

Jan Benden

Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen

Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen

Von der Fakultät für Bauingenieurwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule
Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Bauass. Jan Benden

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée RWTH-Aachen
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Felix Huber Uni-Wuppertal

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Mai 2014

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Universitätsbibliothek online verfügbar.

Berichte des Instituts für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen University

Bericht 57: Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen

Aachen, November 2014

Herausgeber
und Verlag:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée
Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr
RWTH Aachen University
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Tel.: +49 (0) 241 8025200
Fax: +49 (0) 241 8022247
E-Mail: institut@isb.rwth-aachen.de
Homepage: <http://www.isb.rwth-aachen.de>
(Verlagsnummer: 88354)

Schriftleitung,

Layout und Satz: Dipl.-Ing. Bauass. Jan Benden

Copyright: Das Copyright liegt bei dem Verfasser

ISBN: 978-3-88354-168-6

ISSN: 0344-9793

Volltext verfügbar: <urn:nbn:de:hbz:82-opus-52489>

<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:hbz:82-opus-52489>

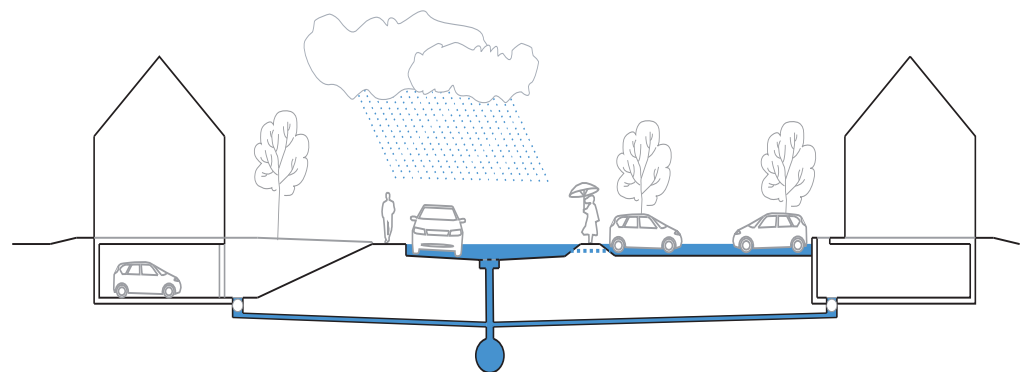
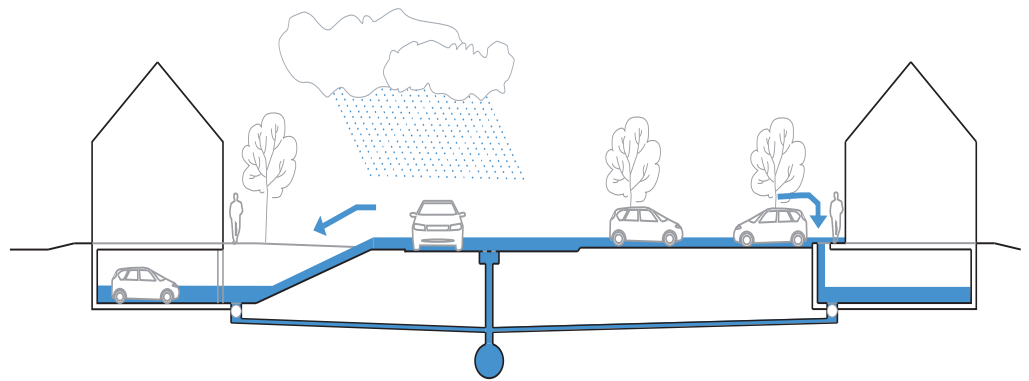
D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2014)

RWTH Aachen University
Universitätsbibliothek
Templergraben 61
D-52062 Aachen
www.bth.rwth-aachen.de

ub
Universitäts-
bibliothek

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen



Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen (Lehrstuhlinhaber seit März 2008 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée, bis Oktober 2006 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann).

Die erste Idee zu der Arbeit entwickelte sich im Rahmen des von 2008 bis 2010 durchgeführten, interdisziplinär angelegten und vom BMBF (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie) geförderten Forschungsverbundprojektes „Wassersensible Stadtentwicklung. Maßnahmen für eine nachhaltige Anpassung der regionalen Siedlungswasserwirtschaft an Klimatrends und Extremwetter“ [vgl. Klimanet 2010]. Im Verlauf dieses Projektes befasste ich mich unter anderem eingehender mit Lösungsansätzen zur städtebaulichen Anpassung an Starkregenereignisse in den Niederlanden. Während einer Exkursion nach Rotterdam faszinierten mich die innovativen und zum Teil unkonventionellen gestalterischen Lösungen zur Integration von Niederschlagsentwässerung in den städtischen Kontext, die im Rahmen der Architektur-Biennale 2005 und des dadurch in Gang gesetzten Wasserplan-Prozesses entwickelt wurden. Gleichzeitig lösten diese Ansätze jedoch auch Skepsis bezüglich der Übertragbarkeit solcher Konzeptideen auf Deutschland aus. Es drängte sich mir die Frage auf, ob und inwieweit die Rotterdamer Konzepte der Wasserplätze etc. in der stark formalisierten deutschen Planungswelt auf Akzeptanz stoßen würden und welche Hindernisse aus dem Weg geräumt werden müssten, um solche Lösungen auch hierzulande umzusetzen.

Da diese Fragestellungen in der Forschung bislang nicht näher reflektiert wurden, reifte die Überlegung, selbst eine entsprechende Untersuchung im Rahmen einer Dissertation durchzuführen. Diese mündete in einen längeren Arbeitsprozess, dessen Ergebnis hiermit vorliegt. Unterstützend hinzu kam der Auftrag zur wissenschaftlichen Begleitung einer Arbeitsgruppe im Rahmen des durch die Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt in Zusammenarbeit mit HAMBURG WASSER von 2011 bis 2012 durchgeführten Projektes RISA („RegenInfraStrukturAnpassung“) [vgl. Waldhoff 2011]. Diese Arbeitsgruppe setzte sich u.a. mit ähnlichen Fragestellungen auseinander und ermöglichte mir einen ständigen Austausch bzw. die Rückkopplung der Ergebnisse mit Praktikern aus dem Bereich der Stadtentwässerung und der kommunalen Straßenplanung. Die Inhalte der Kapitel 4.2, 6, 7.2, 7.3 und 8.2 der vorliegenden Dissertation wurden durch mich im Rahmen des RISA-Projektes eigenständig erarbeitet und wurden entsprechend auch in dem dazugehörigen Gutachten für die genannte Arbeitsgruppe dokumentiert.

Danksagung

An erster Stelle danke ich Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée für die Übernahme und die konstruktive Betreuung der Dissertation sowie für das Vertrauen, das er in mich gesetzt hat, die mir von ihm anvertrauten Projekte selbstständig zu bearbeiten. Herrn Prof. Dr.-Ing. Felix Huber danke ich für die Übernahme des Korreferats und für das Interesse, das er meiner Arbeit entgegen brachte. Den Mitgliedern des Promotionsausschusses, gebührt Dank für die Abwicklung des Verfahrens.

Ferner möchte ich mich bei allen MitarbeiterInnen des Institutes für Stadtverkehr und Stadtbauwesen an der RWTH Aachen bedanken, die für ein angenehmes Betriebsklima gesorgt und zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Besonderer Dank gilt dabei

meinen Kollegen Christoph Riegel und Dr. Andreas Witte für ihre kritische Durchsicht meines Manuskriptes. Außerdem zu nennen sind meine studentischen Hilfskräfte: Alexander Wehrens, Jan Kaplan und Svenja Nachtigall haben mich aktiv beim Layout der Dissertation unterstützt, während mir Patrick Haertel tatkräftig für redaktionelle und orthographische Korrekturen zur Seite stand.

Ein weiterer Dank gilt an dieser Stelle Marko Siekmann vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, der mir in den vergangenen Jahren im Rahmen gemeinsamer Projekte die Praxis der Stadtentwässerung nahe gebracht hat und jederzeit ein offenes Ohr für meine Fragen hatte.

Ferner danke ich den Mitgliedern der RISA-Arbeitsgruppe „Verkehrsplanung“, insbesondere deren Leiter Herrn Christoph Schröder von der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg für die konstruktive und praxisbezogene Diskussion.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Familie und meinen Freunden dafür danken, dass sie mich durchgehend dabei unterstützt und ermutigt haben, die Dissertation trotz privater Stolpersteine fertig zu stellen.

Jan Benden, Köln im Dezember 2013

INHALTSVERZEICHNIS

I	Kurzfassung	8
II	Einleitung	12
III	Ausgangslage und Herausforderungen	16
1	Der Klimawandel und seine Folgen	17
1.1	Klimawandel - Begriffe und Trends	17
1.1.1	Globale Erwärmung	17
1.1.2	Klimaprojektionen	18
1.1.3	Extremwetterereignisse	21
1.2	Starkregen und Überflutungen im urbanen Raum	24
1.2.1	Begriffsklärung	24
1.2.2	Zeitliche und räumliche Prognose von Starkregenereignissen	29
1.2.3	Schäden aus starkregenbedingten Überflutungen	35
2	Handlungserfordernisse für eine klimagerechte Stadtentwicklung	42
2.1	Anpassungsbedarf in Städten	42
2.1.1	Betroffenheit und Anfälligkeit	43
2.1.2	Politischer Auftrag	43
2.2	Kommunale Anpassungsfähigkeit	45
2.2.1	Anpassungswissen	45
2.2.2	Anpassungsressourcen	46
2.2.3	Anpassungsbereitschaft	49
2.3	Lösungsansätze	53
2.3.1	Resiliente Stadtentwicklung	54
2.3.2	Climate Proof Planning	56
IV	Stand der Technik und Lösungsansatz zum Umgang mit Starkregenereignissen	58
3	Stand der Entwässerungstechnik	59
3.1	Begriffe	59
3.2	Entwicklung der Stadtentwässerung	60
3.2.1	Ursprünge der Abwasserbeseitigung	60
3.2.2	Paradigmenwechsel	61
3.2.3	Aktuelle Zielsetzungen der Siedlungswasserwirtschaft	62
3.3	Methoden der Stadtentwässerung	64
3.3.1	Konventionelle Abwasserentsorgung	64
3.3.2	Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung	67
3.4	Zukünftige Anpassungserfordernisse in der Siedlungswasserwirtschaft	70
3.4.1	Herausforderung Klimawandel	70
3.4.2	Klimafaktoren	71
3.4.3	Anpassungsbedarf in der Stadtentwässerung	73

4	Lösungsansatz einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen	78
4.1	Konzeptidee	78
4.1.1	Vorteile und Synergien	79
4.1.2	Umfang und Frequenzen	80
4.2	Stand der Forschung und Praxis	81
4.2.1	Vorreiter Niederlande	81
4.2.1.1	Beispiel RIONED	81
4.2.1.2	Beispiel Rotterdam	84
4.2.2	Stand der Mitbenutzung in Deutschland	91
4.3	Forschungs- und Entwicklungsbedarf	97
V	Handlungsrahmen für die Mitbenutzung von Verkehrsflächen bei Starkregen	100
5	Handlungsfeld Straßenraumgestaltung	101
5.1	Rechtliche Grundlagen und Begriffe	101
5.1.1	Straßen- und Straßenverkehrsrecht	101
5.1.2	Planungsrecht	103
5.1.3	Straßenbautechnisches Regelwerk	104
5.2	Kategorisierung von Straßenverkehrsflächen	106
5.2.1	Ansätze zur Unterscheidung von Straßen	106
5.2.2	Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes	109
6	Vereinbarkeit einer Mitbenutzung mit den verkehrlichen Anforderungen an Straßen	112
6.1	Verkehrsablauf	114
6.1.1	Qualitätsstufen des Verkehrsflusses	114
6.1.2	Einflussgrößen für die Qualität des Verkehrsablaufes	115
6.1.3	Bewertung	117
6.2	Verkehrssicherheit	119
6.2.1	Verkehrssicherungspflicht	119
6.2.2	Sicherheitsrisiken einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen	123
6.2.3	Bewertung	127
6.3	Barrierefreiheit	133
6.3.1	Rechtsgrundlagen und Instrumente	133
6.3.2	Bauliche Anforderungen an barrierefreie Verkehrsflächen	135
6.3.3	Bewertung	138
6.4	Umfeldverträglichkeit	140
6.4.1	Städtebauliche Differenzierung von Verkehrsflächen	140
6.4.2	Bewertung	141
6.5	Wirtschaftlichkeit	143
6.5.1	Wirtschaftlichkeitsanalysen von Straßenverkehrsflächen	143
6.5.2	Bewertung	144
6.6	Straßenraumgestalt	147
6.6.1	Entwässerung als Element der Straßenraumgestaltung	147
6.6.2	Bewertung	148

VI	Prüf- und Einsatzkriterien für eine Mitbenutzung von Verkehrsflächen	152
7	Untersuchungsschritte und Abwägungskriterien für eine Mitbenutzung	153
7.1	Eingrenzung von Handlungsräumen	153
7.1.1	Gefährdungsanalyse	154
7.1.2	Schadenspotenzialanalyse	156
7.1.3	Risikopotenzialanalyse	158
7.1.4	Eignungsräume für eine Mitbenutzung	160
7.2	Standardisierte Betrachtung und Differenzierung von Mitbenutzungsmaßnahmen	161
7.2.1	Maßnahmensteckbriefe	161
7.2.2	Zusammenfassende Bewertung	183
7.3	Finanzierungsansätze zur Mitbenutzung von Verkehrsflächen	184
7.3.1	Erschließungsbeiträge	184
7.3.2	Ausbaubeiträge	186
7.3.3	Städtebauförderung	188
7.3.4	Finanzierung der Mehrkosten über Abwassergebühren	189
7.3.5	Bewertung	190
7.4	Sensibilisierung und Verfahren	191
8	Umsetzung einer Mitbenutzung am Beispiel einer Straße in Hamburg	195
8.1	Rahmenbedingungen	195
8.2	Lösungsvorschläge für Mitbenutzungsmaßnahmen	198
8.2.1	Eingrenzung des Untersuchungsgebietes	198
8.2.2	Entwurfsvarianten	199
8.2.2.1	Variante 1: Tieflegung der straßenbegleitenden Parkplätze	200
8.2.2.2	Variante 2: Mittelstreifen mit Muldenkaskade	202
8.2.2.3	Variante 3: Anhebung der Borde	204
8.2.2.4	Variante 4: Wasserplatz	206
8.2.2.5	Variante 5: Mulde oder Abfanggraben im Seitenraum	208
8.2.2.6	Variante 6: Notwasserweg	210
8.2.2.7	Weitere Maßnahmen im Einzugsgebiet	212
8.2.3	Bewertung und Variantenvergleich	213
VII	Fazit und Ausblick	216
VIII	Quellenverzeichnisse	220
	Literatur	221
	Abbildungen	240
	Tabellen	246

Untersuchungen an der Universität Wuppertal [Oertel 2007] haben gezeigt, dass die Impulskräfte am Fußpunkt von Rampen oder Treppen (z.B. in unterirdischen Verkehrsanlagen wie Tiefgaragen, U-Bahn-Zugängen oder Unterführungen) bereits bei sehr kleinen Wasserständen deutlich stärker wirken als in der Ebene und daher größere Risiken bergen. Aus einem durch Strömung herbeigeführten Sturz im Einlassbereich eines unterirdischen Gebäudes oder auf Treppen können schwere Verletzungen bzw. ein Verlust des Bewusstseins resultieren, schlimmstenfalls besteht die Gefahr des Ertrinkens. Darüber hinaus bergen unterirdischen Bauwerke das Risiko, dass „Impulskräfte und hydrostatische Kräfte aus einfließenden Wassermassen die menschliche Leistungsfähigkeit, Türen zu Fluchtwegen zu öffnen und zu passieren, übersteigen“ [Oertel / Schlenkhoff 2008: 39; Yasuda / Hiraishi 2003].

Gefährdung des Verkehrs durch Aquaplaning

Nässe auf Straßen erhöht grundsätzlich das Unfallrisiko für Kraftfahrzeuge aufgrund der schlechteren Griffigkeit zwischen Reifen und Fahrbahn sowie des verlängerten Bremsweges. Die gezielte Flutung von Straßen birgt demnach die Gefahr, dass der fließende Verkehr durch das Wasser beeinträchtigt wird und es vermehrt zu Unfällen kommen kann. Wenn Fahrzeuge auf nassen Fahrbahnen unterwegs sind, entsteht bei hinreichender Wasserfilmdicke ein Wasserkeil vor jedem der Fahrzeugreifen. Mit steigender Fahrtgeschwindigkeit schiebt sich der Keil zwischen Reifen und Fahrbahn, woraus ein geringerer Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn entsteht (vgl. Abbildung 6.5). Liegt der Wasserkeil vollständig zwischen Reifen und Fahrbahn, verliert das Fahrzeug die Bodenhaftung und fängt an, auf dem Wasserfilm zu gleiten (Aquaplaning), wodurch es unkontrollierbar wird und die Unfallgefahr steigt [BMVBS; 2008; S. 17].

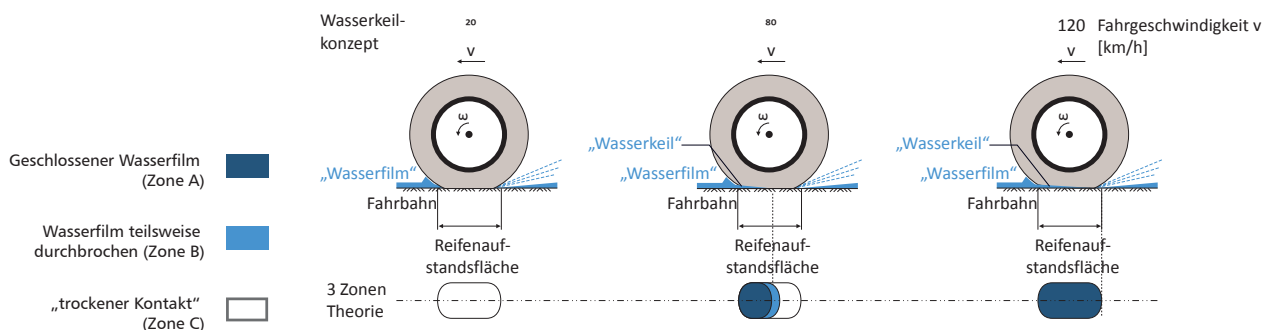
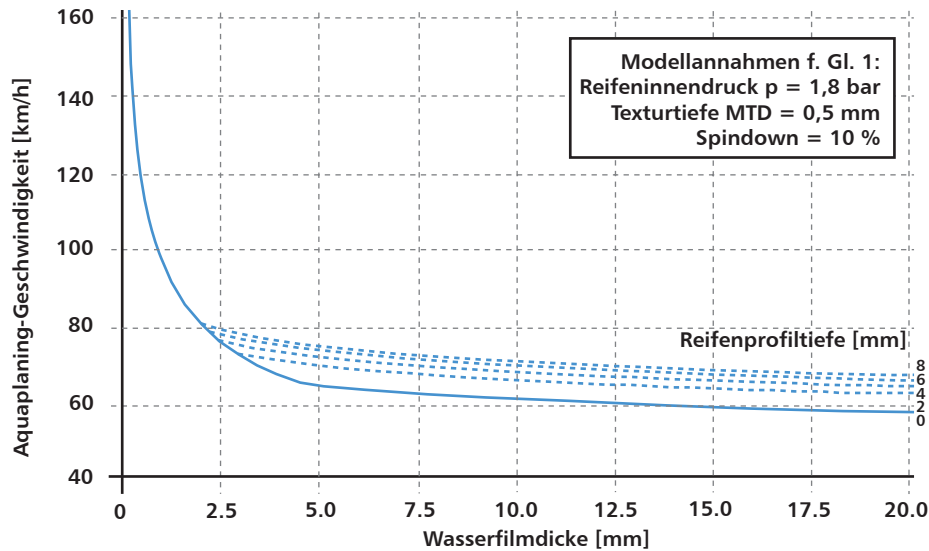


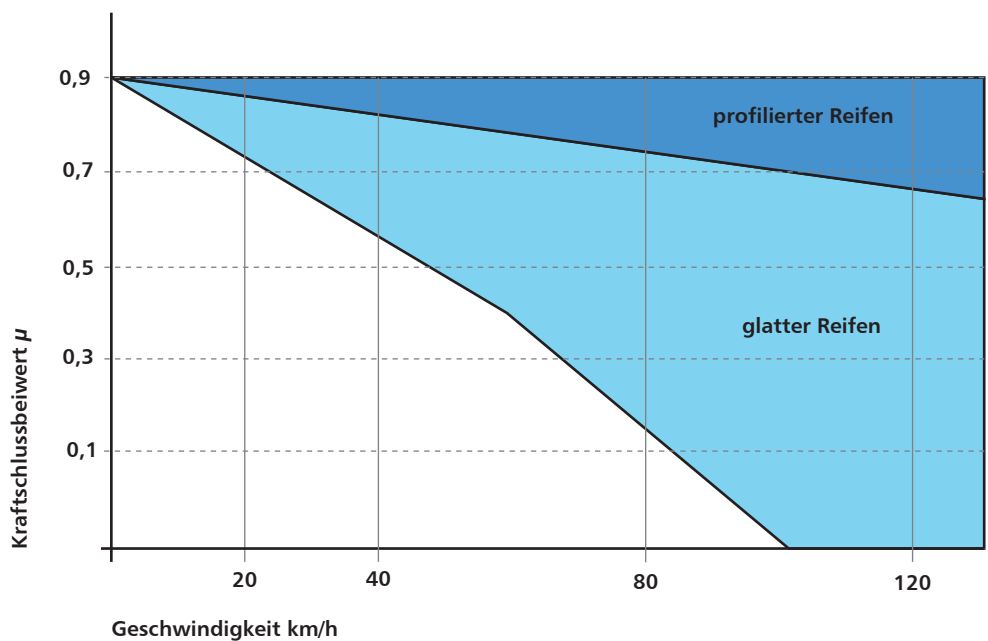
Abb. 6.5 Wasserkeilprinzip und 3-Zonen-Theorie [Herrmann, 2008]

Einen besonders entscheidenden Faktor für die Gefahr von Aquaplaning bildet die „Wasserfilmdicke“. Als solche wird „die vollständig ungestörte Schichtdicke oberhalb der Rauspitzen bezeichnet“ [Herrmann 2008:22]. In Abbildung 6.6 ist der Zusammenhang zwischen Wasserstand und Aquaplaning dargestellt. Die Formel basiert dabei auf einer multiplen linearen Regression aus 1083 Datensätzen ($R^2 = 0,85$) und ist nur für Wasserfilmdicken über 2,5 mm anwendbar [ebenda: 33f. nach Gallaway et al. 1979 und Reed et al. 1984]. Es wird deutlich, dass die Gefahr von Aquaplaning grundsätzlich im Verhältnis zur Wasserfilmdicke zunimmt. Daneben ist zu erkennen, dass auch die Geschwindigkeit des Fahrzeugs von entscheidender Bedeutung für die Größe des Wasserkeils ist. Mit zunehmender Geschwindigkeit nimmt das Risiko, dass der Reifen komplett auf den Wasserfilm aufschwimmt, progressiv zu.



Abhängigkeit der Aquaplaning-Geschwindigkeit von der Wasserfilmdicke - Einfluss der Reifenprofiltiefe. **Abb. 6.6**
 [Herrmann, 2008 nach Gallaway et al. 1979 und Reed et al. 1984]

Neben der Wasserfilmdicke und der Geschwindigkeit des Fahrzeuges bildet der Kraftschlussbeiwert eine wichtige Einflussgröße für die Entstehung von Aquaplaning. Dieser wird vom Zustand der Fahrbahnoberfläche (Material, Spurrinnen, Unebenheiten) sowie von den Beschaffenheit eines Fahrzeugreifens (Profilierung, Profiltiefe, Reifendruck) bestimmt [Herrmann 2008: IVf.]. Grundsätzlich lässt sich festhalten: je glatter ein Straßenbelag bzw. das Profil eines Autoreifens, desto höher die Gefahr des Aquaplaning (vgl. Abb. 6.7). Auch die Fahrbahntextur „beeinflusst - gleichwie die Neigung der Oberfläche - die Geschwindigkeit des abfließenden Wasserstroms, sie bestimmt die Größe der Drainagevolumina beim Wasserabfluss und sie steht als kurzfristiger Speicherraum zur Verfügung für das beim Überrollen durch Reifen aus der Reifenauflandsfläche verdrängte Wasser. Alle beschriebenen Effekte wirken jeweils in unterschiedlicher Art und Weise und überlagern sich“ [ebenda: IV].



Abhängigkeit des Kraftschlussbeiwertes von Geschwindigkeit und Reifenprofiltiefe **Abb. 6.7**
 [Felgen 2013]

Sachschäden an Fahrzeugen

Durch den gezielten Rückhalt von Niederschlagswasser im Straßenraum kann es unter Umständen bei einem erhöhten Wasserstand zum Eintritt von Wasser in Fahrzeuge bzw. zu Beschädigungen an Fahrzeugelementen kommen. Entscheidende Faktoren sind hier die jeweiligen Abstände der Fahrzeugkarosserie bzw. empfindlicher Fahrzeugteile zur Fahrbahnoberfläche im Verhältnis zur maximalen Einstauhöhe.

Der Abstand zwischen dem tiefsten Punkt der Karosserie zur Fahrbahn wird als „Bodenfreiheit“ bezeichnet (vgl. Abb. 6.8). „Die Bodenfreiheit unter einer Achse ist durch die Scheitelhöhe eines Kreisbogens bestimmt, der durch die Mitte der Aufstandsfläche der Reifen einer Achse (der Innenreifen bei Zwillingstreifen) geht und den niedrigsten Festpunkt zwischen den Rädern berührt“ [Europäischer Rat 1992: 4.5.5]. Für die Bestimmung der notwendigen Bodenfreiheit gilt grundsätzlich, dass Fahrzeuge bei einem verkehrsüblichen Fahrbetrieb nicht durch Hindernisse im Straßenraum beschädigt werden dürfen. In der Praxis ist die Höhe der Bodenfreiheit zwischen den einzelnen Fahrzeugherstellern und Fahrzeugtypen sehr unterschiedlich. Dies hängt damit zusammen, dass die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) keine rechtsverbindlichen Mindestwerte für die Bodenfreiheit von Fahrzeugen vorschreibt. Stattdessen gelten die allgemeinen Vorgaben des § 30 StVZO in Verbindung mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik des Straßenbaus und der Fahrzeugtechnik. Im Merkblatt 751 des TÜV-Verbandes [2008] werden lediglich Anhaltspunkte für tiefer gelegte Kfz gegeben, nachdem derartige Fahrzeuge „mit vollem Kraftstofftank und mit einem Fahrer besetzt“ (...) „ein Hindernis von 800 mm Breite und einer Höhe von 110 mm mittig überfahren können, ohne es zu berühren. Unter diesen Voraussetzungen kann davon ausgegangen werden, dass im normalen Straßenverkehr keine Beschädigungen eintreten. Abweichungen sind in begründeten Einzelfällen möglich. In solchen Fällen haben sowohl Fahrer als auch Fahrzeughalter die Verantwortung für den verkehrssicheren Betrieb des Fahrzeugs“ [DEKRA 2011].

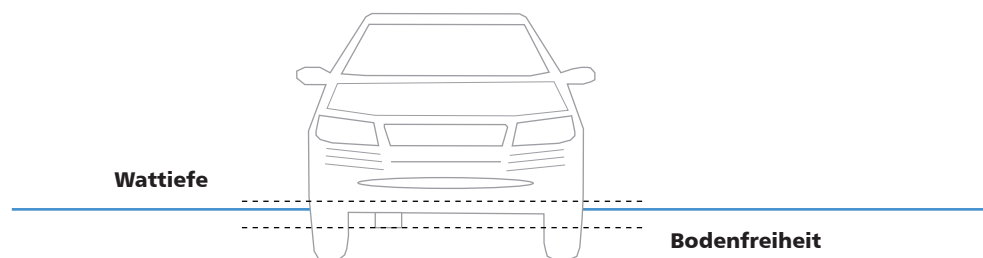


Abb. 6.8 Wattiefe und Bodenfreiheit
[Eigene Darstellung]

Eine Überschreitung der Bodenfreiheitshöhe muss nicht unbedingt eine Beschädigung des Fahrzeuges hervorrufen, zumal diese gegen den Eintritt von Feuchtigkeit abgedichtet sind. Kritischer wird es, wenn die sogenannte „Wattiefe“ erreicht wird (vgl. Abb. 6.8). „Die Wattiefe bezeichnet die Distanz zwischen dem Punkt, der vom Reifen berührt wird, und dem Lufteintritts- oder Luftansaugsystem des Motors“ [Volkswagen Technik-Lexikon 2011]. Dieser Abstandswert sagt aus, wie tief ein Gewässer höchstens sein darf, damit es vom Fahrzeug durchquert werden kann, ohne dass dieses einen technischen Schaden nimmt. Sobald ein Motor Wasser ansaugt, kommt es zu einem Wasserschlag, der meist einen Kurbelwellenschaden hervorruft. Derartige (meist irreparable) Wasserschlagschäden sind durch die gängigen Teilkaskoversicherungen nicht gedeckt

[KSTA 2013]. Für die Wattiefe außerdem relevant sind die Höhe von Lichtmaschine und Motorzündung, die Höhe der Entlüftungssysteme und die Abdichtung. In der Regel liegt die Wattiefe bei Personenkraftwagen bei 40 Zentimetern [Allgemeine Automobil-Ingenieurgesellschaft 2011].

Zu beachten ist dabei jedoch, dass die empfindlichen Fahrzeugelemente auch bei Wasserständen unterhalb der Wattiefe durch Wellenbildung (z.B. durch eigenen Fahrzeugwiderstand oder durch den Gegenverkehr) oder durch mitgerissene Gegenstände beeinträchtigt und beschädigt werden können.

6.2.3 Bewertung

Im Folgenden soll zusammenfassend eine Einschätzung gegeben werden, inwieweit die oben beschriebenen Risiken einer Mitbenutzungsmaßnahme im Straßenraum hinnehmbar sind und welche Voraussetzungen bei Abweichungen von gängigen Straßenbaustandards geschaffen werden müssen, um die Verkehrssicherungspflichten zu erfüllen.

Risiken

Die Sicherheitsrisiken, die aus der Mitbenutzung von Verkehrsflächen heraus entstehen, erscheinen bei näherer Betrachtung durchaus überschaubar bzw. kontrollierbar.

Bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse zu den Sturzgefahren für Fußgänger oder Radfahrer im Einflussbereich einer Wasserströmung gilt es zu berücksichtigen, dass diese Experimente für den Fall eines Versagens von Hochwasserschutzeinrichtungen und daraus resultierende Flutwellen durchgeführt wurden. Derartige Überflutungsereignisse haben in der Regel eine deutlich höhere Dynamik und charakterisieren sich durch erheblich größere Wasserstände als sie im Falle einer Mitbenutzung angestrebt werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Sturznummer erst bei Wasserständen zwischen 0,25 m und 0,75 m im Sturzbereich liegt und dass ab einer Höhe von 0,75 m erhebliche Gefährdungen entstehen [Oertel / Schlenkhoff 2008: 40]. Bei der Mitbenutzung von Straßen geht es in der Regel jedoch um deutlich geringere Einstautiefen (maximal Bordsteinkante) und Strömungsgeschwindigkeiten (in Abhängigkeit vom jeweiligen Längsgefälle). Gemäß der RESCDAM-Studie „kann für lokale Überschwemmungswasserstände h kleiner 0,25 m von geringen Gefährdungen ausgegangen werden“ [ebenda]. Daraus lässt sich vermuten, dass die durch die Mitbenutzung hervorgerufene Gefahr von Personenschäden eher gering ist.

Mit Blick auf die Unfallgefahr bzw. das Risiko von Sachschäden an Fahrzeugen kann festgestellt werden, dass sich das Risiko von Aquaplaning bzw. die Beeinträchtigung des Fahrkomforts durch den gezielten temporären Rückhalt von Wasser im Straßenraum grundsätzlich erhöht. Allerdings zeigen die vorliegenden Forschungserkenntnisse, dass Aquaplaning bei höheren Wasserständen im Straßenraum vermehrt bei Geschwindigkeiten über 60 km/h auftritt. Für eine Mitbenutzungsmaßnahme kommen jedoch, aufgrund deren Betroffenheit (Dichte, Versiegelung, Schadenspotenzial), vor allem innerstädtische Bereiche in Betracht, in denen die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten 60 km/h größtenteils nicht überschreiten. Aus Sicht der Verkehrssicherheit kann das Risiko von Aquaplaning-Unfällen als Folge einer Mitbenutzung daher als eher gering eingeschätzt werden, zumal erwartet werden kann, dass sich die Verkehrsteilnehmer ihre Geschwindigkeit im seltenen Falle eines Starkregens den Witterungs- bzw. Straßenverhältnissen anpassen. Die Gefahr, dass es durch Auftrieb bzw. durch den Widerstand der Wasserverdrängung zu einem Verlust an Bodenhaftung kommt, kann für eine kon-

trollierte Mitbenutzung aufgrund der begrenzten Einstautiefen (maximal Bordsteinkante) ausgeschlossen werden. Auch die für Fahrzeugbeschädigungen relevante Wattiefe wird (anders als z.B. bei unkontrollierten Überflutungen in Unterführungen) bei einer gezielten Mitbenutzung von Straßenräumen nicht erreicht.

Auch, wenn die Sicherheitsrisiken kontrollierbar erscheinen, muss darauf hingewiesen werden, dass es im Falle einer gezielten Ableitung bzw. einem temporären Rückhalt von Niederschlagsspitzen gleichwohl zu gewissen (zeitlich beschränkten) Komforteinschränkungen für die Verkehrsteilnehmer kommen kann. So besteht im Falle hoher Wasserstände ein erhöhtes Risiko von Spritzfahrten durch Fahrzeuge, die den Fuß- und Radverkehr beeinträchtigen können. Darüber hinaus kann durch stehendes bzw. fließendes Regenwasser die Zugänglichkeit mancher Bereiche unterbunden bzw. erschwert werden. So kann es beispielsweise sein, dass für eine bestimmte Zeit die Überquerung einer Straße bzw. der Zugang zu einem Fahrzeug für Fußgänger nicht „trockenen Fußes“ möglich ist. Auch kann der Rückhalt von Niederschlagswasser im Straßenraum manche Verkehrsfläche kurzzeitig blockieren (z.B. Stellflächen, Plätze etc.) oder Fahrzeuge zu Umwegen zwingen, um ihr Ziel zu erreichen. Darüber hinaus können im Einzelfall unmittelbar nach einer Mitbenutzung Rückstände auf Verkehrsflächen zurückbleiben, die die Begehbarkeit mancher Bereiche erschweren bzw. die Verkehrsteilnehmer Rutschgefahren bzw. potenziellen Verschmutzungen aussetzen.

Komforteinschränkungen entstehen nicht ausschließlich durch eine Mitbenutzung. Tatsächlich können die beschriebenen Umstände auch durch andere Witterungsbedingungen (Schnee, Eis, Laub etc.) hervorgerufen werden. Derartige Ereignisse kommen bereits heute regelmäßig vor und zwingen einen Verkehrsteilnehmer dazu, sich den Witterungs- bzw. Straßenverhältnissen anzupassen und die Straße so hinzunehmen, wie sie sich ihm darstellt. Einer erkannten Beeinträchtigung durch Niederschlagswasser im Straßenraum müssen Fußgänger, Radfahrer und Kraftfahrer ebenso (z.B. durch Anpassung der Geschwindigkeit oder die Wahl eines sicheren Weges) Rechnung tragen wie der Rutschgefahr bei nassem Laub oder winterlicher Glätte [König 2011: 943, 68].

Hinsichtlich der Risiken einer Mitbenutzung von Straßen lässt sich festhalten, dass angesichts der Frequenz einer Mitbenutzung von wenigen Ereignissen im Jahr, die damit in Verbindung stehenden Sicherheitsrisiken ebenso wie die oben genannten Einschränkungen des Verkehrskomforts als hinnehmbar betrachtet werden können. Die Analyse der aktuellen Rechtsprechung hat gezeigt, dass die Anforderungen an die Verkehrssicherheit im Straßenraum umso höher sind, je größer und konkreter eine Gefährdung ist. „Gegen (...) nur selten auftretende Gefahren können vom Verkehrssicherungspflichtigen (...) keine Maßnahmen verlangt werden“ [Staab 2003: 690].

Anforderungen zur Verkehrssicherung

Eine Abweichung von den allgemein anerkannten Regeln der Technik zur Umsetzung von Mitbenutzungsmaßnahmen (z.B. durch die Errichtung von Hochborden oder eines V-Profiles) bedeutet nicht zwangsweise eine Verletzung der Verkehrssicherungspflicht und ist somit nicht prinzipiell ausgeschlossen. Verkehrsteilnehmer dürfen zwar grundsätzlich nicht mit baulichen Verhältnissen konfrontiert werden, die sie typischerweise nicht erwarten und die bei Nichtbeachtung zu Schäden führen, allerdings sind Abweichungen vom technischen Standard und einschlägigen Regelwerk insofern möglich und kein Verstoß gegen die Verkehrssicherungspflicht, wenn der Wegebausträger diese durch geeignete Kennzeichnungen oder Beschilderungen und unter Umständen

auch durch Verbote deutlich macht [Werner 2012]. Eine wichtige Voraussetzung zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht und zum Ausschluss von Haftungsansprüchen bei der Umsetzung von Mitbenutzungsmaßnahmen bildet demnach die Durchführung ausreichender Vorsorgemaßnahmen oder zumindest die Warnung der Verkehrsteilnehmer vor eventuellen Beeinträchtigungen, „die unerwartet aus der Beschaffenheit der Straße erwachsen“ [König 2011: 926:51]. Der Straßenbaulastträger ist generell verpflichtet, soweit finanziell zumutbar [Staab 2003: 690f.], den Verkehr auf öffentlichen Straßen und Plätzen möglichst gefahrlos zu gestalten und die Verkehrsteilnehmer gegen unvermutete und nicht ohne weiteres erkennbare Gefahrenquellen zu sichern bzw. zumindest vor diesen zu warnen. Es wird jedoch immer seltene Situationen geben, in denen der Wegebaulastträger unter Berücksichtigung seiner Leistungsfähigkeit außerstande ist, einen den Verkehrsbedürfnissen genügenden Straßenzustand zu gewährleisten. So liegen die Dinge auch bei einer Mitbenutzung: Wegen des außergewöhnlichen Starkregens und der mangelnden Kapazität der Kanäle kann der Wegebaulastträger die uneingeschränkte Passierbarkeit der Straße nicht gewährleisten. Die Folge ist dann, dass die Straße durch Warnzeichen zu kennzeichnen ist [Werner 2012].

Die Warnung der Verkehrsteilnehmer muss zunächst auf die baulichen Gegebenheiten abzielen und den Verkehrsteilnehmer auf die ungewohnte Situation aufmerksam machen. Für den konkreten Fall einer vom „Normalfall“ abweichenden Bordsteinhöhe - wodurch unter Umständen das „Verkehrsbedürfnis“ zum Aussteigen an bestimmten Stellen nicht erfüllt werden kann - könnte beispielsweise das Verkehrszeichen „Seitenstreifen nicht befahrbar“ oder notfalls ein absolutes Halteverbot in Erwägung gezogen werden. Im Beispiel des V-förmigen Straßenprofils kämen u.U. Geschwindigkeitsbeschränkungen in Betracht, um die ungewohnte Bauweise ungefährlich zu halten. Es wäre in diesem Zusammenhang zu untersuchen, ob die derzeitigen Instrumente von Beschränkungen, Warnungen und Hinweisen nach Straßenverkehrsrecht ausreichen oder ob neue, besser geeignete für die besonderen Situationen überfluteter Straßen hinzukommen müssen [Werner 2012].

Neben Hinweisen über eventuell ungewöhnliche bauliche Eigenschaften eines Straßenraumes muss auch vor den Konsequenzen gewarnt werden, die aus den Merkmalen der Straße hervorgehen (in diesem Fall der temporäre Rückhalt von Niederschlagswasser im Falle eines extremen Regenereignisses). „Droht die Gefahr von Überflutungen bei starken Niederschlägen aufgrund der Anlage der Straße (...), muss vor dieser Gefahr durch eine entsprechende Beschilderung permanent gewarnt werden; bei bereits eingetretenen Überschwemmungen muss die Straße gesperrt werden“ [Rotermund / Krafft 2008: 184, nach OLG Hamm 1999]. Auf letzteres Mittel sollte jedoch nur dann zurückgegriffen werden, wenn dies zur Gefahrenbeseitigung notwendig ist und „wenn die Beeinträchtigung des Verkehrs durch die Sperrung nicht erheblich ist“ [Staab 2003: 692].

Wenn eine „bekanntermaßen latente Gefahrenstelle“ (z.B. eine gezielt zum Regenrückhalt entworfene Verkehrsfläche) nicht durch entsprechende Beschilderung gesichert ist (hier eine von starken Niederschlägen überflutete Straßensenke), haftet grundsätzlich die verkehrssicherungspflichtige Gemeinde [OLG Hamm 1999: Leitsatz 1]. Nichtsdestotrotz wird auch von dem betroffenen Verkehrsteilnehmer eine durch die Wetterlage bedingte Vorsicht erwartet: „Bemerkt der Fahrzeugführer die Überflutung zu spät, etwa weil er zu schnell oder unaufmerksam gefahren ist, führt ein erhebliches Eigenverschulden zur (hier hälftigen) Anspruchsminderung“ [ebenda: Leitsatz 2].

Gemäß einem Urteil des Landgerichtes Mannheim führt eine temporär wetterbedingte Wasseransammlung nicht automatisch zu einer Haftungsverpflichtung des Straßenbaulastträgers. Vielmehr entfällt die Pflicht, tätig zu werden, dann, wenn ein Verkehrsteilnehmer die Gefahr rechtzeitig erkennt und sich darauf einstellen kann: „Hat sich auf einer stark befahrenen Umgehungsstraße auf Grund eines wolkenbruchartigen Regens ein Wasserstau gebildet, so kommt auch dann, wenn das Wasser nur langsam abläuft, eine schuldhaftige Verletzung der Verkehrssicherungspflicht im Allgemeinen nicht in Betracht. Die Verkehrssicherungspflicht entfällt im Übrigen dort, wo die Gefahrenquelle offensichtlich ist und durch die Anwendung gewöhnlicher Sorgfalt - etwa durch Herabsetzen der Geschwindigkeit oder durch Absehen vom Überholvorgang - gemeistert werden kann. (...) Es ist allgemein bekannt, dass derartig große Niederschlagsmengen nicht immer sofort abfließen und auch auf Straßen mit Kanalabfluss zu Wasserstauungen und Überschwemmungen führen können. Solche vorübergehenden Störungen lassen sich in keinem Fall ausschließen. Eine schuldhaftige Verletzung der Verkehrssicherungspflicht kann hierin nicht erblickt werden“ [LG Mannheim 1966].

Es empfiehlt sich also, im Falle der Umsetzung einer Mitbenutzungsmaßnahme auf Verkehrsflächen, ausreichend vor potenziellen Wasseransammlungen zu warnen. Hierzu kann das Verkehrszeichen 101 („Achtung Gefahrenstelle“) mit jeweils konkreten Gefahrenhinweisen genutzt werden, das bereits heute an regelmäßigen Überflutungsstandorten im Straßenraum (z.B. an Senken und Unterführungen) platziert wird und den Verkehrsteilnehmer zur Vorsicht mahnt (vgl. Abb. 6.9 links). Alternativ kann wie in Überschwemmungsgebieten von Flüssen durch individuelle Beschilderung auf Gefahren hingewiesen werden (vgl. Abb. 6.9 mittig und rechts). Im konkreten Überflutungsfall ist darüber hinaus der temporäre Einsatz des Verkehrszeichen 2014 („Fahrbahn überflutet“) denkbar.

Um die Restrisiken von Aquaplaning zu verringern, sollten im Falle einer gezielten Mitbenutzung die entsprechenden zulässigen Höchstgeschwindigkeiten überprüft und ggf. für den Überflutungsfall nach unten hin angepasst werden (z.B. durch das Verkehrszeichen 1052-36 „bei Nässe“). Dies gilt insbesondere für innerstädtische Bereiche mit Höchstgeschwindigkeiten von über 60 km/h, sofern diese Bereiche überhaupt für Mitbenutzungsmaßnahmen in Erwägung gezogen werden.

Wenn eine Gefahrenstelle einen besonderen Reiz auf Kinder ausübt und deren Fehlverhalten einkalkuliert werden muss, müssen besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden. Fraglich ist, ob das Aufstellen eines Warnschildes ausreichend ist, um Kinder auf die Gefahren aufmerksam zu machen und sie zu einem angepassten Handeln zu bewegen. Von Kindern ist ein situationsgerechtes und vorschriftsmäßiges Verhalten nicht ohne weiteres zu erwarten, da sie die Gefahren in Folge von Ablenkung, Neugier oder Spieltrieb eventuell nicht richtig einschätzen. Die Verkehrssicherungspflicht gegenüber Kindern ist jedoch insoweit eingeschränkt, als darauf vertraut werden darf, dass die Aufsichtspflichtigen ihrer Pflicht nachkommen oder wenn angenommen werden kann, dass die Kinder sich „durch ihr natürliches Angstgefühl der Gefahr bewusst sind“ [Rotermund / Krafft 2008: 175.]. Dennoch sollten, in Abhängigkeit von der örtlichen Gefährdungslage (Einstautiefe, Fließverhalten etc.), bei der Auswahl von Mitbenutzungsstandorten stark von Kindern frequentierte Bereiche (z.B. Verkehrsflächen vor Spielplätzen oder Kindergärten) möglichst ausgespart bzw. entsprechend gesichert werden.

Besondere Vorsichtsmaßnahmen gelten desweiteren auch im Umfeld unterirdischer Verkehrsräume. Hier sollte das Risiko eines Wassereintritts angesichts der erhöhten Ge-



Möglichkeiten der Beschilderung zur Warnung vor besonderen Überflutungssituationen
[Heike T. 2011; Hansmann 2013; Aleman 2013]

Abb. 6.9

fährdungslage auf jeden Fall vermieden werden. Bei der Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Wasserrückhalt sollte daher möglichst immer das Ziel verfolgt werden, Bereiche mit Zugängen zu unterirdischen Bauwerken (unter Berücksichtigung der zu erwartenden Strömungsverhältnisse) möglichst auszusparen oder mit einem zusätzlichen Objektschutz zu versehen. In dennoch potenziell gefährdeten Gebieten sollten die unterirdischen Anlagen „einer Analyse unterzogen bzw. Informationen an die jeweilige Bevölkerung bezüglich möglicher Gefahren sowie auch bezüglich Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln weitergegeben werden“ [Oertel / Schlenkhoff 2008: 42].

Eine weitere Voraussetzung dafür, der Pflicht der Verkehrssicherung bei einer Mitbenutzung gerecht zu werden, bildet eine regelmäßige Überwachung des Straßenzustands. Die Sorgfaltspflicht der Gemeinde umfasst „die sachgemäße Unterhaltung und regelmäßige Beaufsichtigung der Fahrbahn an Stellen, die bei starkem Regen der Überflutungsgefahr ausgesetzt sind“ [BGH 3 1970: sonstiger Orientierungssatz]. Gemäß einem Urteil des OLG Hamm [1999] haftet der verkehrssicherungspflichtige Straßenbaulastträger, wenn er eine Überflutungsgefahr infolge mangelhafter Überwachung nicht erkannt hat. Die Kontrollfrequenz ist abhängig von den örtlichen Verhältnissen und der Verkehrsbedeutung einer Verkehrsfläche. Daher empfiehlt es sich für den Straßenbaulastträger, einen Kontrollplan zu erstellen, aus dem sich Inhalt und Abfolge der Kontrollmaßnahmen ergeben [Staab 2003: 692].

Neben der regelmäßigen Überprüfung des Straßenzustands umfasst die Verkehrssicherungspflicht auch die Räum- und Streupflicht. In manchen Ländern wird diese Pflicht jedoch zum Teil per Gesetz auf Private übertragen. Der Umfang bzw. die Frequenz der Räum- und Streupflicht ist abhängig von der „Verkehrsbedeutung des Weges, seiner Gefährlichkeit, der Zumutbarkeit und der Witterung [Heß 2008: 601, Rn13 nach BGH].

Soweit der Gemeinde die Räumspflicht obliegt, hat sie die erforderlichen Maßnahmen zu treffen, um die Räum- und Streupflicht „nach besten Kräften“ (§ 3 BFernStrG) zu erfüllen. Auf Stadtstraßen sollte der Fokus dabei auf verkehrswichtige und gefährliche Stellen gelegt werden [Heß 2008: 601, Rn 13]. Dabei handelt es sich vor allem um die wichtigen Aus- und Einfallstraßen, Durchgangstraßen und Hauptverkehrsstraßen mit bedeutendem Verkehrsaufkommen [Staab 2003: 692f. ; König 2011: 941, Rn 61].

Im Falle einer gezielten Mitbenutzung von Straßen zum Umgang mit Niederschlagsspitzen kann sich aufgrund der gesetzlichen Verkehrssicherungspflicht die Notwendigkeit einer anschließenden Reinigung der genutzten Flächen ergeben (z.B. die Entfernung

schmieriger Rückstände auf den Verkehrsflächen). Da Starkregenereignisse jederzeit auftreten können, müssten derartige Reinigungsmaßnahmen im Einzelfall auch außerhalb üblicher Dienstzeiten erfolgen [König 2011: 938ff.]. Es bedarf daher der Festlegung flexibler Reinigungsstrategien sowie einer Klärung der Zuständigkeiten, um zeitnah auf Starkregenereignisse bzw. auf die Inanspruchnahme von Mitbenutzungsflächen reagieren zu können. Allerdings hat die sich aus der Verkehrssicherungspflicht ergebene Räumspflicht „zeitliche und örtliche Grenzen, da nicht überall gleichzeitig geräumt und gestreut werden kann“ [König 2011: 942, Rn 65]. Es kann von dem Verkehrssicherungspflichtigen nicht erwartet werden, dass er während bzw. unmittelbar im Anschluss an ein Starkregenereignis überall Sicherungs- bzw. Reinigungsmaßnahmen durchführt. Die Haftungsfrage ist im Schadensfall daher auch davon abhängig, ob sich der betroffene Verkehrsteilnehmer vor Ort auf die witterungsbedingten Gefahren einstellt und Maßnahmen (z.B. Halten, Ausweichen etc.) ergreift, die nach der aktuellen Gefahrenlage geboten sind, um Schäden zu vermeiden. Tut er dies nicht, kann dies anspruchsmindernd wirken [Staab 2003: 697f.]. Bei witterungsbedingten Unfällen liegt ein „entgegengesetzter Anscheinsbeweis“ vor: demnach ist es allgemein „anerkannt, dass es typischerweise auf einen Mangel an der verkehrserforderlichen Sorgfalt hinweist, wenn ein Kraftfahrer bei der Fahrt auf einer regen-, schnee- oder eisglatten Straße mit seinem Fahrzeug ins Rutschen gerät und von der Fahrbahn abkommt“ [ebenda: 701].