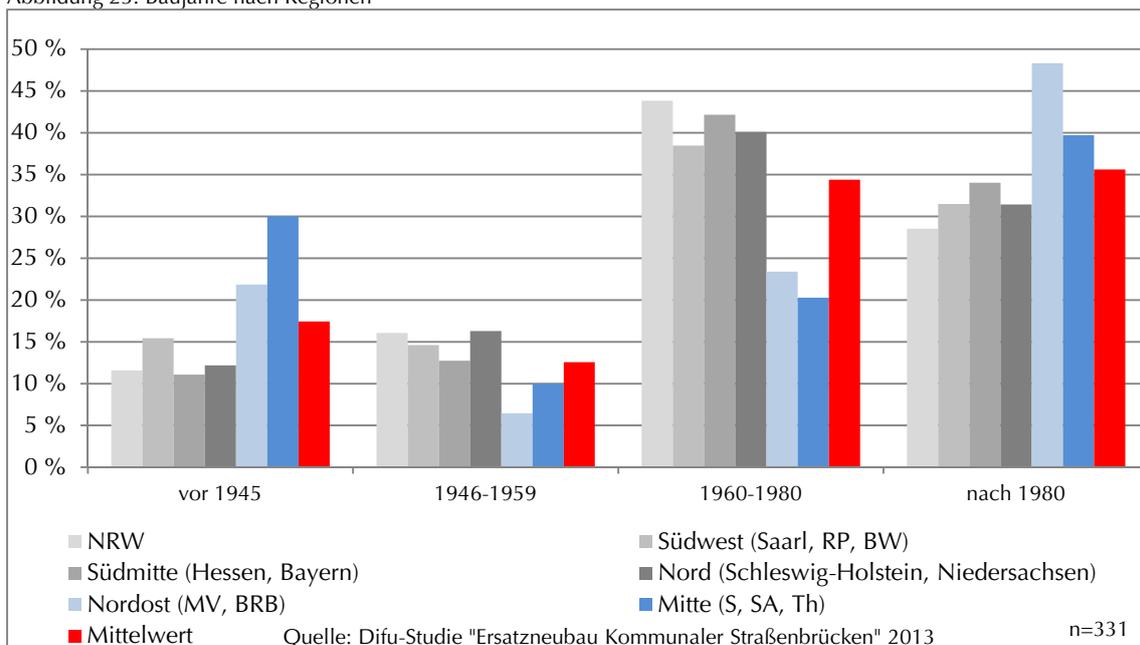
tiv wenige Brücken neugebaut. Erst nach der Wiedervereinigung stieg – vor allem begünstigt durch die Verkehrsprojekte Deutsche Einheit - der Straßenbrückenbau stark an.

Abbildung 22: Brücken nach hauptsächlich verwendetem Baumaterial im Ost-West-Vergleich



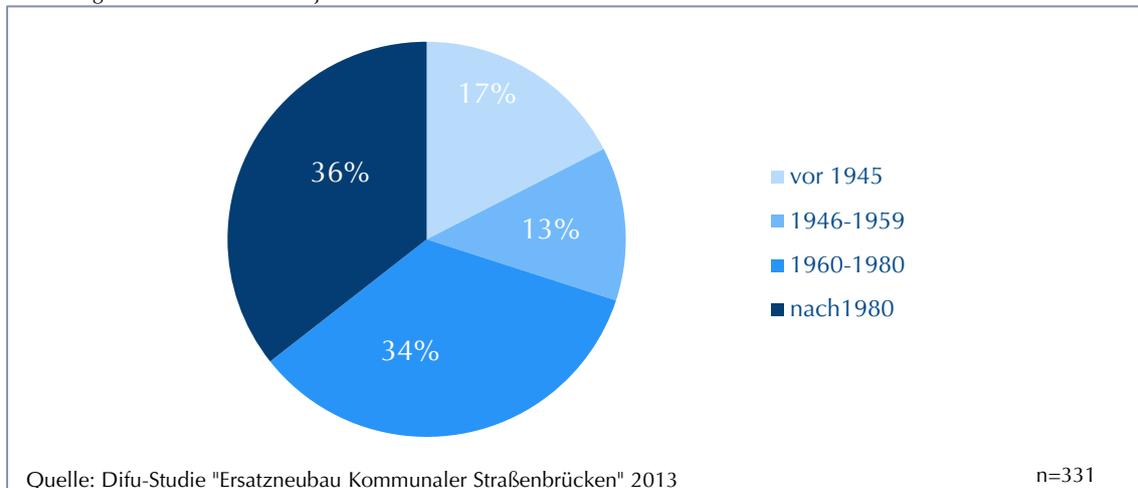
Das wird auch durch unsere Umfrage bestätigt. Während in den neuen Bundesländern 43 Prozent der kommunalen Brücken nach 1980 (entsprechend der Frage in der Erhebung) gebaut wurden, waren es in den alten Bundesländern nur 31 Prozent. Überdurchschnittlich viel wurde zu dieser Zeit in Nordost gebaut – 48 Prozent der kommunalen Brücken. Im Zeitraum zwischen 1945 und 1980 wurden dagegen nur 20 Prozent der kommunalen Brücken in Ostdeutschland gebaut (in Westdeutschland 56 Prozent) Aber es gibt in Ostdeutschland auch viele alte Brücken, die vor 1945 gebaut wurden (27 Prozent in Ostdeutschland, 13 Prozent in Westdeutschland). Vor allem in Mitte sind mit 30 Prozent weit überdurchschnittlich viele alte Brücken zu finden (s. Abbildung 23).

Abbildung 23: Baujahre nach Regionen



In Gesamtdeutschland wurden je rund ein Drittel der kommunalen Brücken vor 1960 zwischen 1960 und 1980 sowie nach 1980 gebaut (s. Abbildung 24).

Abbildung 24: Brücken nach Baujahr



Laut Naumann (2011) lagen die Schwerpunkte der Bautätigkeit bei den Brücken in Baulast des Bundes zwischen 1960 und 1985 sowie zwischen 1995 und 2005, während Brücken aus der Zeit vor dem 2. Weltkrieg nur in sehr geringem Umfang vorhanden seien. Wieder weist Naumann die Baujahre in Abhängigkeit der jeweiligen Brückenfläche aus. Zudem sind die Zeitintervalle andere als in der hier beschriebenen Kommunalbefragung. Aus diesen Gründen sind die Ergebnisse nur eingeschränkt vergleichbar. Es kann aber festgestellt werden, dass die kommunalen Brücken tendenziell älter sind als die Brücken in Baulast des Bundes.

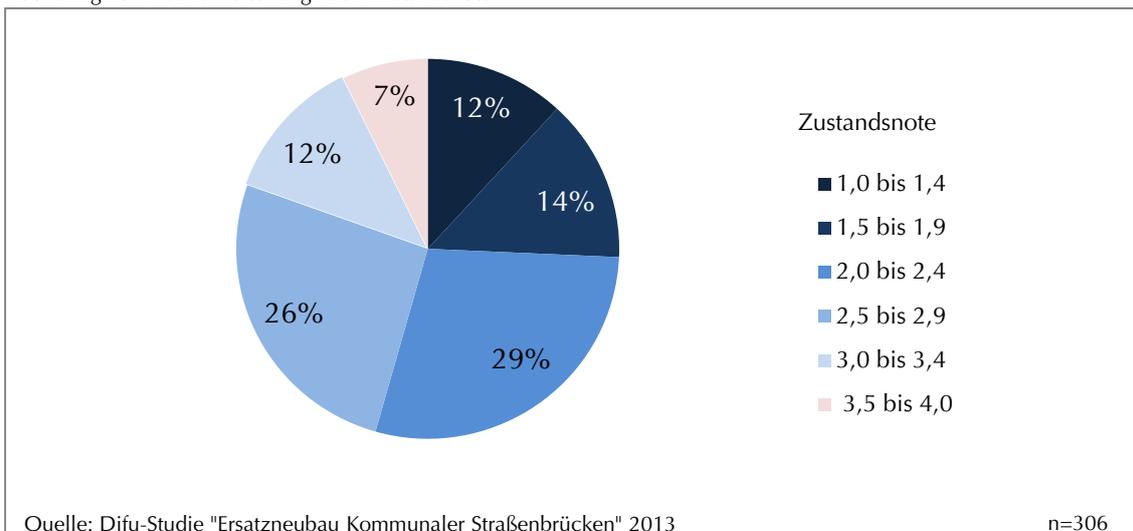
Bauliche Zustände der Brücken

Ergebnisse kompakt

- Knapp die Hälfte der kommunalen Brücken weist problematische oder schlechte Zustände auf (Noten ab 2,5 und höher)
- Schlechte Zustandsnoten überproportional häufig in den neuen Bundesländern und in kleinen Gemeinden

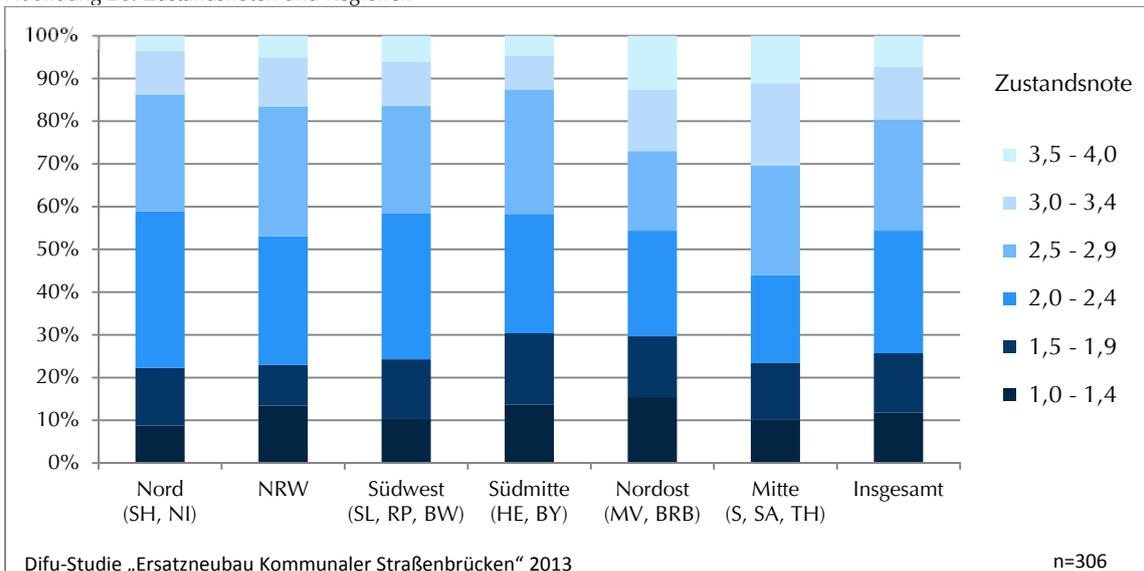
Wie in der Abbildung 25 zu sehen ist, sind fast die Hälfte der kommunalen Brücken in schlechtem baulichen Zustand (Noten ab 2,5 und höher). Bei den Bundesbrücken ist dies ähnlich. Die schlechtesten Zustandsnoten sind aber bei den kommunalen Brücken mit 7 Prozent weit häufiger vertreten als bei den Brücken in Baulast des Bundes mit 1,7 Prozent (Naumann 2011, S. 8).

Abbildung 25: Brückenverteilung nach Zustandsnoten



Besonders häufig sind die Zustandsnoten 3,0 – 3,4 und 3,5 – 4,0 bei den kommunalen Brücken in den neuen Bundesländern zu finden (17 Prozent bzw. 12 Prozent der Brücken vs. 10 Prozent bzw. 5 Prozent für die alten Bundesländer). Dies dürfte zum einen damit zusammenhängen, dass sich in Ostdeutschland ein besonders großer Anteil an Brücken befindet, die vor 1945 gebaut wurden (s. Abbildung 26).

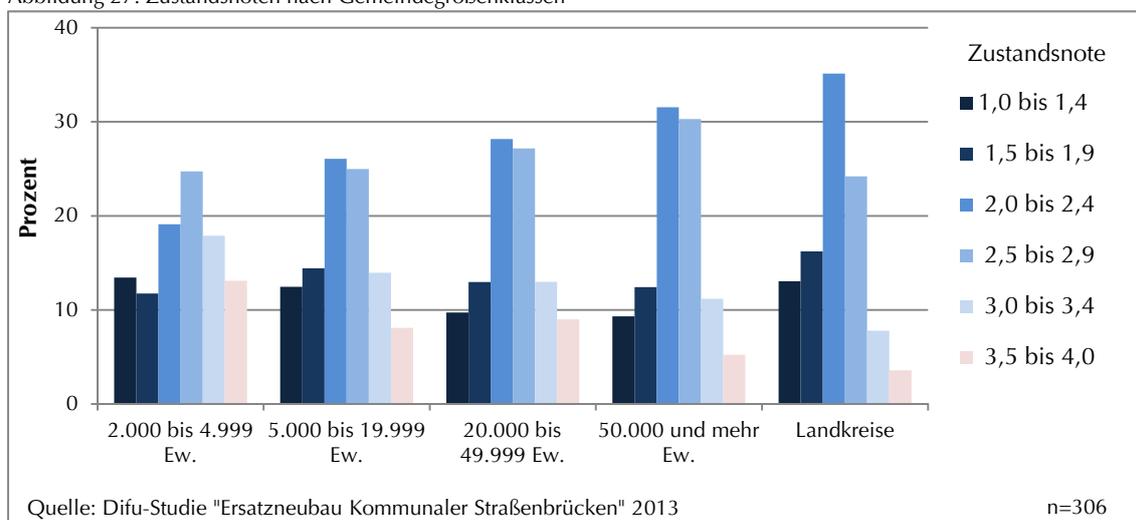
Abbildung 26: Zustandsnoten und Regionen



Zum anderen sind diese beiden schlechten Zustandsklassen auch besonders häufig bei den kleinen Gemeinden mit 2.000 bis 5.000 Einwohnern zu finden. In die Zustandsklasse 3,0 bis 3,4 fallen 18 Prozent der kommunalen Brücken in kleinen Gemeinden, im Durchschnitt über alle Größenklassen sind es nur 12 Prozent. Noch deutlicher wird es bei der Kategorie mit den schlechtesten Zustandsnoten 3,5 bis 4,0 (13 Prozent in den Gemeinden bis 5.000 Einwohner versus durchschnittlich 7 Prozent) (s. Abbildung 27). Die kleinen Gemeinden, die in unserer Stichprobe überdurchschnittlich häufig in den neuen Bundes-

ländern vertreten sind – aber auch in Südwest und Südmitte – haben einen besonders hohen Instandsetzungsbedarf.

Abbildung 27: Zustandsnoten nach Gemeindegrößenklassen



4.4.2.2 Brücken mit Ersatzneubaubedarf

Insgesamt gibt es in unserer Stichprobe 2.079 Brücken mit Ersatzneubaubedarf; das sind rund 15 Prozent aller Brücken aus der Stichprobe. Die Fläche der Brücken mit Ersatzneubaubedarf macht insgesamt 301.296 m² aus, knapp 10 Prozent der Brückengesamtfläche in der Stichprobe.

Zahl der Brücken mit Ersatzneubaubedarf

Ergebnisse kompakt

- 15 Prozent der kommunalen Straßenbrücken weisen Ersatzneubaubedarf auf
- Deutlich überproportionale Belastung kleiner Gemeinden durch Ersatzneubau bei Straßenbrücken
- Überdurchschnittlicher hoher Anteil in den neuen Bundesländern
- Nur etwas mehr als die Hälfte der ersatzneubaubedürftigen Brücken werden tatsächlich bis 2030 abgerissen und neugebaut

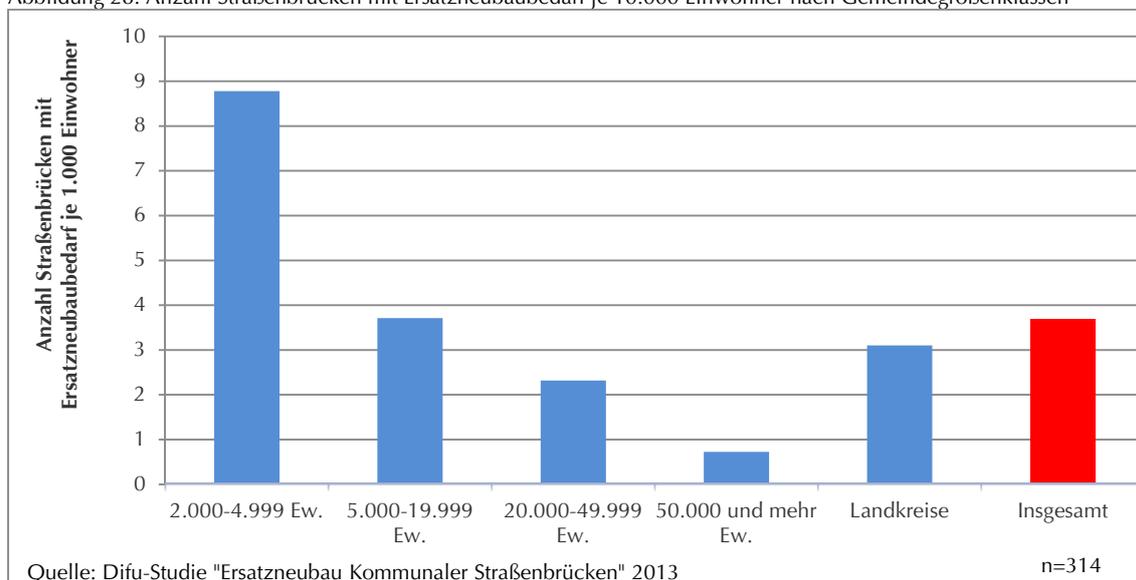
Die Zahl der Brücken mit Ersatzneubaubedarf unterscheidet sich nach Gemeindegrößenklassen und nach Regionen. So sind – absolut gesehen – die meisten Brücken mit Ersatzneubaubedarf bei den Städten und Gemeinden mit mehr als 50.000 Einwohnern zu finden (Mittelwerte GKL1²⁰: 3, GKL2: 3, GKL3: 7, GKL4: 10, Landkreise 9). Dies ist logisch,

²⁰ GKL = Gemeindegrößenklassen. GKL1: kleine Gemeinden von 2.000 bis kleiner als 5.000 Einwohner, GKL 2: mittelgroße Gemeinden von 5.000 bis kleiner als 20.000 Einwohner, GKL 3: mittelgroße Gemeinden 20.000 bis kleiner als 50.000 Einwohner, GKL4: große Gemeinden über 50.000 Einwohner.

da auch die Anzahl an Brücken insgesamt mit steigender Gemeindegröße zunimmt. Absolut betrachtet gibt es in den neuen Bundesländern durchschnittlich mehr Brücken mit Ersatzneubaubedarf als in den alten Bundesländern (8 vs. 5 Brücken), obwohl es in den neuen Bundesländern im Durchschnitt weniger Brücken gibt. Dies hängt damit zusammen, dass die Brücken in den Gemeinden der neuen Bundesländer älter sind und schlechtere Zustandsnoten aufweisen.

Als Vergleichsgröße soll nun die jeweilige Brückenzahl mit Ersatzneubaubedarf an allen Brücken einer Kommune betrachtet werden. Vergleicht man die Gemeindegrößenklassen miteinander, so liegt der größte Anteil an Brücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Brücken mit 27 Prozent am höchsten bei den Städten/Gemeinden mit 20.000-50.000 Einwohnern, gefolgt von GKL1 (23 Prozent), GKL2 (20 Prozent) und GKL4 (13 Prozent). Auch die Ersatzneubaupfläch an der Gesamtpfläch war bei GKL3 am höchsten (s. weiter oben). Der Unterschied zwischen ostdeutschen und westdeutschen Kommunen wird noch deutlicher, wenn die Brückenzahl betrachtet wird. Der Anteil an Brücken mit Ersatzneubaubedarf in Ostdeutschland mit 27 Prozent liegt deutlich höher als in Westdeutschland (15 Prozent). (s. Abbildung 29)

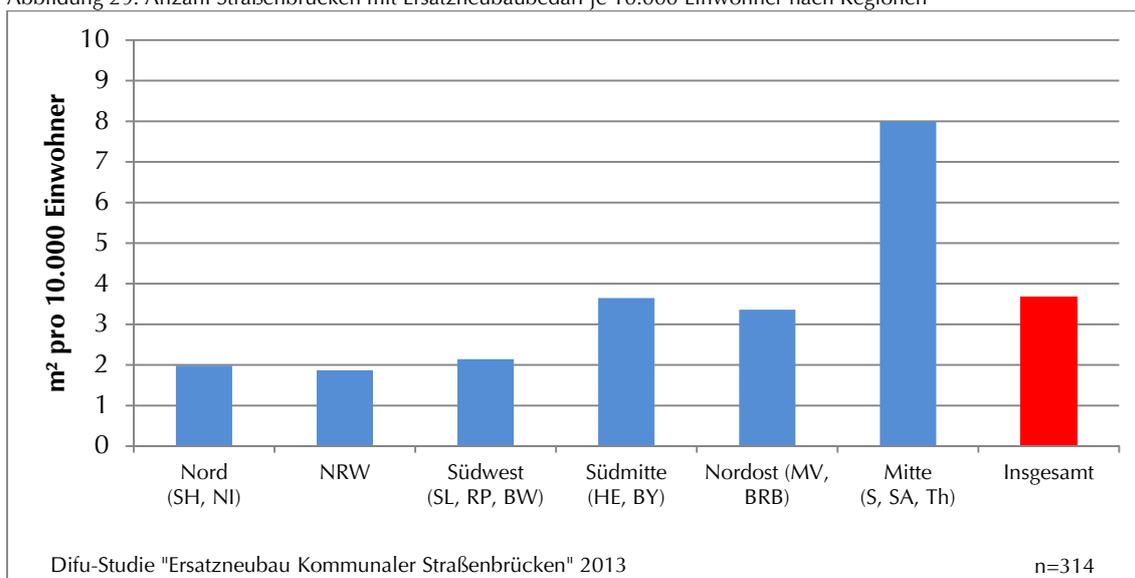
Abbildung 28: Anzahl Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf je 10.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen



Betrachtet man die mittlere Brückenzahl, für die bis 2030 Ersatzneubaubedarf besteht, bezogen auf 10.000 Einwohner, so ist diese spezifische („relative“) Beschreibungsgröße – wie auch die Brückenzahl pro Einwohner an sich – bei den kleinsten Gemeinden am höchsten und nimmt mit zunehmender Gemeindegröße ab (Mittelwerte GKL1: 9, GKL2: 3, GKL3: 2, GKL4: 0,7, Landkreise 3 pro 10.000 Einwohner) (s. Abbildung 28). Dieses Bild zeigt sich auch bei der Analyse der durchschnittlichen Brückenfläche mit Ersatzneubaubedarf pro 1.000 Einwohner (s. Abbildung 31).

Auch haben die neuen Bundesländer mehr Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro 10.000 Einwohner als die alten Bundesländer (Mittelwert 6 vs. 2,5). Wie oben schon erwähnt ist in den ostdeutschen Bundesländern in den vergangenen zwanzig Jahren überwiegend in Brücken im Bundes- oder Landesstraßennetz investiert worden. Der Investitionsrückstand bei kommunalen Straßenbrücken konnte nicht im gleichen Umfang abgebaut werden.

Abbildung 29: Anzahl Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf je 10.000 Einwohner nach Regionen



Doch nicht jede Brücke, die im Prinzip bis 2030 ersetzt werden müsste, wird auch tatsächlich von den Kommunen ersetzt. Unsere Umfrage ergab, dass nur etwas mehr als die Hälfte dieser prinzipiell ersatzneubaubedürftigen Brücken tatsächlich bis 2030 abgerissen und neugebaut werden sollen. Die Differenz zwischen den Brücken, die im Prinzip ersatzneubaubedürftig sind und denen, die tatsächlich abgerissen und neugebaut werden, steigt tendenziell mit zunehmender Gemeindegröße. Während bei den kleinsten Gemeinden nur 49 Prozent der Brücken mit Ersatzneubaubedarf neugebaut werden (in der zweiten GKL sind es sogar nur 44 Prozent), sind es bei den Städten/Gemeinden mit mehr als 50.000 Einwohnern immerhin 60 Prozent. Gerade die großen Städte/Gemeinden, in denen der Anteil Brücken mit Ersatzneubaubedarf relativ gering ist, beabsichtigen einen Großteil der baufälligen Brücken zu ersetzen. Dies könnte mit der größeren verkehrlichen Bedeutung dieser Brücken in Großstädten zusammen hängen. Bei den Landkreisen sind es sogar 61 Prozent, die ersatzneubaubedürftige Brücken tatsächlich abreißen und neu bauen werden.

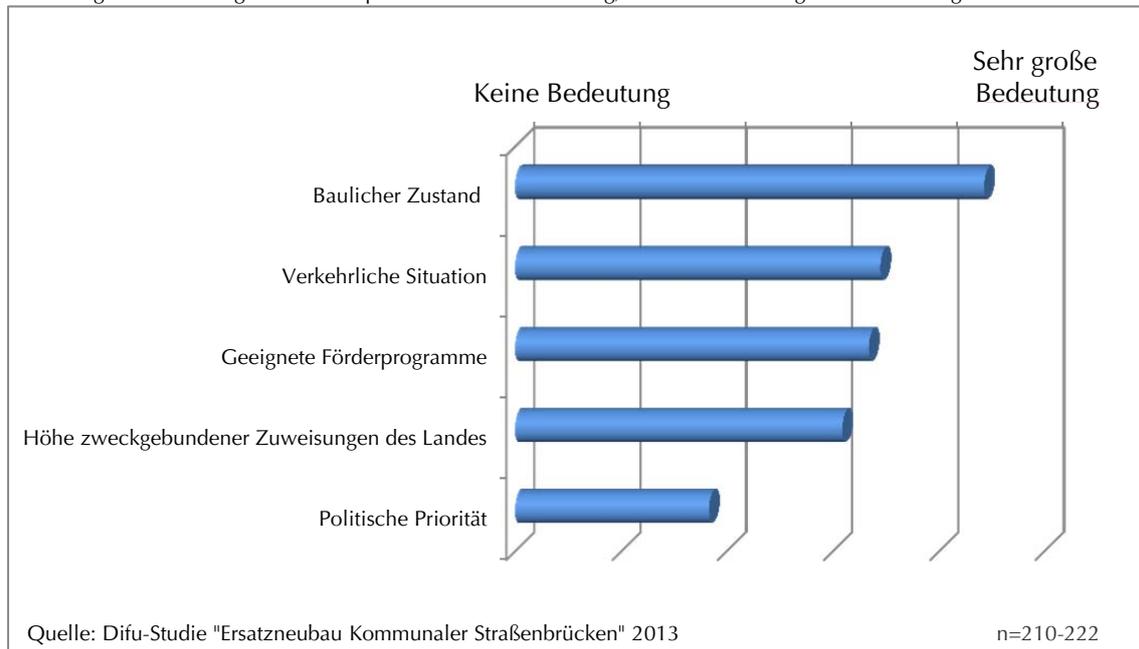
Diese Differenz schmälert nicht den Umfang und die Dringlichkeit des Ersatzneubaubedarfs. Offenbar sind nicht ausreichend Mittel vorhanden um den Investitionsrückstand abzubauen. Einschränkungen der Befahrbarkeit (z.B. Begrenzung der max. Traglast) oder gar totale Brückensperrungen können dabei die Folge von verschobenen Ersatzneubauten sein. Die Konsequenzen hängen von verschiedenen Faktoren wie nach Lagebedingungen (Vorhandensein von Alternativbrücken) und Brückenbedeutung ab. Umwegverkehre und (Über-)Belastung anderer Brücken können die Auswirkungen sein. So führte beispielsweise die Sperrung der Leverkusener Autobahnbrücke zu einer dreifachen Verkehrsbelastung der Mühlheimer Brücke in Köln.

Inwieweit Brücken besonders von Bundes- oder Landesstraßen in kommunaler Baulast von diesem aufgeschobenen Ersatzneubau betroffen sind, konnte in der Befragung nicht geklärt werden. Die Zusammenhangsprüfung zwischen den Ersatzneubaubridgen und der Verkehrsbedeutung nach Hauptverkehrsstraße und Nebenverkehrsstraße mit und ohne hohen Schwerverkehrsanteil ergab keine sinnvollen Korrelationen (s. auch Abbildung 38).

Auch wenn nur die Brücken betrachtet werden, die tatsächlich ersetzt werden sollen, bleiben die signifikanten Unterschiede bestehen, die für die Brücken mit „theoretischem“ Ersatzneubaubedarf identifiziert wurden. Der Anteil dieser Brücken in der GKL3 und in den neuen Bundesländern ist ebenfalls besonders hoch. Des Weiteren nimmt die Anzahl dieser Brücken pro Einwohner mit zunehmender Gemeindegröße ab und ist in Ostdeutschland höher als in Westdeutschland.

Im Fragebogen wurde auch nach der Bedeutung einzelner Aspekte gefragt, die bei der Entscheidung wichtig sind, ob eine Brücke tatsächlich abgerissen und neugebaut wird, wenn im Prinzip Ersatzneubaubedarf besteht. Mit Abstand wichtigste Bedeutung hat demnach vor allem der bauliche Zustand einer Straßenbrücke (s. Abbildung 30). Mit einigem Abstand spielen aber auch geeignete Förderprogramme, die Höhe zweckgebundener Zuweisungen des Landes und die verkehrliche Situation für diese Entscheidung größere Rolle.

Abbildung 30: Bedeutung einzelner Aspekte bei der Entscheidung, ob eine Brücke abgerissen und neugebaut werden soll



Fläche von Brücken mit Ersatzneubaubedarf

Ergebnisse kompakt

- Knapp 10 Prozent der Brückenflächen der kommunalen Straßenbrücken weisen Ersatzneubaubedarf auf
- Je kleiner die Kommunen, desto größer der Pro-Kopf-Flächenanteil der Brücken mit Ersatzneubaubedarf
- Überdurchschnittlicher hoher Anteil von kommunalen Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf in den neuen Bundesländern

Ähnlich wie der Brückenbestand ist auch der Ersatzneubaubedarf nach Gemeindegrößen und nach Region unterschiedlich groß. Die mittlerer Fläche pro Brücke mit Ersatzneu-

baubedarf steigt mit zunehmender Gemeindegröße (GKL1: 59 m², GKL2: 67 m², GKL3: 127 m², GKL4: 375 m², Landkreise: 148 m²). Zudem sind in Ostdeutschland diese Brücken kleiner als in Westdeutschland (109 m² vs. 206 m²). Vor allem in Mitte sind Flächen von Brücken mit Ersatzneubaubedarf mit durchschnittlich 94 m² besonders klein.

Zunächst soll der Anteil der Flächen von Brücken mit Ersatzneubaubedarf an der Gesamtfläche der kommunalen Brücken nach verschiedenen Faktoren untersucht werden: Der Anteil steigt mit zunehmender Gemeindegröße, ist aber bei den großen Städten mit mehr als 50.000 Einwohnern am niedrigsten (11 Prozent). Bei den Landkreisen liegt der Anteil bei 15 Prozent. Die absoluten Zahlen sind statistisch nicht sicher, da die Standardabweichung sehr hoch ist (Tabelle 7). Die Relationen zwischen den GKL sind jedoch belastbar.

Tabelle 7: Flächenanteile Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro Gemeindegrößenklasse

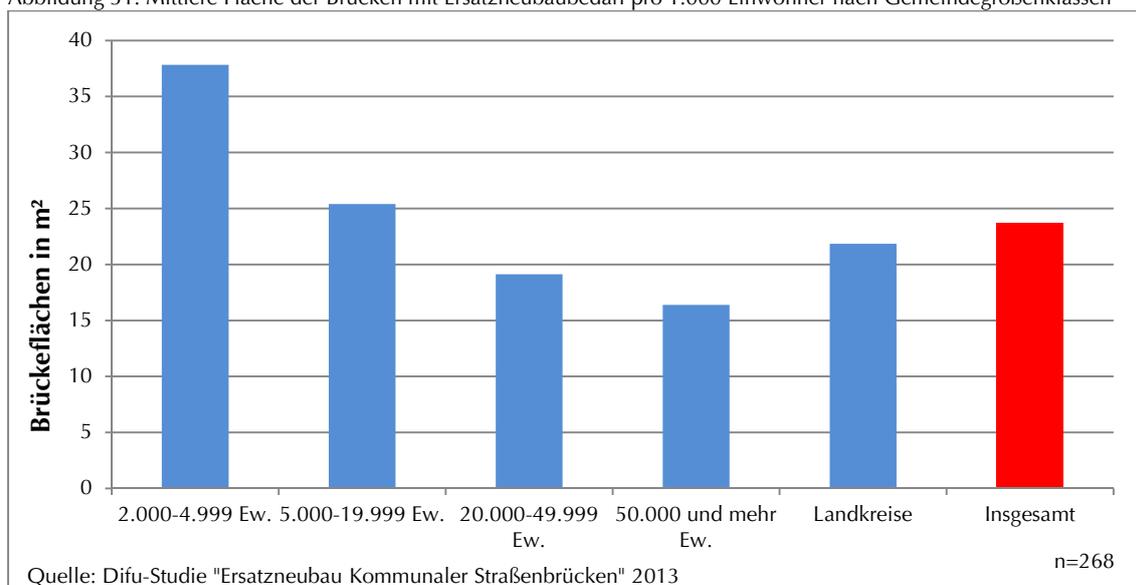
Gemeindegrößenklassen	Mittelwert in Prozent	n	Standardabweichung
2.000-4.999	17,3793	42	19,17528
5.000-19.999	19,4140	61	23,52271
20.000-49.999	25,3303	31	31,37694
50.000 und mehr	11,2147	53	8,74942
Landkreise	14,7677	67	16,79625
Insgesamt	16,8632	254	20,37453

Im Gesamtmittel liegt der Flächenanteil der kommunalen Straßenbrücken mit Ersatzneubau aber nur bei 10 Prozent (301.296 m² Fläche ENB-Brücken von 3.055.677 m² Gesamtfläche der in der Kommunalbefragung erfassten Brücken). Diese Differenz liegt daran, dass sehr viel weniger Antworter neben den Flächenangaben auch andere Angaben z.B. zur Einwohnerzahl gemacht haben. So gingen weniger Antworten in die GKL-bezogene Auswertung ein als für die Gesamtflächenauswertung. In die Hochrechnung ging der Gesamtflächenanteil von 10 Prozent ENB-Brücken ein.

Auch hinsichtlich der regionalen Lage gibt es Unterschiede. Der Anteil an Ersatzneubaufächen an der Gesamtfläche an Brücken unterscheidet sich deutlich zwischen ostdeutschen und westdeutschen Kommunen (21 Prozent versus 15 Prozent). Dies lässt sich durch den höheren Anteil von älteren Brücken und den höheren Anteil von schlechten Zustandsnoten in Ostdeutschland erklären.

Auch wenn die durchschnittlichen einwohnerbezogenen Flächen von Brücken mit Ersatzneubaubedarf verglichen werden, gibt es Unterschiede zwischen den Gemeindegrößen und der regionalen Lage. Sie nimmt mit zunehmender Gemeindegröße ab (GKL1: 38 m², GKL2: 25 m², GKL3: 19 m², GKL4: 16 m², Landkreise: 22 m² pro 1.000 Einwohner) (s. Abbildung 31).

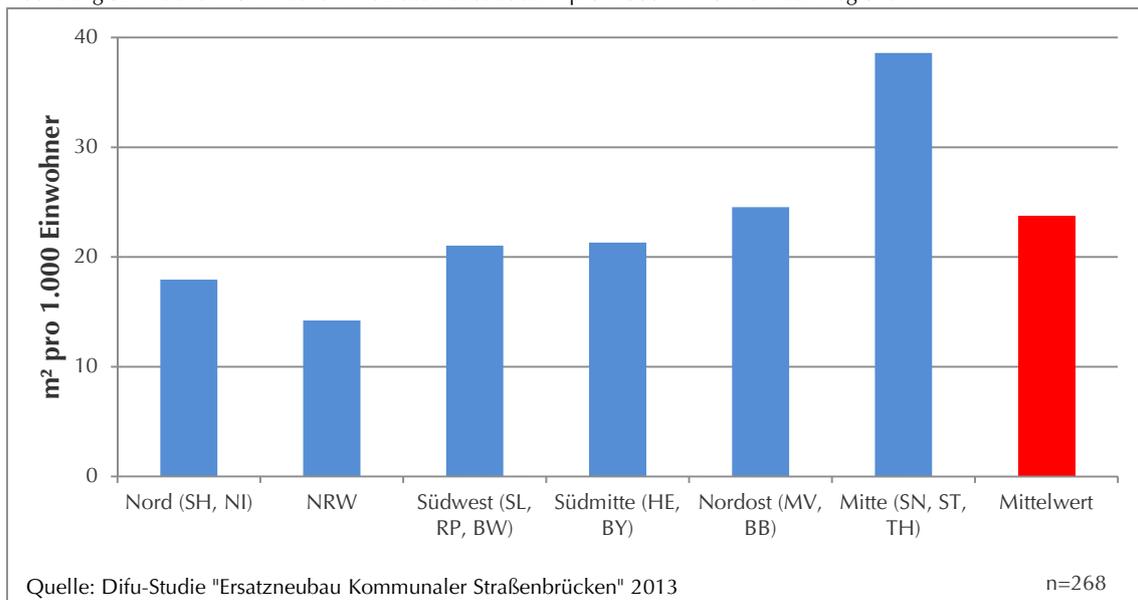
Abbildung 31: Mittlere Fläche der Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro 1.000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen



Bei beiden relativen Betrachtungen spielt Ersatzneubau bei den Städten mit mehr als 50.000 Einwohnern die geringste Rolle. Dies darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass absolut gesehen bei den Städten und Gemeinden mit mehr als 50.000 Einwohnern die Brückenfläche mit Ersatzneubaubedarf mit Abstand am höchsten ist. Die durchschnittliche Brückenfläche von Brücken mit Ersatzneubaubedarf in den neuen Bundesländern pro 1.000 Einwohner übertrifft die in den alten Bundesländern (33 m² vs. 19 m²) (s. Abbildung 32). Ersatzneubau scheint also in den neuen Bundesländern relativ zur Einwohnerzahl und zur Gesamtbrückenfläche eine erheblich wichtigere Rolle zu spielen – besonders in Mitte – als in den alten Bundesländern.

Der Nachholbedarf bei Straßen- und Straßenbrücken-Investitionen vor allem in den ostdeutschen Bundesländern ist auch das Ergebnis einer früheren Difu-Studie (Reidenbach u.a. 2008). Es kann davon ausgegangen werden, dass in Ostdeutschland in den vergangenen zwanzig Jahren überwiegend im Bundes- oder Landesstraßennetz investiert wurde. Im umfangreichen Gemeindestraßennetz, gerade abseits der Hauptverkehrswege, konnte der große Investitionsrückstand nicht im gleichen Umfang reduziert werden. Neben der Instandhaltung, die auch in Westdeutschland anfällt, sind in Ostdeutschland zusätzliche Maßnahmen von noch nicht oder qualitativ minderwertig sanierten Straßen und Straßenbrücken zu finanzieren.

Abbildung 32: Flächen von Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro 1.000 Einwohner nach Regionen



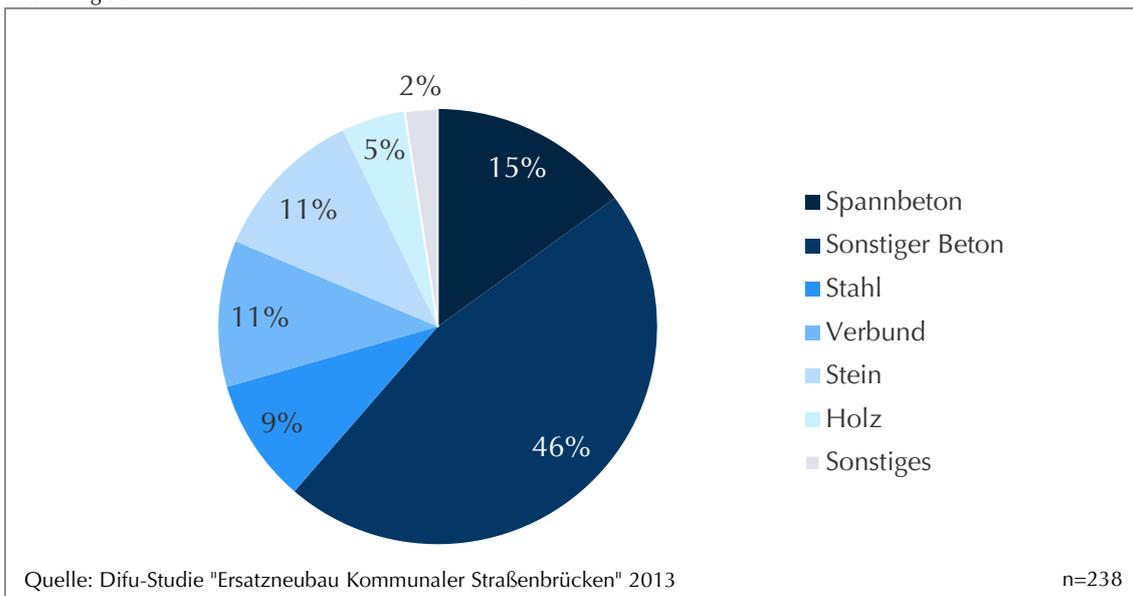
Material, Baujahr, Zustandsnoten von Brücken mit Ersatzneubaubedarf

Ergebnisse kompakt

- Etwa zwei Drittel der Ersatzneubau-Brücken bestehen aus Stahlbeton oder Spannbeton, überproportionaler Anteil bei Verbund- und bei den Steinbrücken
- Anteil der ersatzneubaufälligen Brücken ist bei den älteren Brücken höher als bei den neueren
- 60 Prozent der Brücken mit Ersatzneubaubedarf weisen eine Zustandsnote schlechter 3,0 auf

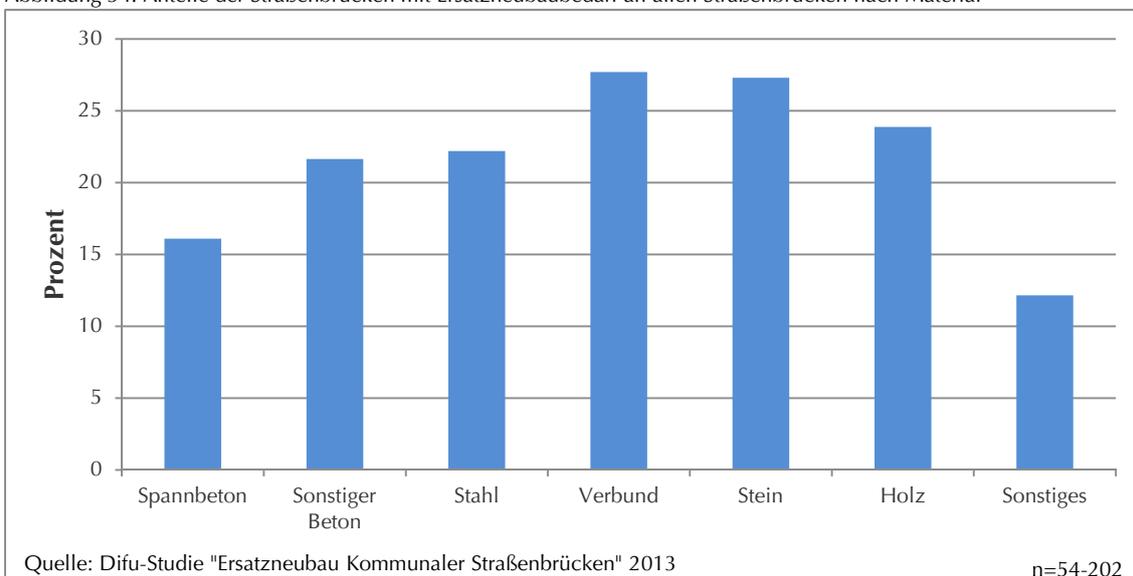
Knapp die Hälfte der Brücken mit Ersatzneubaubedarf besteht aus „sonstigem Beton“ (Stahlbeton und reine Betonbrücken), ein Fünftel aus Spannbeton (s. Abbildung 33). Damit haben die Betonbrücken einen etwas geringeren Anteil beim Ersatzneubaubedarf als ihr Anteil bei den Brücken insgesamt (70 Prozent, s. Abbildung 21).

Abbildung 33: Brücken mit Ersatzneubaubedarf nach Material



Um direkt zu überprüfen, ob Ersatzneubaubedarf mit dem Material einer Brücke zusammenhängt, wurde jeweils untersucht, welchen Anteil die Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Straßenbrücken des gleichen Materials in der Stichprobe haben (s. Abbildung 34). Besonders hoch ist der Anteil des Ersatzneubaubedarfs bei den Verbund- und bei den Steinbrücken. Geringer ist der Anteil von Brücken mit Ersatzneubaubedarf bei den Spannbeton- und den Betonbrücken, da diese Brücken vermutlich insgesamt jünger sind, als Brücken aus anderen Baumaterialien.

Abbildung 34: Anteile der Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Straßenbrücken nach Material

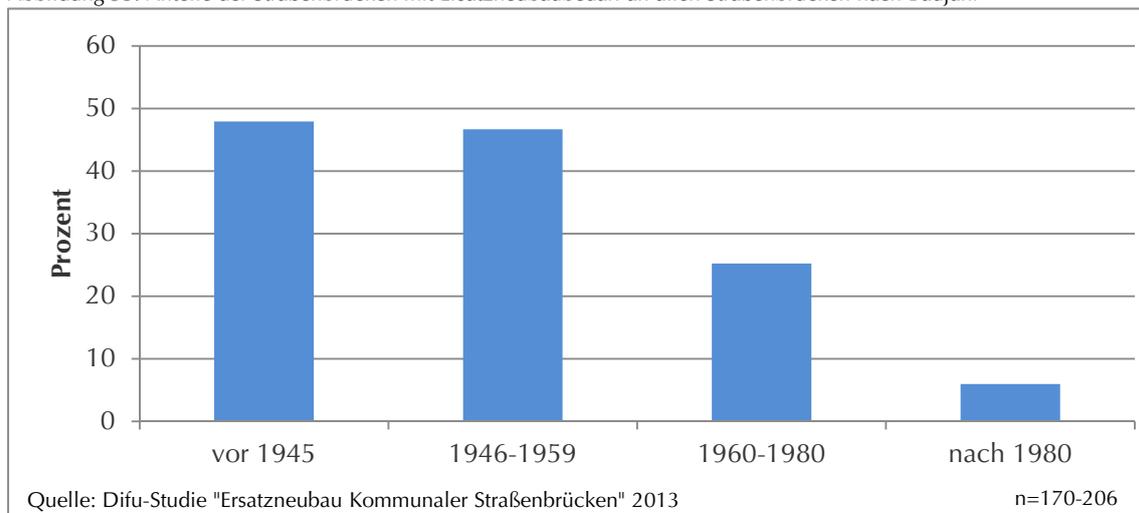


Die Probleme bei den Stahlverbundbrücken sind vermutlich u.a. auf die in den 1960er bis 1980er angewendete Materialsparverfahren zurückzuführen (Naumann 2011, S 7).

Bei dieser Analyse darf jedoch nicht vernachlässigt werden, dass das Baujahr einer Brücke stark beeinflusst, ob sie ersetzt werden muss oder nicht. So sind z.B. Steinbrücken deutlich älter, wohingegen Spannbetonbrücken und Brücken aus „sonstigem Beton“ deutlich später gebaut wurden (s. oben).

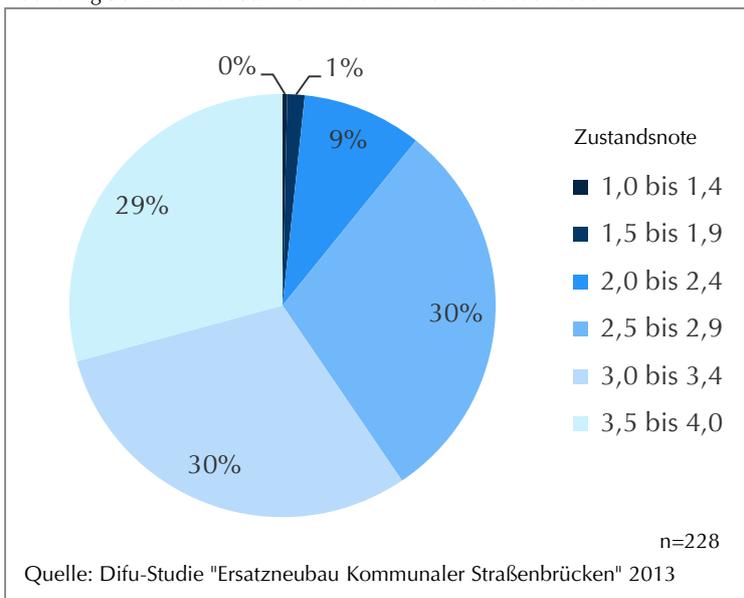
Die Ergebnisse zeigen: Während gut ein Drittel der ersatzneubaufälligen Brücken vor 1945 gebaut wurden, sind nur 8 Prozent nach 1980 gebaut worden. Auch der Anteil der ersatzneubaufälligen Brücken ist bei den älteren Brücken höher als bei den neueren (s. Abbildung 35). Innerhalb der Altersklassen liegt der Anteil der Brücken mit Ersatzneubaubedarf bei den ältesten, vor 1945 gebauten Brücken bei 42 Prozent und bei den nach 1980 gebauten immerhin schon bei 5 Prozent.

Abbildung 35: Anteile der Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Straßenbrücken nach Baujahr



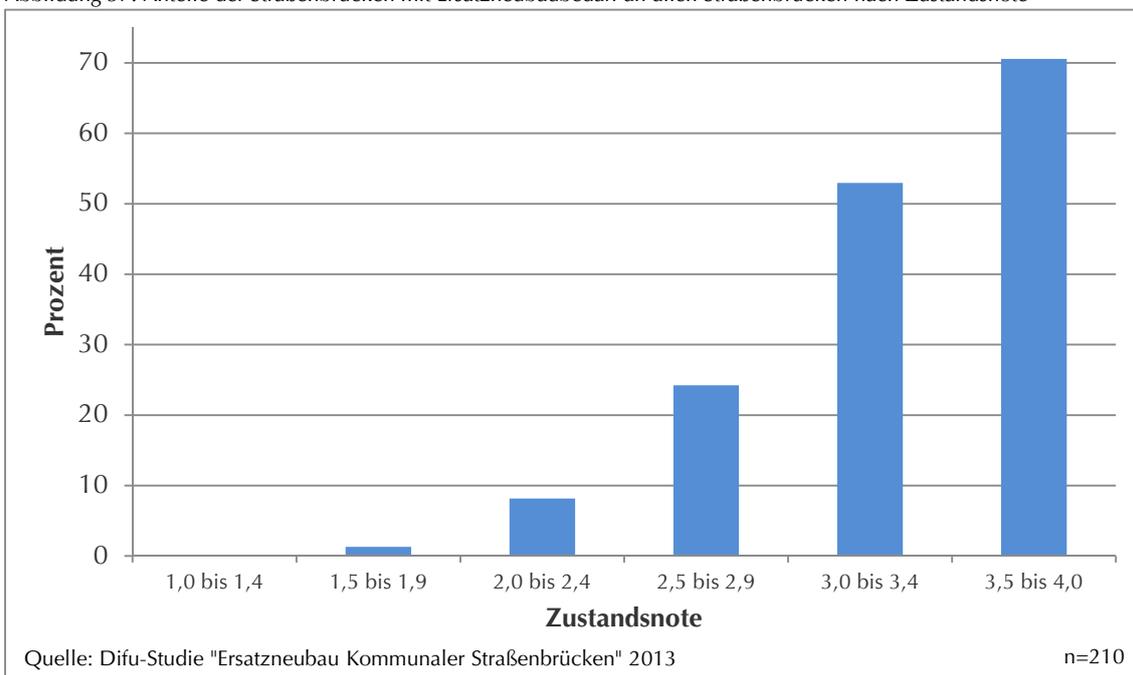
Knapp 90 Prozent der Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf haben erwartungsgemäß Zustandsnoten von 2,5 und schlechter. 60 Prozent sind mit einer Zustandsnote schlechter 3,0 bewertet (s. Abbildung 36). Selbst bei 10 Prozent der Brücken mit Zustandsnoten besser als 2,5 besteht bereits Ersatzbedarf.

Abbildung 36: Zustandsnoten von Brücken mit Ersatzneubaubedarf



Nicht überraschend ist, dass der Anteil an ersatzneubaufälligen Brücken an allen Brücken einer bestimmten Zustandsklasse mit schlechten Zustandsnoten deutlich ansteigt und in der schlechtesten Zustandsklasse 70 Prozent beträgt (s. Abbildung 37).

Abbildung 37: Anteile der Straßenbrücken mit Ersatzneubaubedarf an allen Straßenbrücken nach Zustandsnote



Die Kommunen sind auch danach befragt worden, welche Rolle Teil-Ersatzneubau im Vergleich zu vollständigem Ersatzneubau von kommunalen Straßenbrücken in ihrer Kommune spielen würde. Knapp ein Viertel war der Meinung, er spiele eine ähnlich große Rolle, 17 Prozent wiesen ihm eine untergeordnete Rolle zu, 12 Prozent eine übergeordnete. 7 Prozent waren der Meinung, er spiele keine Rolle.

Vertiefende Angaben für Brücken mit Ersatzneubaubedarf

Ergebnisse kompakt

- Grundsätzlich Bestätigung der vorhergehenden Erkenntnisse
- Unterproportional wenige Spannbetonbrücken mit Ersatzneubaubedarf (16 Prozent) in kommunaler Baulast; lässt sich auf geringere Anzahl dieses Typs bei Brücken in Gemeinden (16 Prozent) zurückführen
- Ersatzneubaubrücken sind eher ältere Brücken, kleinere, weniger tragfähige Brücken
- Alle üblichen Schadensarten sind gleichermaßen als Ursache für notwendige Ersatzneubauten vertreten

Im vertiefenden Teil des Fragebogens wurden detaillierte Daten zu 476 Brücken mit Ersatzneubaubedarf erhoben (s. Tabelle 6 und Kap. 4.3). Die Angaben zeigen, dass die Spannbetonbrücken mit Ersatzneubaubedarf im Durchschnitt jünger sind als die Brücken aus anderer Baumaterialien. So wurden sie im Durchschnitt Anfang der 60er gebaut, während die Betonbrücken im Mittel eher Ende der 40er Jahre gebaut wurden und die Steinbrücken Anfang des 20. Jahrhunderts. Naumann (2011) hat in seiner Studie zu Brücken auf Bundesfernstraßen darauf verwiesen, dass Spannbetonbrücken aus der Anfangszeit – aufgrund der damals neuen Bauweise – typische Mängel aufweisen. Damals wurde laut Naumann (2011) im Vergleich zu heutigen technischen Regelwerken deutlich weniger Vorspannung und weniger Betonstahlbewehrung eingebaut.

Im vertiefenden Teil des Fragebogens sind jedoch nur 18 Prozent der Brücken mit Ersatzneubaubedarf, über die berichtet wurde, Spannbetonbrücken – obwohl im Fragebogen darauf aufmerksam gemacht wurde, dass sich unter den von der Kommune zur Beschreibung ausgewählten Brücken auch mindestens eine Spannbetonbrücke befinden sollte. Andererseits ist dies auch nicht verwunderlich, da nur 16 Prozent der kommunalen Brücken aus Spannbeton bestehen. Viele kleine Gemeinden haben außerdem keine Spannbetonbrücken.

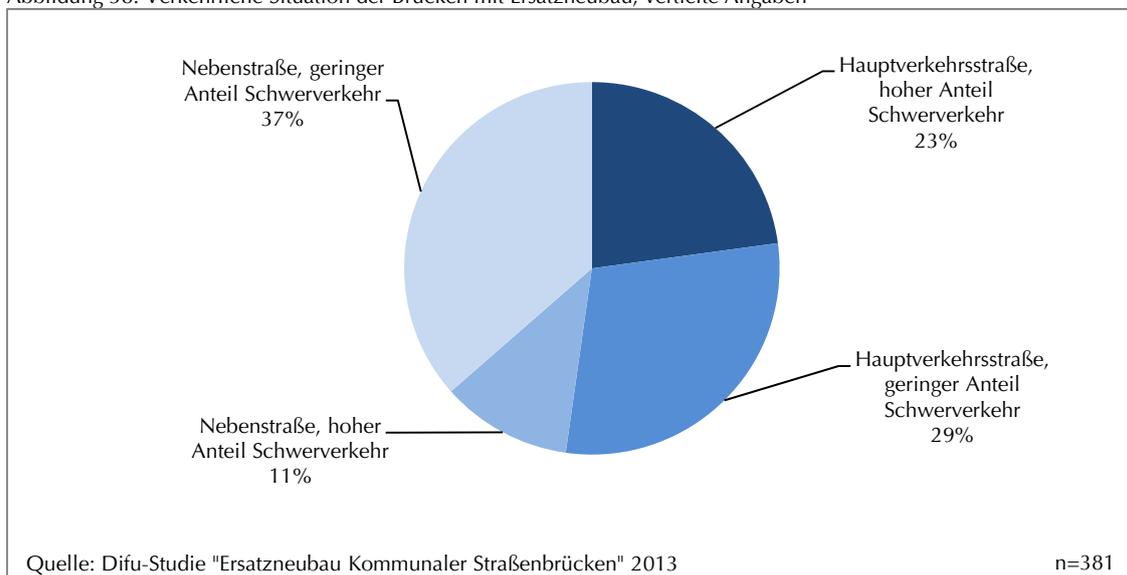
Ein großer Teil (47 Prozent) der ausgewählten Brücken mit Ersatzneubaubedarf besteht aus „sonstigem Beton“ (kein Spannbeton), einige aus Stein (12 Prozent), Verbundmaterial (10 Prozent) und Stahl (7 Prozent).

Jeweils rund ein Drittel der beschriebenen Brücken mit Ersatzneubaubedarf wurden vor 1945, zwischen 1945 und 1960 und zwischen 1969 und 1980 gebaut, nur knapp 5 Prozent nach 1980. Im Durchschnitt haben die beschriebenen Brücken eine Fläche von 248 m², wobei der Median bei 75 m² Fläche liegt – es wurden also sehr viele kleine Brücken mit Ersatzneubaubedarf angegeben. Die durchschnittliche Brückenlänge beträgt 27 m mit einem Median von 12 m Länge. Die durchschnittliche Brückenlänge von Brücken mit Ersatzneubaubedarf steigt mit zunehmender Gemeindegröße (GKL1: 10 m, GKL2: 16 m, GKL3: 17 m, GKL4: 49 m, Landkreise: 27 m). Auch sind die ersatzneubaubedürftigen Brücken in Westdeutschland länger als in Ostdeutschland (32 m vs. 18 m). Vor allem in NRW sind diese Brücken mit 49 m besonders lang, dort gibt es aber auch besonders viele große Städte mit mehr als 50.000 Einwohnern.

Die durchschnittliche Zustandsnote der Brücken mit Ersatzneubaubedarf, die detailliert beschrieben wurden, beträgt 3,3 mit einem Median von 3. 36 Prozent der Brücken hatten Zustandsnote 4.

Auch die verkehrliche Situation beeinflusst den Ersatzneubaubedarf einer Brücke. Der größte Teil der Brücken mit Ersatzneubau (52 Prozent) liegt an Hauptverkehrsstraßen (s. Abbildung 38).

Abbildung 38: Verkehrliche Situation der Brücken mit Ersatzneubau, vertiefte Angaben

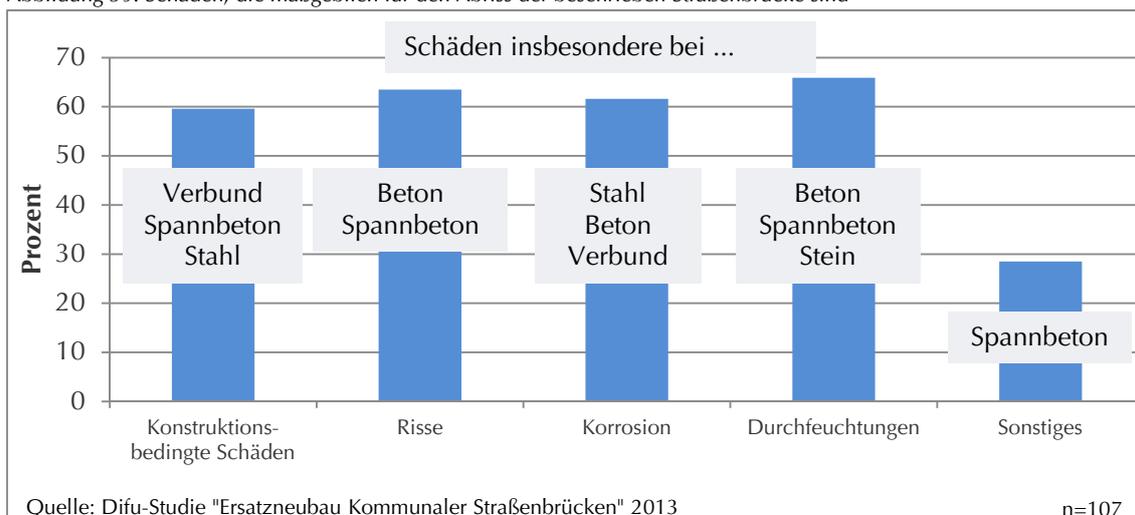


Im Zusammenhang mit der verkehrlichen Situation ist auch die Brückenklasse relevant. Ein Viertel der Brücken mit Ersatzneubaubedarf, die im vertiefenden Fragebogenteil von den Kommunen beschrieben wurden, gehört Brückenklasse 30 an. Jeweils ungefähr ein Fünftel gehört zu den Brückenklassen 60, 60/30 bzw. 30/30²¹.

Im vertiefenden Teil des Fragebogens sind die Kommunen auch danach befragt worden, welche Schäden maßgeblich für den Abriss der Straßenbrücke seien. Die angegebenen Schäden sind in etwa gleich verteilt (s. Abbildung 39).

²¹ Die höchste Brückenklasse ist 60/30, d. h. neben gleichmäßig verteilten Flächenlasten ist auf der Hauptspur ein Schwerlastwagen von 60 t Gesamtlast und auf der Nebenspur einer von 30 t Gesamtlast anzusetzen.

Abbildung 39: Schäden, die maßgeblich für den Abriss der beschriebenen Straßenbrücke sind



Angemerkt sein hier, dass es neben Schäden auch andere Gründe für einen notwendigen Ersatzneubau geben kann. So kann auch die fehlende Traglastfähigkeit bei zunehmenden Verkehrsaufkommen (vor allem Schwerverkehr) einen Ersatzneubaubedarf darstellen.

In Abhängigkeit vom Material der Brücken können unterschiedliche Schadenstypen festgestellt werden. Bei den Steinbrücken spielen Durchfeuchtungen die wichtigste Rolle (s. Tabelle 8). Bei den Verbund- und den Stahlbrücken sind es die Korrosionen. Bei den Spannbrücken und den Brücken aus „sonstigem Beton“ spielen Risse und daraus resultierende Folgeschäden eine etwas größere Rolle als die anderen Schadenstypen (s. Kap 2.3 und Tabelle 8).

Tabelle 8: Für den Abriss maßgebliche Schäden nach Material (Mehrfachnennungen)

Schäden		Material							Gesamt
		Spannbeton	Sonstiger Beton	Stahl	Verbund	Stein	Holz	Sonstiges	
Konstruktionsbedingte Schäden*	Anzahl	20	37	10	13	6	1	0	96
	%	62,5 %	48,1 %	62,5 %	68,4 %	37,5 %	100 %	81,8 %	
Risse	Anzahl	20	56	6	8	6	0	9	105
	%	62,5 %	72,7 %	37,5 %	42,1 %	37,5 %	0%	81,8 %	
Korrosion	Anzahl	17	55	15	13	1	0	9	110
	%	53,1 %	71,4 %	93,8 %	68,4 %	6,3 %	0 %	81,8 %	
Durchfeuchtungen	Anzahl	19	55	8	11	9	1	8	111
	%	59,4 %	71,4 %	50,0 %	57,9 %	56,3 %	100 %	72,7 %	
Sonstiges	Anzahl	15	15	4	5	6	0	5	50
	%	46,9 %	19,5 %	25,0 %	26,3 %	37,5 %	0 %	45,5 %	
Gesamt	Anzahl	32	77	16	19	16	1	11	172

* Konstruktionsbedingte Schäden sind vor allem Schäden bei frühen Brückenkonstruktionen, bei denen Erfahrungswerte für ausgereifte Konstruktionen fehlten. Das trifft z.B. auf die frühen Spannbetonbrücken zu, bei denen der Aushärtungsgrad, die Menge an Bewehrungsstäben und die Vorspannung teilweise nicht ausreichend waren für eine Dauerfestigkeit.

Die Verteilung der einzelnen Schadenstypen pro Altersklasse ist sehr ähnlich. Durchfeuchtungen kommen dabei bei Brücken mit Baujahr vor 1945 etwas häufiger vor als in den anderen Baujahresintervallen (37 Prozent vor 1945, 27 Prozent zwischen 1945 und 1960, 32 Prozent zwischen 1960 und 1980, 4 Prozent nach 1980). Dies dürfte damit zusammenhängen, dass vor 1945 viele Steinbrücken gebaut wurden, bei denen Durchfeuchtungen mit eine der häufigsten Schadensursachen ist.

Auch sind die Kommunen im Fragebogen dazu befragt worden, ob sie die zu ersetzende Brücke mit dem gleichen oder mit anderem Material ersetzen möchten. Im Ergebnis werden 61 Prozent der Kommunen die zu ersetzende Brücke aus dem gleichen Material herstellen, 39 Prozent aus einem anderen Material. Vor allem Brücken aus Spannbeton und aus „sonstigem Beton“ sollen zu einem Großteil durch das gleiche Material ersetzt werden (85 Prozent bzw. 80 Prozent). Bei den Materialsorten Stahl und Verbund sind es 45 Prozent bzw. 33 Prozent. Stein und Holzbrücken werden dagegen zu einem Großteil durch anderes Material ersetzt (95 Prozent bzw. 80 Prozent).

Investitionen in Ersatzneubau

Ergebnisse kompakt

- Hohe Investitionsbelastung für Ersatzneubau von kommunalen Straßenbrücken bei kleineren Gemeinden
- Differenz zwischen geplanten und getätigten Investitionen
- In den neuen Bundesländern und in NRW übersteigen die geplanten Investitionen deutlich die zuletzt getätigten

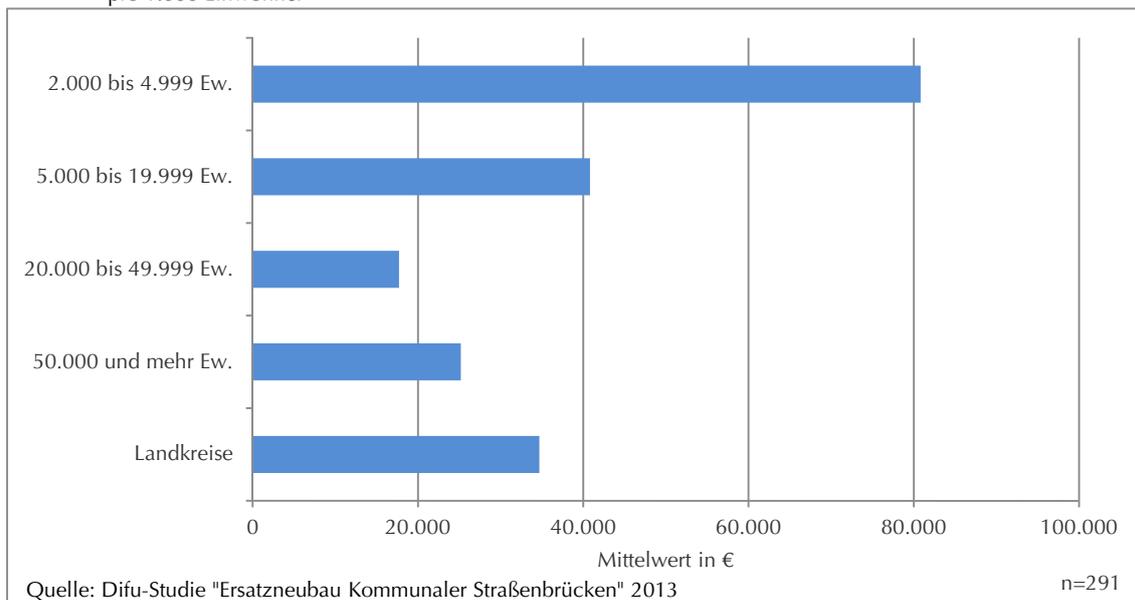
Die Kommunen sind im allgemeinen Teil des Fragebogens danach gefragt worden, wie hoch ihre geplanten Investitionen für Ersatzneubau von kommunalen Straßenbrücken in der mittelfristigen Finanzplanung²² in der Summe sind. Pro 1.000 Einwohner sind dies durchschnittlich 40.164 Euro.²³ Knapp 40 Prozent der Kommunen haben mittelfristig keine Investitionen für Ersatzneubau geplant. Betrachtet man nur die Kommunen, die in Ersatzneubau investieren werden, so liegen deren durchschnittliche Planungen bei 66.407 Euro pro 1.000 Einwohner, Median bei 24.793 Euro.

Die geplanten Investitionen pro Einwohner unterscheiden sich stark zwischen den Gemeindegrößen, sie nehmen tendenziell mit zunehmender Größe ab (s. Abbildung 40), da die Einwohnerzahl exponentiell zunimmt. D.h. es gibt wenige Kommunen, die stark überdurchschnittlich investieren.

22 Die mittelfristige Finanzplanung bezieht sich auf einen Zeitraum von 5 Jahren (laufendes Haushaltsjahr, Jahr des nächsten Haushaltsjahres plus 3 Folgejahre). Hinweis: Die Angaben in der mittelfristigen Finanzplanung bilden nur die realistischen Möglichkeiten ab. Der tatsächliche Bedarf ist in der Regel deutlich höher.

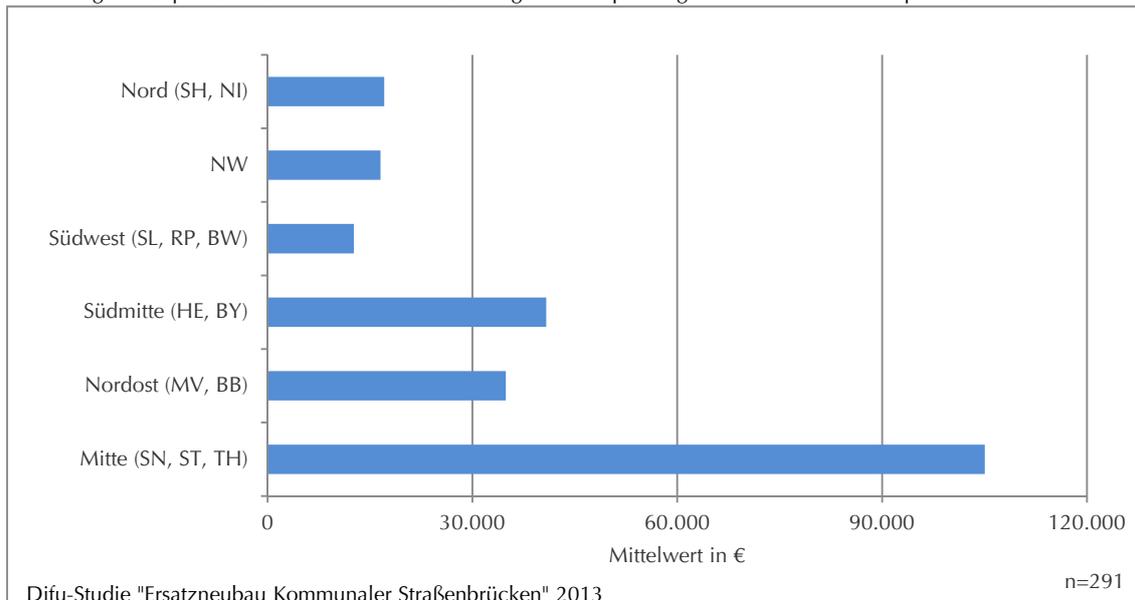
23 Hinweis: Auf der Grundlage des arithmetischen Mittelwerts sind aufgrund der nicht normalverteilten Größen keine statistisch abgesicherten Hochrechnungen möglich! Er dient hier dazu die Spannweite der Werte der verschiedenen Klassen-Mittelwerte darzustellen. Für eine Hochrechnung müssten Gewichtungen nach der Zahl der Gemeinden und nach Größenklassen erfolgen. Außerdem entsprechen die Angaben zu den Investitionen in der mittelfristigen Finanzplanung nur den realistisch machbar erscheinenden Investitionsmitteln und nicht dem tatsächlichen Investitionsbedarf. In der Studie wurde ein anderes Hochrechnungsverfahren entwickelt wie in Kap. 5 dargestellt.

Abbildung 40: Geplante Investitionen in der mittelfristigen Finanzplanung in Ersatzneubau nach Gemeindegrößenklasse pro 1.000 Einwohner



Die geplanten Investitionen pro 1.000 Einwohner fallen in Ostdeutschland deutlich höher aus als in Westdeutschland (76.000 Euro pro 1.000 Einwohner vs. 23.000 Euro pro 1.000 Einwohner). Dies spiegelt die vorherigen Ergebnisse wider, nach denen der Ersatzneubaubedarf in den neuen Bundesländern eine größere Rolle spielt als in den alten. Die geplanten Investitionen pro 1.000 Einwohner sind mit Abstand in der Region Mitte am höchsten (s. Abbildung 41). In Mitte gibt es pro Kopf auch die meisten Brücken mit den schlechtesten Zustandsnoten.

Abbildung 41: Geplante Investitionen in der mittelfristigen Finanzplanung in Ersatzneubaubedarf pro 1.000 Einwohner



Die Betrachtung der geplanten Investitionen pro Einwohner darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die durchschnittlich absoluten Investitionen aufgrund der Vielzahl an

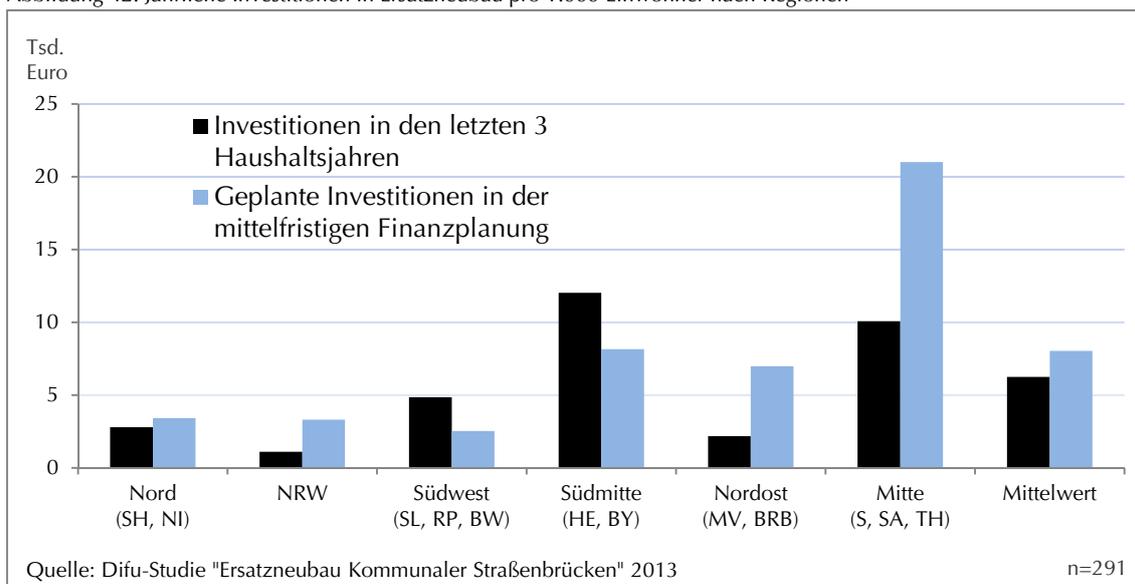
Brücken mit zunehmender Gemeindegröße steigen und regional betrachtet in NRW am höchsten sind. Dort gibt es Großstädte, deren geplante Investitionen absolut bei 20 Mio. Euro und mehr liegen.

Im Fragebogen wurden die Kommunen auch danach befragt, wie viel sie in der Summe in den letzten Haushaltsjahren 2010-2012 in Ersatzneubau investiert haben. Im Durchschnitt waren das in der Summe 18.764 Euro pro 1.000 Einwohner. Die Hälfte der Kommunen hat dabei gar nicht in Ersatzneubau investiert. Betrachtet man nur die Kommunen, die investiert haben, lag der Durchschnitt pro 1.000 Einwohner bei 41.392 Euro, der Median bei 11.020 Euro. Wieder nehmen die Investitionen der letzten drei Haushaltsjahre pro 1.000 Einwohner mit zunehmender Gemeindegröße ab und sind in Ostdeutschland höher als in Westdeutschland. Allerdings sind sie in Südmitte am höchsten, danach folgt erst Mitte. Auch hier muss wieder berücksichtigt werden, dass das Bild anders ausfällt, wenn die absoluten Investitionen betrachtet werden.

Vergleicht man die bisher getätigten Investitionen und die geplanten Investitionen pro Einwohner und pro Jahr miteinander, so werden Diskrepanzen deutlich, die auf einen deutlichen Nachholbedarf hinweisen. Dieser ist bei den kleinen Gemeinden mit 2.000 bis 5.000 Einwohnern besonders hoch. Die geplanten Investitionen liegen jährlich fast doppelt so hoch wie die bisher jährlich getätigten. Zwar wurde in der kleinsten Gemeindegröße schon relativ viel in den Ersatzneubaubedarf investiert, doch scheinen die Investitionen nicht ausgereicht zu haben um dem hohen Ersatzneubaubedarf zu befriedigen. Im Gegensatz dazu liegen die geplanten Investitionen bei den Gemeinden mit 20.000 bis 50.000 Einwohnern und auch bei den Landkreisen niedriger als bei bisher getätigten.

Unterschiede gibt es auch zwischen den Regionen. Dabei ist die Diskrepanz (Differenz zwischen geplanten und getätigten Investitionen als Anteil der getätigten Investitionen) in der Region Nordost am stärksten. Hier scheint der Nachholbedarf besonders hoch zu sein: In den letzten Jahren wurde wohl aufgrund der Haushaltslage der Kommunen sehr wenig investiert, obwohl viele alte Brücken in schlechten Zuständen vorhanden sind. Auch in NRW und Mitte sind die Diskrepanzen sehr hoch. Zwar wurde in Mitte in den letzten Jahren schon viel investiert, doch dies hat anscheinend nicht ausgereicht. In Südwest und Südmitte wurde bisher jährlich mehr investiert als mittelfristig geplant ist (s. Abbildung 42). Die hohen getätigten Investitionen dürften Abbild der relativ guten finanziellen Lage dieser Regionen sein. U.U. konnte dadurch ein großer Teil des erforderlichen Investitionsbedarfes kontinuierlich gedeckt werden. Vor allem in Südwest spielt auch laut den anderen Angaben im Fragebogen Ersatzneubau im Vergleich zu den anderen Regionen eine relativ geringe Rolle.

Abbildung 42: Jährliche Investitionen in Ersatzneubau pro 1.000 Einwohner nach Regionen



Die Kommunen sind auch danach befragt worden, wie hoch sie die Investitionen einschätzen, um dem Ersatzneubaubedarf von kommunalen Straßenbrücken bis 2030 nachzukommen. Diese Frage haben nur 140 Kommunen beantwortet. Zudem gaben 25 Prozent der auf diese Fragen antwortenden Kommunen einen Wert von Null an. Der Mittelwert pro 1.000 Einwohner liegt bei knapp 8.000. Euro.

Die Einschätzungen des Ersatzneubaubedarfs pro Einwohner nehmen mit steigender Gemeindegrößenklasse ab, sind in den neuen Bundesländern mehr als doppelt so hoch als in den alten und in Mitte mit Abstand am höchsten.

Im Durchschnitt kosten die von den Kommunen identifizierten Brücken mit Ersatzneubaubedarf pro m² rund 6.000 Euro.

Vertiefender Fragebogenteil: Angaben zu Investitionen in bestimmte Brücken mit Ersatzneubaubedarf

Ergebnisse kompakt

- Investitionen für den Ersatzneubau von kommunalen Straßenbrücken durchschnittlich 4.184 €/m²
- Kosten steigen tendenziell mit zunehmender Gemeindegröße und sind in Ostdeutschland höher als in Westdeutschland
- Durchschnittlichen Ausgaben für die Bauwerkserhaltung liegen bei rund 34 €/m²; tendenziell sinken sie mit zunehmender Gemeindegröße

Auch im vertiefenden Teil des Fragebogens haben die Kommunen angegeben, wie hoch die Investitionen für Ersatzneubau für die detailliert beschriebene Straßenbrücke ausfallen. Pro m² Brücke sind das durchschnittlich 4.184 Euro, und damit weniger als die im allgemeinen Teil des Fragebogens veranschlagten 6.000 Euro. Da im vertieften Befra-

gungsteil die Kostenangaben mit weiteren Merkmalen wie Flächen und Material verknüpft werden können, wurde diese Größe als Grundlage für die Hochrechnung des Ersatzneubaubedarfs verwendet (s. Kap. 1).

Im vertieften Befragungsteil wurde diese Frage für 351 Brücken beantwortet. Im allgemeinen Teil haben nur 104 Kommunen diese Frage beantwortet – aber bezogen auf alle Brücken mit Ersatzneubaubedarf in ihrer Kommune. Es ist anzunehmen, dass die Werte im vertieften Teil aufgrund einer fundierteren Basis gemacht wurden, während wahrscheinlich im allgemeinen Teil eher zu überschlägigen Schätzungen tendiert wurde. Dennoch sind die Angaben im vertieften Fragebogenteil nur für eine Auswahl an Brücken belastbar. Sie bestätigen allerdings die Größenordnungen aus dem allgemeinen Teil.

Würden die Kommunen die im vertiefenden Teil des Fragebogens erfassten Brücken bis 2030 nicht ersetzen, sondern nur instand halten, kämen auf sie – laut Angaben der Kommunen – Kosten in Höhe von 2.900 Euro pro m² zu. Damit liegen die Instandhaltungskosten bis 2030 bei rund der Hälfte der Ersatzneubaukosten. Sie steigen tendenziell mit zunehmender Gemeindegröße und sind in Ostdeutschland höher als in Westdeutschland. Die Instandhaltung ist im Betrachtungszeitraum damit offensichtlich günstiger als der Ersatzneubau. Damit verbessert sich der Zustand einer Brücke allerdings nicht grundlegend und Ersatzneubau ist absehbar so oder so fällig. Teilweise reicht Instandsetzung auch nicht aus, um die Verkehrstüchtigkeit der Brücke in Bezug auf zukünftige Anforderungen (z.B. Schwerverkehr) sicherzustellen.

Die durchschnittlichen Ausgaben für die Bauwerkserhaltung der detailliert beschriebenen Straßenbrücken im letzten Haushaltsjahr liegen bei nur rund 34 Euro pro m². Tendenziell sinken sie mit zunehmender Gemeindegröße.

4.4.3 Fazit

Fast die Hälfte der kommunalen Brücken ist in schlechten baulichen Zustand. Besonders häufig sind solche Brücken in den neuen Bundesländern und bei den kleinen Gemeinden zu finden.

Die Brückendichte pro Einwohner nimmt mit sinkender Gemeindegröße zu. Auch die Brückenzahl mit Ersatzneubaubedarf pro Einwohner steigt zahlen- und flächenmäßig mit sinkender Gemeindegröße. Damit ist eine größere Belastung von kleineren Gemeinden beim Ersatzneubau kommunaler Straßenbrücken zu konstatieren. Absolut gesehen haben allerdings die größeren Städte (50.000 Einwohner und mehr) einerseits mehr Brücken und andererseits sind deren ersatzbedürftigen Brücken häufiger große Brücken mit höherer Verkehrslast. Insgesamt weisen ca. 15 Prozent der kommunalen Straßenbrücken Ersatzneubaubedarf auf. Der Nachholbedarf bei Straßen- und Straßenbrücken-Investitionen ist vor allem in den ostdeutschen Bundesländern (NBL) vorhanden, was auch durch Ergebnisse einer früheren Difu-Studie (Reidenbach u.a. 2008) bestätigt wurde. Zwar gab es spezielle Investitionsprogramme für die Infrastruktur in den NBL (z.B. Verkehrsprojekte Deutsche Einheit), doch sind damit zumeist Verkehrswege des Bundes erneuert worden. Die kommunale Infrastruktur hat weiterhin Nachholbedarf.

Beim Vergleich der bisher getätigten Investitionen mit den geplanten Investitionen pro Jahr sich eine Lücke. Offenbar reichen die geplanten Investitionsmittel nicht zur vollständigen Befriedigung des Ersatzneubaubedarfes aus. Unterlassener Ersatzneubau führt kurzfristig meist (nur) zu erhöhten Instandsetzungsausgaben aber mittelfristig zu erheblichen Verkehrseinschränkungen, z.B. bei Brücken mit hoher verkehrlichen Bedeutung. Die

Ausweichverkehre, die durch dann notwendige Brückensperrungen verursacht werden, haben teilweise erheblich negative Folgen auf andere kommunale Straßenbrücken (z.B. Sperrung der Leverkusener Autobahnbrücke verursacht die dreifache Verkehrsbelastung der Mühlheimer Brücke in Köln).

5. Abschätzung des Investitionsbedarfs

Da die im Difu üblicherweise angewandte Methode zur Hochrechnung des Ersatzbedarfs kommunaler Infrastruktur („Kumulationsmethode“, s. Kap. 5.1.1; siehe Reidenbach u.a. 2008) u.a. aus Gründen mangelnder Datenverfügbarkeit nicht angewandt werden konnte, mussten alternative Hochrechnungsverfahren gesucht werden. Dazu wurden umfangreiche Recherchen durchgeführt. Nach der Diskussion denkbarer Verfahren zur Hochrechnung des Ersatzneubaubedarfs kommunaler Straßenbrücken werden die umgesetzten Hochrechnungsvarianten beschrieben und die Ergebnisse im Vergleich dargestellt.

5.1 Ansätze zur Hochrechnung

Studien mit ähnlichen Fragestellungen verweisen regelmäßig auf die fehlende bundesweite Datenlage zu Brücken in kommunaler Baulast und betrachten – wenn überhaupt – nur ein Bundesland (vgl. Brücken in sächsischen Städten und Gemeinden, 2000). Daher finden sich zwar Ergebnisse, die Kosten für Ersatzneubau von Brücken in Baulast des Bundes darstellen, jedoch keine vergleichbaren Zahlen für den Ersatzneubau von Brücken in kommunaler Baulast.

Die Ergebnisse der Literaturrecherchen und die Einschätzung der befragten Experten liefern nur eingeschränkt neue Erkenntnisse zu belastbaren Hochrechnungsverfahren und zu den „besten“ Merkmalen dazu (z.B. verkehrliche Belastung, regionaler Besonderheiten und zeitlicher Klassifikation).

Ausgehend von der Frage, mit welcher Methode und über welche Merkmale am besten der Umfang des Ersatzneubaubedarfs der kommunalen Brücken abgebildet werden kann, wurden für die Hochrechnung mehrere Verfahren diskutiert. Die wichtigsten werden hier kurz vorgestellt.

5.1.1 Hochrechnung nach Altersstruktur – „Kumulationsmethode“

Zur Ermittlung und Abgrenzung des Bedarfs an Ersatzinvestitionen wird in den Investitionsbedarfsstudien des Difu für die meisten Bereiche kommunaler Infrastruktur die sogenannte Kumulationsmethode angewendet. Dieses Verfahren ist eine in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung schon lange bekannte und praktizierte Vorgehensweise. Ausschlaggebend für das Ergebnis ist die mittlere Nutzungsdauer, die auf empirischen Untersuchungen fußt. Sie bestimmt, wie schnell oder langsam die in der Vergangenheit getätigten Investitionen aus dem Bestand ausscheiden. Dabei wird an Hand der in der Vergangenheit getätigten Investitionen und deren mittlerer Nutzungsdauer der erwartete Abgang getrennt für Bauten und Ausrüstungen ermittelt (Reidenbach u.a. 2008, S. 17). Lange Reihen zu den Brückeninvestitionen liegen allerdings nicht vor.

Im Analogieschluss könnte annäherungsweise die Altersstruktur der Brücken in Baulast des Bundes verwendet werden. Über das Lebenszyklusmodell der BAST wären dann Kosten abschätzbar. Der Standardnutzungszeitraum von Brücken liegt danach bei 80–100 Jahren. Nach 30 bis 50 Jahren ist eine erste Grundinstandsetzung nötig. Neben Brückenparametern und Daten zur Verkehrsbelastungen werden noch Abschätzungen für die jeweiligen Kosten für die Instandsetzung benötigt. Da sich aber deutlich gezeigt hat, dass einerseits die Altersstruktur der Bundesbrücken stark von der Altersstruktur kommunaler

Brücken abweicht und andererseits auch die Lebensdauern aufgrund der unterschiedlichen Verkehrsbelastung erheblich differieren, kommt das Verfahren nicht infrage.

Selbst bei Verwendung der in Kommunalumfrage erhobenen Altersstruktur kommunaler Brücken wäre das Verfahren zu komplex, aufwändig und durch die unzureichend vorhandenen ergänzenden Daten auch nicht belastbar.

5.1.2 Gemeindegrößenbezogene Hochrechnung

Bei diesem Ansatz wird angenommen, dass der Ersatzneubaubedarf gleichverteilt innerhalb der Gemeindegrößenklassen und mit der Gemeindegröße linear zunimmt. Die Korrelation zwischen Gemeindegröße und Brückenzahl kann aus der Stichprobe bestimmt werden, falls Signifikanz vorliegt. Auf diesem Weg können über die Gemeindegröße und die Brückenzahl Hochrechnungsfaktoren pro Schicht erstellt werden.

Eine Gleichverteilung des Ersatzneubaubedarfs ist indessen nach den qualitativen Recherchen nicht anzunehmen. Aufgrund von Haushaltsengpässen werden besonders bei einkommenschwachen Kommunen Instandhaltungsmaßnahmen verschoben und so der Ersatzneubaubedarf in den nächsten Jahr überproportional anwachsen. Der Zusammenhang zwischen Gemeindegröße und allgemeinen Bauzustand der kommunalen Straßenbrücken ist zwar gegeben, ist aber – auch nach Expertenmeinungen – nicht linear. Größere Kommunen haben offenbar einen besseren Überblick über den Zustand ihrer Brückenbauwerke als kleinere Gemeinden. Damit sind die Voraussetzungen für frühzeitige Instandhaltungen besser.

Dieses Verfahren ist aufgrund des nicht-linearen Zusammenhangs zwischen Gemeindegröße und Brückenzustand nicht geeignet. Die Nutzung eines nicht-linearen Verfahrens wäre denkbar, doch haben die Stichprobendaten für die genaue Bestimmung des Zusammenhangs eine zu geringe Validität.

5.1.3 Hochrechnung auf Basis einer Studie zu Bundesbrücken

Diese Methode würde auf Naumann (2011) aufbauen und eine Analogie zu den Brücken in der Baulastträgerschaft des Bundes ziehen. Der Gesamtbedarf für Instandsetzung und Erhaltung von Brücken in Baulast des Bundes von 2011 bis 2016 beträgt nach Naumann (2011) 7 Mrd. Euro. Über einen Vergleich der Zahl der Straßenbrücken der Kommunen zu denen des Bundes könnte die Kostenschätzung des Bundes auf Kommunen bis 2016 übertragen werden. Außerdem wäre eine Fortschreibung (linear/progressiv, je nach Fragebogenergebnissen) bis 2030 nötig. Des Weiteren würden Zu- oder Abschläge notwendig, je nachdem, ob davon ausgegangen werden kann, dass für kommunale Brücken veränderte Alterungsparameter, Belastungen, Brückenzustände oder Kostengrößen wie für Bundesbrücken bestehen. Nachrichtlich zu dieser Hochrechnung könnten zwei weitere Qualifizierungsrechnungen durchgeführt werden, die auf anderen Studien (Sachsen, Vogtland) basieren (s. Kap. 4.1). Zwar sind diese Studien nicht unmittelbar auf unser Gutachten übertragbar, dennoch könnten diese Zahlen fortgeschrieben werden, um unsere Ergebnisse zu validieren.

Neben der GIS-Auswertung müssten hier vergleichbare Brückentypen/-merkmale in beiden Grundgesamtheiten (Bundesbrücken, kommunale Brücken) verfügbar sein. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren besteht hier in der Diskussion der vermutlich erheblichen Abweichungen (Auf- und Abschläge) zwischen den Bundes- und kommunalen Brü-

cken. Da hierfür die Grundlagen fehlen, kommt auch dieses Verfahren nicht für die Hochrechnung infrage.

5.1.4 Schadenstypenbezogene Hochrechnung

Es besteht eine hohe Korrelation zwischen Ersatzneubaubedarf und Schadenstypen von Brücken. Der Umfang, die Art und die Schwere der Schäden sind entscheidend für die Abschätzung, ab wann der Ersatz einer Brücke kostengünstiger ist gegenüber deren Grunderneuerung. Dazu könnten Schadenstypen (nach Umfang, Art und Schwere der Schäden) gebildet werden, die anzeigen, dass ein Ersatzneubau nötig ist. Die Verteilung dieser Schadenstypen kann für die Grundgesamtheit allerdings nicht erfasst werden, da dazu keine Aussagen in den GIS-Daten vorhanden sind. In der Befragung hätten diese Schadenstypen pro Gemeinde und auch pro Brückentyp oder pro weitere Merkmale erhoben werden müssen. Darauf basierend könnten Hochrechnungsfaktoren pro Stichproben-Schicht gebildet werden.

Des Weiteren können so *Brückenschädenhäufigkeiten* pro Gemeindetyp, Region und topografischer Merkmale errechnet werden.

Die qualitativen Erhebungen zu Beginn des Projekts ergaben allerdings, dass die Typisierung der Brückenschäden zu komplex ist und sinnvolle Schadenstypen nicht zu bilden seien (s. Kap. 2.3).

5.1.5 Brückenflächen- oder materialtypbezogene Hochrechnung auf Basis des Anteils an Brücken mit Ersatzneubaubedarf (Kommunalumfrage)

Grundlage dieser Methode ist die Annahme, dass die kommunalen Vertreter über ausreichende Kenntnisse darüber verfügen, welche Brücken in den nächsten Jahren bis 2030 in ihrer Kommune ersatzneubaubedürftig sind.

In der Kommunalumfrage wurden grob bestimmte Merkmale für alle Brücken jeweils einer Kommune erfasst. Für ausgewählte Brücken mit Ersatzneubaubedarf wurden detaillierte Daten erhoben. Der Ersatzneubaubedarf wurde über eindeutige Festlegungen abgegrenzt:

- Ersatzneubaubedarf aus baulich-ökonomischen Gründen (mit Bezug zum Brückenalter und zum Schadensbild) besteht dann, wenn der Sanierungsaufwand in den nächsten Jahren größer ist als die Ersatzneubaukosten;
- Ersatzbedarf besteht aus verkehrlichen und sonstigen Gründen (mit Bezug zu den Zustandsklassen) dann, wenn keine Verkehrstüchtigkeit (z.B. Traglastüberschreitung) mehr gegeben ist, keine sinnvolle Instandhaltung mehr möglich ist (z.B. bei notwendiger Erweiterung oder Verlegung) oder wenn Förderprogramme, zweckgebundene Zuweisung oder politische Prioritäten einen vorgezogenen Ersatzneubau opportun erscheinen lassen.

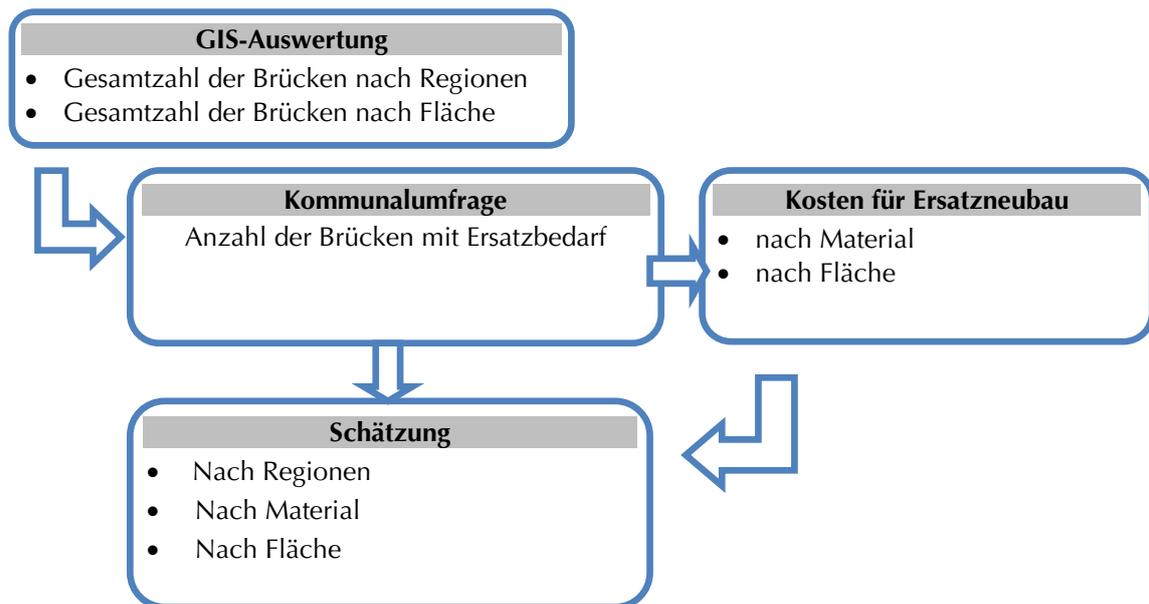
Diese Daten können pro Brückentyp (Materialtyp, Flächengrößenklasse) verteilt und auf die Grundgesamtheit hochgerechnet werden.

Hochrechnungen auf Flächen basierend finden sich in der Literatur (Naumann 2002, Martini o. J.). Das Merkmal Brückenfläche wurde mit guter Genauigkeit in der GIS-Auswertung und in der Kommunalbefragung (für den Gesamtbestand und für einzelne

Brücken in der Stichprobe) erfasst. Die Brückenflächen werden in verschiedene Klassen gegliedert und mit anderen Merkmalen kombiniert (z.B. Gemeindegröße), um ihre Verteilung in den Schichten der Grundgesamtheit zu berechnen. Für diese Merkmalskombinationen können dann jeweils pro Stichproben-Schicht Hochrechnungsfaktoren erstellt werden. Dieser Ansatz erscheint mit den vorliegenden Daten anwendbar.

Für den Materialtyp sind keine Daten für die Grundgesamtheit aus der GIS-Datenbank OSM ablesbar. Hier können Analogieschlüsse herangezogen werden, z.B. über die Länge der Brücken oder ihre verkehrliche Bedeutung. Entsprechende Zusammenhänge können ggf. auch aus der Brückenstudie des Bundes entnommen werden.

Abbildung 43: Schema Hochrechnung



Dieses Verfahren wird im Wesentlichen in der Hochrechnung angewendet.

5.2 Abschätzung der Baukosten von Brückenbauwerken

Nach der meisten der genannten Verfahren ist zur Abschätzung der Investitionskosten des Ersatzneubaubedarfs die Kenntnis von Kostengrößen notwendig (s. auch Kap. 5.3.2).

Eine Quelle (Naumann 2002) zeigt ein Verfahren zur Bildung von *flächenbezogenen* Kostensätzen. Dieses Verfahren soll hier aufgrund seiner Komplexität nicht wiederholt werden, die Kostensätze können aber als Kontrollgrößen für die Plausibilität der Hochrechnung dienen. Dennoch sind die Ergebnisse kritisch zu sehen, denn auch Naumann (2002) weist auf die eingeschränkte Datenlage hin. Eine weitere Quelle (Martini 2010) verwendet ebenfalls flächenbezogene Kostensätze für die buchhalterische Berücksichtigung von Brückenbauwerken, ohne jedoch das Zustandekommen der Kostensätze zu erläutern.

Zur Bildung von *materialtypenbezogenen* Kostensätzen konnten nur wenige verwendbare Daten recherchiert werden. Nach Einschätzungen der befragten Experten (s. Kap. 2) sind Werte zwischen 2.000 und 2.500 Euro/m², bzw. 4.500 Euro/m² für aufwändige Bauwerke zutreffend. Diese Aussagen beziehen sich jedoch nur auf drei Materialtypen (Stahlbeton, Spannbeton und Stahlverbund) und liefern damit keine Erkenntnisse über die weiteren in der Umfrage abgefragten Materialtypen.

5.3 Hochrechnung der Investitionskosten des Ersatzneubaubedarfs

Es wird im Folgenden die Hochrechnung nach dem Verfahren in Kap. 5.1.5 mit beiden Varianten – materialtypenbezogene und die flächenbezogene Rechnung – dargestellt.

5.3.1 Variante 1: Hochrechnung über die Materialtypen

Der materialtypenbezogene Ansatz zur Hochrechnung geht davon aus, dass die Ersatzneubaukosten insbesondere vom Material, aus dem der Ersatzneubau hergestellt wird, abhängen. Dabei muss von der Annahme ausgegangen werden, dass der Ersatzneubau aus demselben Material entsteht wie die zu ersetzende Brücke.

Die Literaturrecherche hat keine Ergebnisse zu materialtypenbezogenen Kostensätzen geliefert. Auch aus der GIS-Erhebung konnten für das Merkmal „Material“ keine Daten ermittelt werden. Daher wird die Hochrechnung auf Grundlage der Ergebnisse der Kommunalumfrage vorgenommen. Zu ermitteln war hierfür die Verteilung der Grundgesamtheit auf die einzelnen Materialtypen. Diese wurde die Verteilung der Anteile der verschiedenen Materialtypen der aus der Stichprobe auf die Grundgesamtheit hochgerechnet. Aus der Umfrage konnten sowohl im allgemeinen Teil als auch im speziellen Teil eine Aufteilung der Brücken mit Ersatzneubaubedarf auf die abgefragten Materialtypen vorgenommen werden. Tabelle 9 zeigt Anzahl und prozentuale Anteile der Brücken mit Ersatzneubaubedarf sowie die mittleren Kosten pro Brücke in Abhängigkeit vom Materialtyp.

Tabelle 9: Ergebnisse der Kommunalumfrage: Anteile nach Materialtypen

Fragebogen- teile	Anzahl Brücken	Materialtypen						
		Spannbeton	Sonstiger Beton	Stahl	Verbund	Stein	Holz	Sonstiges
allgemeiner Teil	12.427	1.997	6.732	942	1.009	1.038	406	303
<i>Anteil in %</i>	<i>100 %</i>	<i>16,1 %</i>	<i>54,2 %</i>	<i>7,6 %</i>	<i>8,1 %</i>	<i>8,4 %</i>	<i>3,3 %</i>	<i>2,4 %</i>
spezieller Teil	380	71	178	28	39	44	6	14
<i>Anteil in %</i>	<i>100 %</i>	<i>18,7 %</i>	<i>46,8 %</i>	<i>7,4 %</i>	<i>10,3 %</i>	<i>11,6 %</i>	<i>1,6 %</i>	<i>3,7 %</i>
Mittlere Kosten pro Brücke		1.971.223 €	516.634 €	2.315.000 €	1.124.054 €	362.700 €	236.000 €	370.846 €

Für die materialtypenbezogene Hochrechnung konnte aus der Kommunalumfrage der Anteil an Ersatzneubaubedarf in Abhängigkeit vom Materialtyp ermittelt werden. Die aus der Stichprobe abgeleiteten Anteile der Brücken mit Ersatzneubaubedarf ergeben, übertragen auf die Grundgesamtheit, eine Summe von 14.410 Brücken in kommunaler Bau- last mit Ersatzneubaubedarf. Die Verteilung der Grundgesamtheit auf die einzelnen Mate- rialtypen ist Tabelle 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Verteilung der Grundgesamtheit nach Materialtypen auf Grundlage der Verteilung in der Stichprobe

Material	Brückenzahl Grundgesamtheit	Verteilung der Stichprobe	Anteile Ersatzneubaubedarf aus der Stichprobe	Grundgesamtheit mit Ersatzneubaubedarf
Spannbeton	10.721	16 %	16 %	1.726
sonstiger Beton	36.139	54 %	22 %	7.821
Stahl	5.057	8 %	22 %	1.123
Verbund	5.417	8 %	28 %	1.501
Stein	5.571	8 %	27 %	1.521
Holz	2.182	3 %	24 %	521
Sonstiges	1.628	2 %	12 %	198
Summe	66.714	100 %		14.410

Zur Ermittlung der Gesamtkosten wurde die Anzahl der Brücken je Materialtyp mit den aus der Umfrage ermittelten mittleren Kosten je Materialtyp multipliziert. Der jährliche Investitionsbedarf wurde aus den Gesamtkosten ermittelt, gemäß des angenommenen Zeitraums von 2013 – 2030 (17 Jahre). Altersstrukturbedingte Faktoren konnten nicht berücksichtigt werden. Eine Übersicht über die einzelnen Daten und Ergebnisse gibt Tabelle 11.

Tabelle 11: Ermittlung der Gesamtkosten

Material	Grundgesamtheit	Mittlere Kosten je Materialtyp	Gesamtkosten bis 2030	Gesamtkosten pro Jahr
Spannbeton	1.726	1.971.223 €	3.402.005.727 €	200.117.984 €
sonstiger Beton	7.821	516.634 €	4.040.509.332 €	237.677.020 €
Stahl	1.123	2.315.000 €	2.599.687.866 €	152.922.816 €
Verbund	1.501	1.124.054 €	1.687.183.231 €	99.246.072 €
Stein	1.521	362.700 €	551.677.459 €	32.451.615 €
Holz	521	236.000 €	122.942.994 €	7.231.941 €
Sonstiges	198	370.846 €	73.343.054 €	4.314.297 €
Summe	14.410		12.477.349.664 €	733.961.745 €

Ergebnisse

Die Hochrechnung über Materialtypen führt zu einem jährlichen Investitionsbedarf von rund 734 Mio. Euro. Für den Betrachtungszeitraum bis 2030 ergibt sich somit ein Gesamtbedarf von rund 12 Mrd. Euro.

Validitätsbeurteilung

Für die Wahl der materialtypenbezogenen Variante spricht die gute Datengrundlage, die aus der eigenen Erhebung ableitbar ist. Zum einen liegt eine Aufteilung nach Materialtypen für einen Großteil der Stichprobe vor. Dadurch ist eine Übertragbarkeit auf die

Grundgesamtheit möglich. Zum anderen lassen sich die materialtypabhängigen Anteile der Brücken mit Ersatzneubaubedarf sehr gut aus der Stichprobe bestimmen.

Unter Umständen können regionale Unterschiede bei den Materialkosten (etwa topographische Besonderheiten, die den Einsatz bestimmter Materialtypen bedingen) die Ergebnisse verzerren. Eine weitere Unsicherheit besteht darin, dass der Ersatzneubau nicht immer aus demselben Material wie die existierende Brücke besteht. Dazu wurde eine entsprechende Frage im Fragebogen gestellt (s. Kap. 4.4.2.2). Bei 61 Prozent der zu ersetzenden Brücke soll der Ersatzneubau aus dem gleichen Material sein, meist bei Stahlbeton oder Spannbeton. Vor allem Stein und Holzbrücken werden zu einem Großteil durch anderes Material ersetzt (meist Stahlbeton oder Spannbeton).

5.3.2 Variante 2: Hochrechnung über die Brückenflächen

Wesentliche Größe für diese Variante sind die Kosten pro Quadratmeter (im Folgenden Kosten pro m²). Diese sind abhängig von der Fläche der Brücke. Die Untersuchungen von Naumann (2002) haben gezeigt, dass sich für unterschiedliche Größenklassen verschiedene Kostensätze ermitteln lassen. Er unterscheidet zwischen Bauwerken mit Verkehrsführung²⁴ (also Ersatzneubauten) und ohne Verkehrsführung (also Neubauten) sowie Autobahnbrücken und Überführungsbauwerken (im Folgenden Straßenbrücken). Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 dargestellt und beziehen sich auf Brücken im Autobahnbau.

Tabelle 12: Kostensätze nach Naumann (2002)

Brückenfläche	Ersatzneubauten (in €/m ²)		Neubauten (in €/m ²)	
	Straßenbrücken	Autobahnbrücken	Straßenbrücken	Autobahnbrücken
250m ²	1.880	2.610	1.340	1.480
500m ²	1.460	1.900	1.010	1.280
1.000m ²	1.130	1.380	760	1.110
2.000m ²	870	1.000	570	960
3.000m ²	750	830	480	880

Als Kostensätze für die hier verwendete Hochrechnung sind nur die Werte für Ersatzneubauten in den ersten beiden Spalten relevant.

Naumann (2002) entwickelt Regressionsgleichungen als Zwischenschritt zur Ermittlung seiner konkreten Kosten pro m². Auf Basis der mittleren Flächen können die Kostensätze je Größenklasse ermittelt werden. Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung, die mit den jeweiligen mittleren Flächen aus der Umfrage und der Grundgesamtheit berechnet wurden.

²⁴ Bei Brücken mit Verkehrsführung handelt es sich um Bauwerke, die im laufenden Verkehr erneuert werden, d.h. hier ist eine Umleitung der üblichen Verkehrsführung notwendig. Brücken ohne Verkehrsführung entstehen quasi auf grüner Wiese und betreffen den laufenden Verkehr zunächst nicht. Vgl. Naumann (2002), S. 503.

Tabelle 13: Kostenformel nach Naumann (2002) und Ergebnisse aus Umfrage und Grundgesamtheit

Brückenfläche	Umfrage			Grundgesamtheit		
	Mittlere Fläche in m ²	Kosten pro m ² (Autobahnbrücke)	Kosten pro m ² (Straßenbrücke)	Mittlere Fläche in m ²	Kosten pro m ² (Autobahnbrücke)	Kosten pro m ² (Straßenbrücke)
< 100 m ²	47	5.629 €	3.488 €	69	4.729 €	3.032 €
100 m ² bis 250 m ²	157	3.234 €	2.234 €	163	3.181 €	2.204 €
250m ² bis 500 m ²	341	2.264 €	1.677 €	352	2.233 €	1.658 €
500m ² bis 1.000 m ²	725	1.601 €	1.269 €	696	1.631 €	1.288 €
1.000m ² bis 2.000 m ²	1.414	1.177 €	991 €	1.348	1.203 €	1.008 €
> 2.000m ²	2.527	901 €	799 €	4.241	710 €	660 €

Martini (2010) nennt ebenfalls Kosten pro m², jedoch ohne ihr Zustandekommen zu erläutern. Im Vergleich zu Naumann (2002) weichen sowohl die verwendeten Größenklassen als auch die einzelnen Kostensätze ab. Tabelle 14 beinhaltet die bei Martini (2010) verwendeten Kostensätze.

Tabelle 14: Kostensätze nach Martini (2010)

Brückenfläche	Neubauten (in €/m ²)	Ersatzneubauten (in €/m ²)
< 100 m ²	2.481	3.456
100 m ² bis 300 m ²	2.095	2.789
300 m ² bis 600 m ²	2.121	2.054
600 m ² bis 1.000 m ²	1.461	1.779
>1.000 m ²	1.492	1.559

Relevant sind hier die Kosten für Ersatzneubauten. Zum Vergleich werden die aus der Kommunalumfrage ermittelten Kostensätze denjenigen aus den oben dargestellten Literaturquellen gegenübergestellt (s. Tabelle 15, alle Angaben in Euro/m²).

Tabelle 15: Gegenüberstellung Kostensätze in Euro pro m²

Brückenfläche	Kostensätze für Stichprobe der Kommunalumfrage			Kostensätze für die Grundgesamtheit		Kostensätze aus der Literatur		
	Angaben aus Stichprobe	Formel nach Naumann		Formel nach Naumann		Nach Naumann (2002)		aus Martini (2010) ²⁵
		Autobahnbrücke	Straßenbrücke	Autobahnbrücke	Straßenbrücke	Straßenbrücke	Autobahnbrücke	
<100m ²	5.057	5.629	3.488	4.729	3.032	1.880	2.610	3.456
100-250m ²	4.743	3.234	2.234	3.181	2.204	1.880	2.610	2.789
250-500m ²	4.440	2.264	1.677	2.233	1.658	1.460	1.900	2.054
500-1.000m ²	4.091	1.601	1.269	1.631	1.288	1.130	1.380	1.776
1.000-2.000m ²	4.019	1.177	991	1.203	1.008	870	1.000	1.559
> 2.000m ²	2.753	901	799	710	660	750	830	n/a

Die Gegenüberstellung der möglichen Kostensätze aus beiden Literaturquellen und der eigenen Erhebung zeigt deutliche Unterschiede in der Höhe auf. Diese können in der Herkunft der grundlegenden Kostensätze und der Formeln begründet sein. Naumann (2002) führt seine Berechnungen auf Brücken im Autobahnbau zurück. Martini (2010) verzichtet auf eine Herleitung seiner Kostensätze. Die in der eigenen Erhebung ermittelten Kosten pro m² sind im Vergleich noch höher als die aus der Literatur verfügbaren Kostensätze. Das kann an Baunebenkosten in Form von Verwaltungskosten und weiteren Mehrkosten liegen, die bei der Kommunalumfrage angegeben worden sind, in den Literaturquellen aber unberücksichtigt bleiben.²⁶ Die Baunebenkosten machen nach Einschätzung der Experten einen Anteil von rd. 25 Prozent an den Gesamtkosten für die Kommune aus. Bei Verwaltungskosten, die auf Seiten der kommunalen Baulastträger anfallen, handelt es sich bspw. um Planungskosten, Kosten für Vertragsabschlüsse, Personalkosten. Mehrkosten können weiterhin durch die Bedeutung von Straßenbrücken als Leitungsträger (d.h. Leitungen für Fernwärme, Gas, Wasser, Abwasser etc.) und der damit verbundene Aufwand bei Einrichtung der Baustellen entstehen. Aufgrund des hohen Unterschieds zwischen den in der Literaturrecherche ermittelten Kostensätzen und den aus der Umfrage berechneten Kostensätzen kann eine belastbare Hochrechnung am ehesten mit den Ergebnissen der Umfrage durchgeführt werden.

Die für die Hochrechnung über das Merkmal Fläche relevanten Daten aus der GIS-Erhebung bildet Tabelle 16 ab.

Tabelle 16: Ergebnisse der Grundgesamtheit: Gesamtzahl und Fläche von Brücken in kommunaler Baulast

	Stadt/Gemeinde	Kreis	Summe
Anzahl Brücken in kommunaler Baulast	57.475	9.239	66.714
Fläche	22.491.106 m ²	5.057.944 m ²	27.549.051 m ²

25 Die Kostensätze aus Martini (2010) sind nur bedingt vergleichbar, da sie sich auf andere Größenklassen beziehen. Dennoch sind auch hier mit zunehmender Größe abnehmende Kosten pro m² festzustellen.

26 Darauf weist auch Naumann in einer weiteren Studie hin. Vgl. Naumann, 2011, S.16.

Für die Hochrechnung von Bedeutung ist die Anzahl der Brücken in kommunaler Baulast. Hier ergibt sich eine Gesamtzahl von 66.714 Brücken mit einer Gesamtfläche von rund 27,5 Mio. m². Die ermittelten Daten wurden auf einzelne Größenklassen verteilt (Tabelle 17).

Tabelle 17: Gesamtfläche nach Größenklassen

Brückenfläche	Gesamtfläche Grundgesamtheit
< 100 m ²	911.455
100 m ² – 250 m ²	4.243.211
250m ² – 500 m ²	4.714.823
500m ² – 1.000 m ²	6.091.031
1.000m ² – 2.000 m ²	4.944.593
> 2.000m ²	6.595.869

Aus der Kommunalumfrage fließen Ergebnisse wie die gesamte Brückenzahl, -fläche in kommunaler Baulast, sowie Zahl und Fläche der Brücken mit Ersatzneubaubedarf in die Hochrechnung ein. Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse der Umfrage hinsichtlich Anzahl und Fläche der Brücken insgesamt und mit Ersatzneubaubedarf. Hiernach haben die Brücken mit Ersatzneubaubedarf einen Anteil von 15 Prozent an der Gesamtzahl der in der Kommunalumfrage genannten Brücken. Bezogen auf die Fläche ergibt sich ein Anteil an Ersatzneubaubedarf von 10 Prozent.

Tabelle 18: Anzahl und Flächen der Brücken gesamt und mit Ersatzneubau aus der Kommunalumfrage

Anzahl Brücken	Anzahl Brücken mit ENB	Anteil
14.331	2.079	15 %
Fläche Brücken	Fläche mit ENB	Anteil
3.055.677 m ²	301.296 m ²	10 %

Je nach Betrachtungsweise kommt man dadurch zu verschiedenen Hochrechnungsergebnissen, wobei die Flächenbetrachtung als plausibler angenommen wird, da die meisten Kostenberechnungen in der Literatur ebenfalls auf Flächen bezogen sind und da die Kosten für den Ersatzneubau vom Flächenumfang der Ersatzneubau-Brücken abhängen. Eine reine auf die Brückenzahl bezogene Hochrechnung würde den Ersatzneubaubedarf kleiner Gemeinden stark über- und den großer Städte stark unterschätzen.

Beide Möglichkeiten werden demnach im Folgenden berechnet, um damit auch die mögliche Spanne des Ersatzneubaubedarfs besser beurteilen zu können.

Die flächenbezogene Hochrechnung wird auf Basis der in der Umfrage ermittelten Kostensätze vorgenommen. Der jährliche Investitionsbedarf ergibt sich aus den Gesamtkosten bis 2030, die auf den Zeitraum von 2014 bis 2030 verteilt werden. Dabei kann keine Berücksichtigung altersstrukturbedingter Aspekte erfolgen. Die Ergebnisse dieser Hochrechnung zeigt die folgende Tabelle.

Ergebnisse

Tabelle 19: Flächenbezogene Hochrechnungsergebnisse auf Grundlage der Umfrage

Größenklasse	Gesamtfläche Grundgesamtheit	Kostensatz €/m ² eigene Erhebung ¹	10 % Anteil Ersatzneubaubedarf (Brückenfläche)	15 % Anteil Ersatzneubaubedarf (Brückenzahl)
<100m ²	911.455€	5.057 €	454.519.781 €	668.720.846 €
100-250m ²	4.243.211€	4.743 €	1.984.410.439 €	2.919.601.484 €
250-500m ²	4.714.823€	4.440 €	2.064.341.272 €	3.037.201.237 €
500-1000m ²	6.091.031€	4.091 €	2.456.708.419 €	3.614.478.841 €
1000-2000m ²	4.944.593€	4.019 €	1.959.362.190 €	2.882.748.772 €
> 2000m ²	6.595.869€	2.753 €	1.790.218.186 €	2.633.892.448 €
Summe	27.500.982€	Kosten bis 2030	10.709.560.288 €	15.756.643.627 €
jährlicher Bedarf			629.974.135 €	926.861.390 €
¹ inkl. Baunebenkosten in.H.v. 25 %				

Validitätsbeurteilung

Im Vergleich zur materialtypenbezogenen Variante kann die flächenbezogene Variante auf Daten aus der Kommunalumfrage und der GIS-Erhebung zurückgreifen. Dafür kann der Anteil an Brücken mit Ersatzneubaubedarf bei der flächenbezogenen Hochrechnung nur grob ermittelt werden, d.h. nicht auf einzelne Schichten der Größenklassen bezogen werden. Die flächenbezogene Hochrechnung liefert also zwei mögliche Ergebnisse. Dem ersten Ergebnis liegt die Annahme zugrunde, dass 10 Prozent der Brückenfläche der Grundgesamtheit ersatzneubaubedürftig sind. Damit ergibt sich ein jährlicher Investitionsbedarf von 630 Mio. Euro. Beim zweiten Ergebnis wird davon ausgegangen, dass 15 Prozent der Brückenzahl ersatzneubaubedürftig sind. Hieraus ergibt sich ein jährlicher Investitionsbedarf von rund 930 Mio. Euro. Wie oben bereits beschrieben ist der flächenbezogenen Kostenansatz und damit die 630 Mio. Euro der plausible Wert.

Die recherchierten Kostensätze aus der Literatur (Naumann, Martini) können allenfalls als Kontrollgrößen dienen. Die Kommunalumfrage hat Kosten pro m² ergeben, die aufgrund der Berücksichtigung von Baunebenkosten höher als die aus der Literatur verfügbaren Kostensätze sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Kosten in den recherchierten Quellen sich auf Bundesfernstraßenbrücken beziehen. Die deutlich höheren Kostensätze aus der Kommunalbefragung sind plausibel, da kommunale Brücken Leitungsträger sind, die zusätzliche Kosten verursachen. Auch befinden sich die kommunalen Ersatzbauten meist in einem sensiblen Umfeld, das komplexe Umbaumaßnahmen nach sich zieht.

Lediglich der Aspekt sinkender Kosten pro m² bei zunehmender Brückengröße konnte in allen Quellen festgestellt werden. Dies ist vermutlich auf die abnehmende Bedeutung von Baustellen zurückzuführen. Die Einrichtung der Baustelle, die Bereitstellung der Geräte und des Materials ändert sich unwesentlich, wenn die Länge der ersatzbedürftigen Brücke zunimmt.

5.3.3 Vergleich der Ergebnisse

Ein Vergleich der Ergebnisse der materialtypenbezogenen Hochrechnung und der flächenbezogenen Hochrechnung findet sich in Tabelle 20.

Tabelle 20: Ergebnisse in der Übersicht

Flächenbezogene Hochrechnung	Jährliche Kosten bezogen auf Anzahl der Brücken (ENB-Anteil 15 %)	926.861.390 €
	Jährliche Kosten bezogen auf Fläche (ENB-Anteil 10 %)	629.974.135 €
Materialtypenbezogene Hochrechnung		733.961.745 €

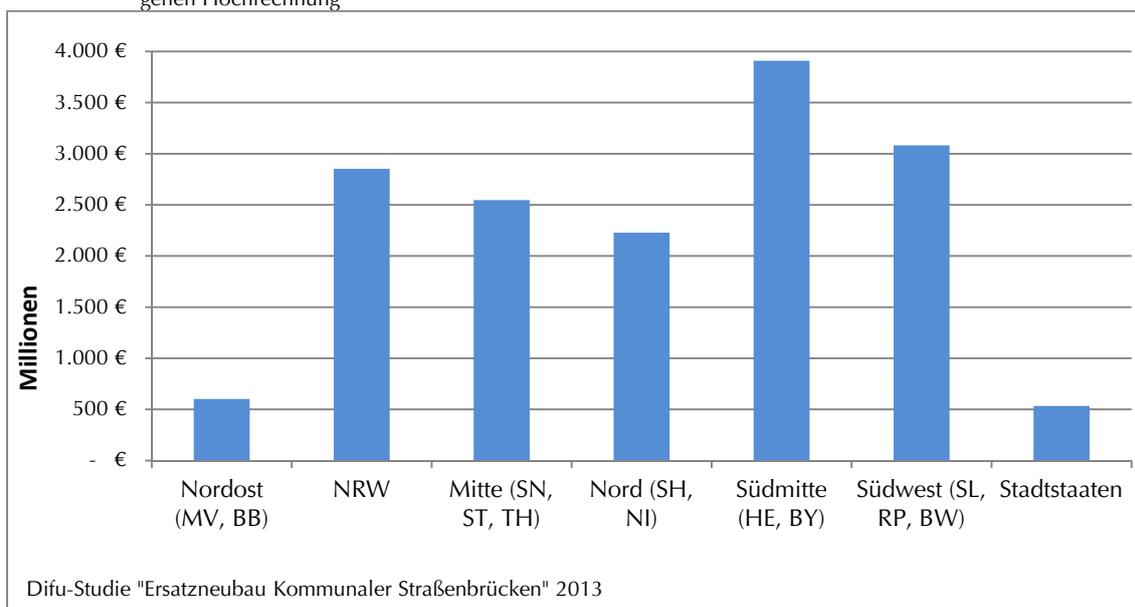
In den Hochrechnungen ergeben sich so jährliche Investitionsbedarfe für den Ersatzneubau kommunaler Straßenbrücken im Rahmen von 630 Mio. Euro bis 927 Mio. Euro. Wie oben erwähnt hat die flächenbezogene Hochrechnung die valideste Datenbasis. Der Wert von 630 Mio. Euro kann so als wahrscheinlichster Umfang für den jährlichen Ersatzneubedarf kommunaler Straßenbrücken bis 2030 gelten.

Bei der regionenspezifischen Darstellung der Ergebnisse der flächenbezogenen Hochrechnung bieten sich zwei Möglichkeiten für die Verteilung des Investitionsbedarfs auf die einzelnen Regionen. Einerseits kann die Verteilung anhand der Zahl der Brücken pro Region erfolgen und andererseits anhand der Brückenfläche pro Region. Die sich aus diesen zwei Varianten ergebenden regionenspezifischen Investitionsbedarfe sind in Tabelle 21 und Abbildung 44 dargestellt.

Tabelle 21: Regionaler Investitionsbedarf bei 15 Prozent Ersatzneubaubedarf einer auf die Brückenzahl bezogenen Hochrechnung

Region	Gesamtbedarf bis 2030	Jährlicher Bedarf
Nordost (MV, BB)	602.264.011 €	35.427.295 €
NRW	2.852.605.776 €	167.800.340 €
Mitte (SN, ST, TH)	2.546.986.313 €	149.822.724 €
Nord (SH, NI)	2.228.849.206 €	131.108.777 €
Südmitte (HE, BY)	3.909.992.434 €	229.999.555 €
Südwest (SL, RP, BW)	3.082.883.192 €	181.346.070 €
Stadtstaaten	533.062.695 €	31.356.629 €
Summe	15.756.643.627 €	926.861.390 €

Abbildung 44: Regionaler Investitionsbedarf bei 15 Prozent Ersatzneubaubedarf bis 2030 einer auf die Brückenzahl bezogenen Hochrechnung

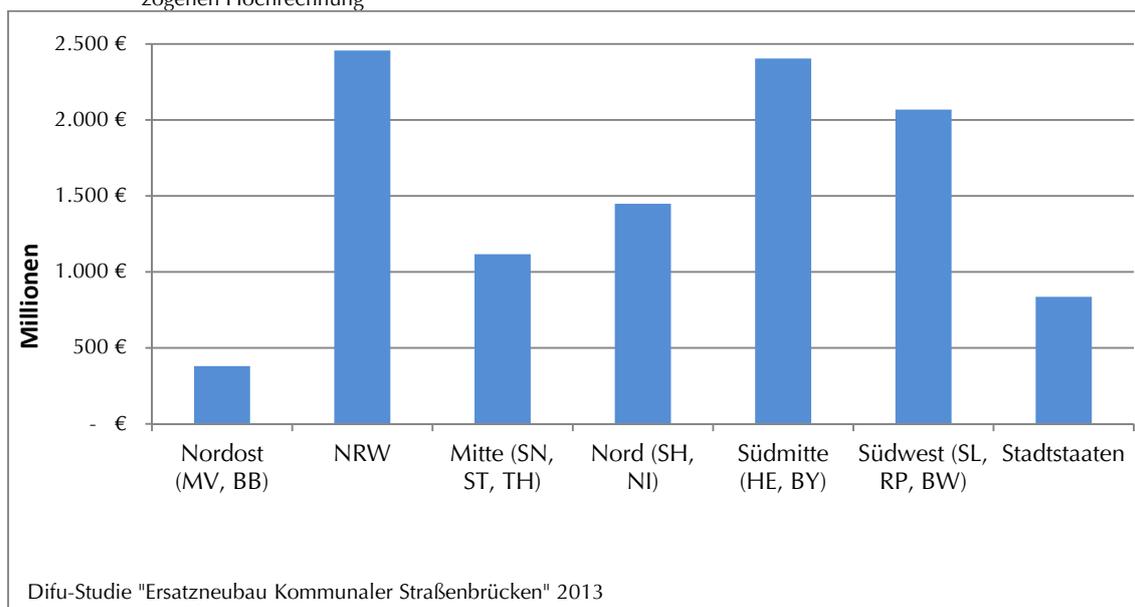


Die Region Südmitte (Hessen und Bayern) haben nach dem auf die Brückenzahl bezogenen Hochrechnungsverfahren den höchsten Investitionsbedarf. Verwendet man jedoch das Merkmal Brückenfläche als Verteilungsschlüssel, hat das Land NRW den höchsten Investitionsbedarf. Ein Grund dafür liegt in der Relation zwischen Anzahl der Brücken und Brückenfläche. NRW hat mit rund 12.000 Brücken eine Gesamtfläche von 6,3 Mio. m², während die Region Südmitte etwa 16.500 Brücken mit einer Gesamtfläche von 6,1 Mio. m² aufweist. NRW hat also einen deutlich höheren Anteil großer Brücken mit Ersatzneubaubedarf als andere Bundesländer. Zu beachten ist jedoch, dass der brückenzahlbezogene Ansatz eine geringere Validität als das flächenbezogene Verfahren hat.

Tabelle 22: Regionaler Investitionsbedarf bei 10 Prozent Ersatzneubaubedarf einer auf die Brückenfläche bezogenen Hochrechnung

Region	Gesamtbedarf bis 2030	Jährlicher Bedarf
Nordost (MV, BB)	379.665.623 €	22.333.272 €
NRW	2.456.997.574 €	144.529.269 €
Mitte (SN, ST, TH)	1.116.652.040 €	65.685.414 €
Nord (SH, NI)	1.448.382.309 €	85.198.959 €
Südmitte (HE, BY)	2.404.560.380 €	141.444.728 €
Südwest (SL, RP, BW)	2.067.808.110 €	121.635.771 €
Stadtstaaten	835.494.251 €	49.146.721 €
Summe	10.709.560.288 €	629.974.135 €

Abbildung 45: Regionaler Investitionsbedarf bei 10 Prozent Ersatzneubaubedarf bis 2030 einer auf die Brückenfläche bezogenen Hochrechnung



5.3.4 Fazit

Sowohl die materialtypenbezogene wie auch die flächenbezogene Hochrechnung haben aufgrund der Datengrundlage aus der Kommunalumfrage und der GIS-Erhebung zu belastbaren Ergebnissen geführt. Aufgrund der hier diskutierten Vorgehensweise ist die flächenbezogene Hochrechnung mit einem Ersatzneubaubedarf von 10 Prozent der Gesamtbrückenfläche die plausiblere Methode. Diese führt zu einem jährlichen Investitionsbedarf von rund 630 Mio. Euro.

Der hier ermittelte Investitionsbedarf beinhaltet nicht die Kosten für den Teil-Ersatzneubau von Brücken. Aufgrund fehlender belastbarer Zahlen kann hierzu allenfalls eine grobe Schätzung vorgenommen werden. Im Rahmen der Kommunalumfrage wurde nach der Bedeutung von Teil-Ersatzneubau gefragt. 25 Prozent der Antworten weisen darauf hin, dass Teil-Ersatzneubau eine ähnlich große Bedeutung wie Ersatzneubau haben wird, 17 Prozent gehen von einer untergeordneten Bedeutung aus, 12 Prozent von einer übergeordneten Bedeutung und für 7 Prozent spielt Teil-Ersatzneubau keine Rolle.²⁷ Überschlägt man diese Ergebnisse der Umfrage, sind für den Teil-Ersatzneubau kommunaler Straßenbrücken zusätzlich rund 300 Mio. Euro jährlich erforderlich.²⁸ Addiert mit der abgeschätzten Summen zum (Voll-)Ersatzneubau ergeben sich so knapp 1 Mrd. Euro pro Jahr für den Ersatzneubaubedarf bei kommunalen Straßenbrücken.

Ebenfalls unberücksichtigt geblieben sind die Kosten für den Ersatzneubau von Brücken außerhalb der Straßenbrücken (z.B. Brücken auf Fußwegen, Radwegen und Wirtschafts-

27 Nicht alle Befragten haben diese Frage beantwortet, so dass die Summe hier ungleich 100 Prozent ist.

28 Für die Schätzung wird der Investitionsbedarf hinsichtlich der Bedeutung gewichtet: Ähnliche große Bedeutung = 100 %; untergeordnete Bedeutung = 50 %; übergeordnete Bedeutung = 120 % und keine Bedeutung = 0 %. Damit ergibt sich, ausgehend von einem Investitionsbedarf von 630 Mio. € ein Investitionsbedarf für Teil-Ersatzneubau in Höhe von 300 Mio. €. $(630 \text{ Mio. €} * 100\%) * 25\% + (630 \text{ Mio. €} * 50\%) * 17\% + (630 \text{ Mio. €} * 120\%) * 12\% = 301 \text{ Mio. €}$.

wegen). Insgesamt sind hiervon noch einmal rund 90.000 Brücken betroffen, wobei Aussagen über den Ersatzneubaubedarf jener Brücken nicht getroffen werden können.

Diese ermittelte Größe von 1 Mrd. Euro pro für Ersatzneubau und Teil-Ersatzneubau für kommunale Brücken erscheint beim Vergleich mit anderen Investitionskostenabschätzungen im Straßeninfrastrukturbereich plausibel. Diese Summe entspricht etwa 14 bis 20 Prozent des Ersatzneubaubedarfs bei Straßen in kommunaler Baulast (Reidenbach u.a. 2008). Verglichen mit dem allerdings in dieser Studie nicht ermittelten Ersatz- und Nachholbedarf i.H.v. 7,2 Mrd. Euro für alle Baulasträger, der von der Verkehrsministerkonferenz diskutiert wird, macht der hier ermittelte Ersatzneubaubedarf kommunaler Straßenbrücken einen Anteil von rund 10 Prozent aus. Der Investitionsbedarf in den Erhalt und die Instandsetzung (nicht Ersatzneubau) der Brücken der Bundesfernstraßen beträgt jährlich rund 1 Mrd. Euro (Bundestag Drucksache 17/8700).

Rund 18 Prozent der Brückenfläche in kommunaler Baulast gehört zu Brücken auf Bundes- oder Landesstraßen. Für diese Fälle wären Kompensationszahlung des Bundes nach § 5a FStrG möglich. In der Realität sind die Zahlungen nach § 5a FStrG sehr gering und außerdem nur eine Kann-Bestimmung: 2010 flossen 0,7 Mio. Euro (Bundestag Drucksache 17/8700, S. 189) und 2011 keine Mittel (Bundestag Drucksache 17/12230, S. 180). Nur über das Entflechtungsgesetz fließen größere Mittel (jährlich 1,3 Mrd. Euro an die Länder für Verkehrsinvestitionen). Doch sind das keine Kompensationsmittel für Bundesstraßen in kommunaler Baulast nach § 5a FStrG sondern allgemeine Mittel für kommunale Verkehrsinfrastruktur.

Insgesamt ist ein Defizit bei der Finanzierung des Ersatzneubaus kommunaler Straßenbrücken festzustellen. Wie in Kap. 4.4.2.2 nachzulesen ist, wird nur etwas mehr als die Hälfte der Brücken mit Ersatzneubaubedarf auch wirklich bis 2030 ersetzt, was grob geschätzt ein Investitionsdefizit von 500 Mio. Euro im Ersatzneubau bedeutet. Dringende Investitionen werden also weiter aufgeschoben. Im KfW-Kommunalpanel 2012 wurde dieses aufgelaufene Investitionsdefizit (Investitionsrückstand minus Investitionsplanung) für Straßen und Verkehrsinfrastruktur mit 26,1 Mrd. Euro (33,6 Mrd. Euro – 7,5 Mrd. Euro) angegeben (KfW 2013). Die Daehre-Kommission unterscheidet nicht zwischen Ersatzneubau, Ausbau usw. Trotzdem sind die Angaben Anhaltspunkte für die Plausibilität der Kostenhochrechnung in dieser Studie. Daehre (2012; S. 33) beziffert den Investitionsbedarf für die Gemeindestraßen auf 5 Mrd. Euro pro Jahr und das Finanzierungsdefizit von jährlich auf knapp 1 Mrd. Euro.

Der in dieser Studie ermittelten jährlichen Mittelbedarf von ca. 1 Mrd. Euro für den Ersatzneubau und Teil-Ersatzneubau für kommunale Straßen wäre ca. 20 Prozent der geschätzten Finanzbedarfs für Gemeindestraße bei Daehre (2012), was einen plausiblen Wert darstellt. Das hier ermittelte jährliche Investitionsdefizit von 500 Mio. Euro würde ca. 50 Prozent der Defizitsumme bei Daehre (2012) ausmachen. Dies erscheint auch plausibel, weil gerade größere Investitionen, wie die für den Ersatzneubau solcher komplexen Bauwerke wie Brücken, häufiger von Kommunen aufgeschoben werden als kleinere Investitionssummen.

Die Unterfinanzierung der Kommunen beim Erhalt und Ausbau der Straßeninfrastruktur ist evident. Straßenbrücken sind dabei komplexe und sehr teure Ingenieurbauwerke im Straßennetz. Der jetzige Investitionsstau stellt eine zunehmende Gefahr für die Leistungsfähigkeit des Straßensystems dar. Hier entsteht dringender Handlungsbedarf. Ein mehrjähriges Brückenerneuerungsprogramm könnte den Investitionsstau auflösen, der insbesondere durch eine Häufung des vorzeitigen Ablaufs der Lebensdauer von Brücken aus den 50iger bis 70iger Jahren entsteht. Mittel- und langfristig müssen aber entweder andere Fi-

finanzierungsmodelle entwickelt werden oder in einem Umbauprogramm des Verkehrssystems der Ausbaugrad der Straßeninfrastruktur angepasst werden.

Literaturverzeichnis

- AASHO-Road-Test: Hauptergebnisse und Folgerungen zum Problem der Bemessung von Fahrbahnbefestigungen. Bericht des AASHO-Road-Test-Ausschusses, Forschungsberichte aus dem Straßenwesen, Heft 73, Kirchbaum Verlag, Bonn-Bad Godesberg, 1968.
- Arning, M.: Finanzierung auf anderem Wege. 2010.
- Arning, M.: Opposition geht Stadtregierung an - Kritik an ÖPP für Brücken. 2010.
- Aschaffenburg, W.-N.: Vorplanungsleistungen Brücken-Ersatzneubau mit Standortvarianten. 2011.
- Bad Vilbeler Anzeiger: Brücke in der Warteschleife – Die Finanzierung des Neubaus ist noch unklar. Bad Vilbeler Anzeiger, 2009.
- Bauindustrieverband, S.: Abschlussbericht zum Pilotprojekt „Kommunale Straßenbrücken im Vogtland“ und Übertragung der Ergebnisse auf den Gesamtbestand kommunaler Brücken in Sachsen, Dresden, 2005.
- Beckers, T.: Die Realisierung von Projekten nach dem PPP-Ansatz bei Bundesfernstraßen, TU Berlin: Berlin, 2005.
- Beyer, J.: Berichtsvorlage Brückenprüfung gemäß DIN 1076. BDC Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft mbH, 2010.
- Brandenburg, L.: Bedarfsbericht zur Instandsetzung und zum Neubau von Brücken im Zuge von Landesstraßen 1996.
- Braun, D.; A. Kunz.: Kosten und Finanzierung von Straßenbaumaßnahmen in kleinen Dörfern – Ergebnisse einer Studie zur Ermittlung des Straßenzustands in Dörfern mit bis zu 2.000 Einwohnern. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2005.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau (Herausgeber): Schäden an Brücken und anderen Ingenieurbauwerken. Ursachen und Erkenntnisse, Bonn, 1994.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Anweisung Straßeninformationsbank Teilsystem Bauwerksdaten. 2008.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bericht über die Qualität, Dauerhaftigkeit und Sicherheit von Spannbetonbrücken. 2006.
- Bundestag Drucksache 17/8700: Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2010, Unterrichtung durch die Bundesregierung, Deutscher Bundestag Drucksache 17/8700 17. Wahlperiode 20. 02. 2012.
- Bundestag Drucksache 17/12230: Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2011, Unterrichtung durch die Bundesregierung, Deutscher Bundestag Drucksache 17/12230, 17. Wahlperiode 25. 01. 2013.
- Colditz, B.: Aktuelles zu Brückenbau und Brückenerhaltung im Bundesfernstraßennetz, Bergisch Gladbach, 2011.
- Daehre, K.-H. et al.: Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung, Kommission „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung“. 2012.
- EBB: Brückenprüfungen nach DIN 1076 H, Gemeinde Mötzing. EBB Ingenieurgesellschaft mbH: Regensburg, 2010.

- Empelmann, M.; G. Heumann: Qualitätsmerkmale lebensdauerorientierter Brückenbauwerke. Bauingenieur, Nr.10, Seite 438-446, 2009.
- Fehlmann, P.; T. Wolf; T. Vogel: Versuche zum Ermüdungsverhalten von Stahlbetonbrücken. ETH Zürich, 2011.
- FGSV: Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q). Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 1996.
- Friedrich, H.: Ertüchtigung im Stahlbrückenbau. Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch Gladbach: Bergisch Gladbach, 2011.
- Göpfert, C.-J.: Brücke auch ohne Bank. Frankfurter Rundschau online, 2008.
- Haardt, P.: Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz. Bundesanstalt für Straßenwesen: Bergisch-Gladbach, 2002.
- Haardt, P.: Konzeption eines Managementsystems zur Erhaltung von Brücken- und Ingenieurbauwerken. Bundesanstalt für Stadtwesen: Bergisch Gladbach, 1998.
- Hansen, H.: Preisausschreiben: Heizenergieverbrauch in vorhandenen Mehrfamilienhäusern. Bd. 1: Erhebungsmethode und Gebäudebestand. Fraunhofer IRB Verlag: Stuttgart, 1985.
- Heilfort, T.: Internetbasiertes Kosteninformationssystem für Brückenbauwerke. Straße + Autobahn, Seite 541 - 542, 2002.
- Hemmert-Halswick, A.: Erfahrungssammlungen: Schäden an Stahlbrücken – wetterfeste Stähle – Seile, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Brücken- und Ingenieurbau Heft B 45, 2004.
- Heymel, D.: Erhaltungsmanagement von Brücken: Methodische Analyse möglicher Strategien zur Optimierung des Lebenszyklus von Brücken. 2008.
- Hoffmann, S.: Brückensanierungen: Bis 2016 zusätzlich 2,75 Mrd. Euro notwendig. 2011.
- Holst, R.: Bauwerk-Management-System (BMS) der BAST. 2005.
- Hügel, E.: Keine PPP-Brücken! 2011. Online unter: <http://www.attac-ffm.de/PPP-Bruecken.html>.
- Irmgard, V.: Aktionsbündnis Karniner Brücke 2012. Online unter: <http://www.karninerbruecke.eu/>.
- Jodl, H. G.; A. Jurecka: Lebenskosten - Modell Brücke. 2007.
- KfW (Hrsg.): KfW-Kommunalpanel 2012. Frankfurt, 2013.
- Haveresch, K.; G. Marzahn: Ertüchtigung der Brücken in Nordrhein-Westfalen. 2011.
- Klengel, A.: Positionspapier der Ingenieurkammer Sachsen zur „Vergütung von Ingenieurleistungen im Straßen- und Brückenbau“. Ingenieurkammer Sachsen, 2010.
- Klossek, G.: Brückenprüfung gemäß DIN 1076. Planungs- Bau und Umweltausschuss, Ratzeburg, 2010.
- Knirsch, H.: Der kommunale Haushaltsplan, 5. Teil. In: Friedrich Ebert Stiftung Arbeitsgruppe Kommunalpolitik, Bonn, 2003.
- Krieger, J.: ZfPBau-Verfahren für die Zustandserfassung von Brücken der Bundesfernstraßen. Bundesanstalt für Straßenwesen: Bergisch Gladbach, 2008.
- Künast, R.; F. Kuhn: Bestandssanierung der Verkehrsinfrastruktur ausweiten und effektive Sanierungsstrategie vorlegen. Deutscher Bundestag, 2006.

- Mehlhorn, G.: Handbuch Brücken: Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten. Springer Verlag, 2007.
- Martini, A.: Brücken – die Bewertung von Infrastrukturvermögen. 2010.
- Müller, H. C.; D. Heß: Die deutsche Infrastruktur zerbröseln. Handelsblatt, 2012.
- Müller, K.: Zuverlässige Daten über den Sanierungsbedarf per selektive Kanalinspektion: Profitable Prognose. ISA, 2002.
- Natzschka, H.: Straßenbau. Wiesbaden: Vieweg und Teubner Verlag, Springer Fachmedien, 2001.
- Naumann, J.: Brückenertüchtigung jetzt - Ein wichtiger Beitrag zur Sicherung der Mobilität auf Bundesfernstraßen. Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V., 2011.
- Naumann, R.; T. Heilfort; R. Schach: Kostenkennzahlen für Brückenbauwerke im Autobahnbau. 2002.
- Nebel, B.: Rügenbrücke. 2010. Online unter: http://www.bernd-nebel.de/bruecken/index.html?/bruecken/3_bedeutend/stralsund/stralsund.html. (17.12.2012)
- Niemeyer, W.: Kostenberechnung AKS. 2012. Online unter: <http://www.rzi.de/meta-navigation/impressum/>. (17.12.2012)
- Bletz, O.; L. Bathon: Zum Ermüdungsverhalten von Holz-Beton-Verbundbrücken. In: Holzbau, 2009.
- Orlovsky, H.: BAB A3, Ersatzneubau der Lahntalbrücke bei Limburg mit Umbau der Anschlussstelle Limburg-Süd. H.S.-u. Verkehrsverwaltung, Editor 2011.
- Peter, M.: Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur. In: Umwelt-Wissen Nr. 09202009, Bundesamt für Umwelt: Bern, 2009.
- Pütz, C.: Kaarster Firmen geben 2.000 Euro "Brücken"-Finanzierung gesichert. 2004.
- Reidenbach, M. u.a.: Investitionsrückstand und Investitionsbedarf der Kommunen. In: Edition Difu, ed. Difu. Vol. 4/2008, Berlin: Difu, 2008.
- Retze, U.: Beispielhafte Untersuchung zum Einsatz von Monitoringmethoden an einer Brücke. Universität der Bundeswehr, München, 2008.
- RI-EBW-PRÜF: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076. Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung, 11/2007.
- Sächsischer Verband der Bauindustrie e.V.: Brücken in sächsischen Städten und Gemeinden. Dresden, 2000.
- Schellenberger, R.: Sanierung startet Ende des Jahres. Frankfurter Rundschau online, 2010.
- Schlotböller, D.: Bau nicht unverwundlich – Ergebnisse einer Sonderauswertung zur DIHK-Konjunkturumfrage bei den Industrie- und Handelskammern. Editor 2012, Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V.: Berlin, Brüssel, 2012.
- Schneidermann, I.: Bauwerksdaten (SIB-Bauwerke). 2008. Online unter: http://www.bast.de/nn_42748/DE/Aufgaben/abteilung-b/referat-b4/bauwerksdaten/bauwerksdaten.html. (20.01.2013)
- Schütze, K.: Pro agra-Park - Die Alternative. 2012. Online unter: <http://www.pro-agra-park.de/die-alternative-1.html>. (20.01.2013)

- Spiegel-online: ADAC-Test: Jede zehnte deutsche Brücke bröckelt. Spiegel, 2006. Online unter: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/adac-test-jede-zehnte-deutsche-bruecke-broeckelt-a-494909.html>.
- Spiegel-online: Marode Bauwerke: Schlechte Noten für deutsche Brücken. 2012. Online unter: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/bruecken-in-deutschland-haltbarkeit-der-bauwerke-halbiert-a-830578.html>.
- Sprenger, M.: Bauwerksüberwachung und Prüfung von Ingenieurbauwerken gemäß DIN 1076. 2012.
- Steinauer, K.: Zustand der kommunalen Straßeninfrastruktur. Institut für Straßenwesen Aachen: Aachen, 2005.
- Stiepelmann, H.: Bauindustrie/aktuell. In: Bauindustrie/aktuell, D.d. Bauindustrie, Editor 2011, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e. V.: Berlin, 2011.
- Verkehrs- und Tiefbauamt Leipzig Drucksache: Ersatzneubau der Bornaischen Brücke. 2011.
- Wiederspahn, M. (Hrsg): Brücken aus Holz. In: Brückenbau2009, Verlagsgruppe Wiederspahn: Wiesbaden, 2009.
- Wiederspahn, M.: 8. Symposium Brückenbau. In: Brückenbau2008, Verlagsgruppe Wiederspahn: Wiesbaden, 2008.
- Wiederspahn, M.: 9. Symposium Brückenbau in Leipzig, in Brückenbau2009, Verlagsgruppe Wiederspahn: Wiesbaden, 2009.
- Wiederspahn, M.: 11. Symposium Brückenbau in Leipzig. In: Brückenbau2011, Verlagsgruppe Wiederspahn: Wiesbaden, 2011.
- Wiederspahn, M.: 12. Symposium Brückenbau in Leipzig. In: Brückenbau2012, Verlagsgruppe Wiederspahn: Wiesbaden, 2012.
- Wikipedia: Brückenprüfung. Online unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Br%C3%BCckenpr%C3%BCfung>. (17.12.2012)
- Wikipedia: Brücken. Online unter: http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Br%C3%BCcke_%28Bauwerk%29.html. (17.12.2012)
- Lauber, W.; W. Raza: Privatisierung der Verkehrsinfrastruktur Erfahrungen mit Public Private Partnership (PPP) in Österreich und Europa. Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien, 2009.
- Zeuschel, U.; W.Hauck: Förderung kommunaler Straßen- und Brückenbauvorhaben. 2012. Online unter: http://www.regierung.oberfranken.bayern.de/strassen_und_verkehr/strassenbau/foerderung_kommunaler_strassenbau.php.
- Zilch, K.: Sicherheit der Spannbetonbrücken. TU München, 2007.
- Zilch, K.; H. Weiher: Untersuchung des Zustands der deutschen Spannbetonbrücken. TU München, 2006.
- Zilch, K.: Sicherheit der Spannbetonbrücken. TU München, 2007.
- Zilch, K.; Weiher, H.: Untersuchung des Zustands der deutschen Spannbetonbrücken. TU München, 2006.

ANHANG