

Barrierefreie Querungsstellen an Hauptverkehrsstraßen – Ausgestaltung von Bordsteinabsenkungen und Bodenindikatoren im Detail

FA 77.500

Forschungsstelle: Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. (STUVA), Köln / Ingenieurbüro für Systemberatung und Planung GmbH (ISUP), Dresden / Fachhochschule Erfurt, Institut für Verkehr und Raum (Prof. Dr. M. Gather)

Bearbeiter: Grossmann, H. / Pfeil, M. / Boenke, D. / Piazzolla, A. / Rebstock, M. / Herrnsdorf, G.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: November 2013

1 Problemstellung und Zielsetzung

Überquerungsstellen dienen Fußgängern und Radfahrern dazu, Fahrbahnen zu überqueren. Blinde und sehbehinderte Menschen mit Langstock benötigen an Überquerungsstellen eine eindeutig ertastbare Kante, gehbehinderte Menschen mit rollbaren Hilfsmitteln (Rollstuhl und Rollator) bevorzugen einen stufenlosen Übergang zwischen Gehweg und Fahrbahn. Um die gegensätzlichen Anforderungen zu erfüllen, können Überquerungsstellen als Lösung mit einheitlicher Bordhöhe ("ein Bordstein für Alle") oder mit differenzierten Bordhöhen ("Doppelquerung") errichtet werden. Bei der Ausführung mit differenzierten Bordhöhen gibt es zwei unterschiedliche Überquerungsbereiche: Einen Bereich, der aufgrund einer höheren Bordsteinkante besonders für blinde und sehbehinderte Menschen geeignet ist sowie einen Bereich mit Absenkung der Bordsteinkante auf Fahrbahnniveau zur verbesserten Überrollbarkeit. Nichtbehinderte Verkehrsteilnehmer können die unterschiedlichen Bereiche in der Regel problemlos nutzen. An den meisten Überquerungsstellen in deutschen Kommunen wird die Lösung mit einheitlicher Bordhöhe umgesetzt. Hier gilt die in der DIN 18024-1 "Barrierefreies Bauen – Teil 1: Straßen, Plätze, Wege, öffentliche Verkehrs- und Grünanlagen sowie Spielplätze – Planungsgrundlagen" und den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06) beschriebene Einbauhöhe der Bordsteine von 3 cm (Auftritt) als Kompromiss zwischen den Anforderungen unterschiedlicher Gruppen mobilitätseingeschränkter Menschen.

Die Rückmeldungen von Rollstuhl- und Rollatornutzern führten an Überquerungsstellen mit einheitlicher Bordhöhe in einigen Städten teilweise bereits zu Bordsteinabsenkungen mit weniger als 3 cm Auftritt bis auf Fahrbahnniveau, teils auch ohne weitere Sicherungsmaßnahmen für blinde und sehbehinderte Menschen. Dieses Vorgehen widerspricht allerdings den Anforderungen an den oben beschriebenen Kompromiss und kann zur Verringerung der objektiven und subjektiven Sicherheit bei blinden und sehbehinderten Menschen führen. Sicherheitsbedenken werden dahingehend geäußert, dass eine Einbauhöhe von lediglich 3 cm bereits an der Untergrenze der Wahrnehmbarkeit mit dem Langstock liege; zumal die tatsächliche Höhe des geforderten Maßes durch Einbautoleranzen und zusätzlich

durch Schmutzansammlungen in der Rinne in der Praxis oftmals noch unterschritten wird.

Der beschriebene Zielkonflikt besteht bei der Ausgestaltung der 3 cm-Bordsteinkante teils im Detail. Nutzende eines Langstocks bevorzugen eine möglichst scharfkantige Ausbildung der Kante, da diese mit dem Langstock besser zu ertasten sei. Menschen mit Rollstühlen oder Rollatoren bevorzugen hingegen abgerundete Kanten, da diese leichter zu überwinden seien. Ein weiterer Zielkonflikt besteht hinsichtlich der Bodenindikatoren, welche blinden und sehbehinderten Menschen die Auffindbarkeit und Orientierung erleichtern sollen und daher zunehmend auch an Überquerungsstellen eingebaut werden. Die strukturierte Fläche beeinträchtigt jedoch wiederum möglicherweise die leichte Überrollbarkeit durch Rollatoren oder Rollstühle. Durch den zunehmenden Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung und den damit zu erwartenden zunehmenden Nutzung von Hilfsmitteln bei der Mobilität im Verkehrsraum werden sich diese Zielkonflikte in ihrer Ausprägung weiter verschärfen.

Insgesamt ist zur Ausgestaltung der Bordsteinkante an Überquerungsstellen mit einer Einbauhöhe von 3 cm sowie zu den Wechselwirkungen von Bodenindikator-basierten Strukturen bisher lediglich eine geringe Anzahl von Einzeluntersuchungen mit jeweils wenigen Probanden durchgeführt worden. Objektive, belastbare Aussagen fehlten vollständig.

Die verschiedenen methodischen Ansätze im Rahmen dieser Untersuchung sollten daher Aufschluss darüber bringen, ob die Einbauhöhe von 3 cm aus Sicht von Menschen mit Behinderung die Anforderungen der verschiedenen Gruppen erfüllt und welche Bordsteinform an einer Überquerungsstelle mit einheitlicher Bordhöhe dafür am besten geeignet ist. Zudem war zu ermitteln, welche Bodenindikator-Strukturen sowohl von Langstocknutzenden als auch von Nutzenden rollbarer Hilfsmittel für den Einbau im Straßenraum bevorzugt bzw. akzeptiert werden.

2 Untersuchungsmethodik

Zur Erfüllung der Aufgabenstellung wurden Verfahren aus unterschiedlichen qualitativen und quantitativen Analysen sowie objektiven und subjektiven Methoden angewendet.

Ausgangspunkt der Gesamtuntersuchung bildete eine Analyse nationaler und internationaler Literatur, in der die barrierefreie Gestaltung von Überquerungsstellen thematisiert wird. Dabei wurden technische Regelwerke ebenso betrachtet, wie Empfehlungen von Verbänden bzw. Vertretern von Menschen mit Behinderungen, Empfehlungen von Straßenbauassträgern sowie Forschungsvorhaben bzw. empirische Untersuchungen Dritter. Die verschiedenen Quellen dienten dazu, zunächst allgemeine Gestaltungsgrundsätze für barrierefreie Überquerungsstellen abzuleiten.

Neben dieser Analyse konnte mit Unterstützung des Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverbands (DBSV) eine Befragung von 1 384 blinden und sehbehinderten Menschen zu ihren Erfahrungen bei der Mobilität im Straßenraum durchgeführt werden, um empirisch belastbare Aussagen zur individuellen Mobilität und Orientierung blinder und sehbehinderter Men-

schen im Allgemeinen sowie an Überquerungsstellen (Bordkanten, Bodenindikatoren) im Speziellen zu erhalten.

An die Literaturanalyse und Befragung schlossen sich verschiedene messtechnische Untersuchungen sowie Bewertungen durch Probanden von Bordsteinkanten und Bodenindikatoren an. Durchgeführt wurde ein zweistufiges Testverfahren mit dem Ziel, die unterschiedlichen Elemente hinsichtlich ihrer Funktionalität für die verschiedenen Nutzergruppen im Vergleich gegeneinander zu analysieren. Im Einzelnen wurden folgende Schritte durchgeführt:

- Ertastbarkeit und Überrollbarkeit von Bordsteinen:
 - objektive Messung des Kraftaufwands beim Überrollen der unterschiedlichen Bordsteinformen mit rollenden Hilfsmitteln (Rollator bzw. Rollstuhl) am Ersatzsystem,
 - objektive Messung des Kraftaufwands bei unterschiedlichen Einbauhöhen eines Bordsteins,
 - objektive Messung der Taktilität (Kraftwiderstand) beim Ertasten bzw. Überstreichen der verschiedenen Bordsteinkantenformen mit dem Langstock,
 - subjektive Bewertung der Ertastbarkeit bzw. Überrollbarkeit von unterschiedlichen Bordsteinkanten durch Probanden mit einer Behinderung, die bei ihrer Mobilität ein Hilfsmittel nutzen,
 - subjektive Bewertung der Ertastbarkeit bzw. Überrollbarkeit von unterschiedlichen Bordsteinkanten durch Probanden einer Vergleichsgruppe (Menschen ohne Behinderung), die ein Hilfsmittel nutzen.
- Ertastbarkeit und Überrollbarkeit von Bodenindikatoren:
 - objektive Messung der am Griff wirkenden Erschütterungen beim Überrollen der unterschiedlichen Bodenindikatoren mit einem Rollator,
 - objektive Messung der Erschütterungen am Langstock beim Überstreichen der verschiedenen Bodenindikatoren mit diesem Hilfsmittel,
 - subjektive Bewertung der Ertastbarkeit bzw. Überrollbarkeit unterschiedlicher Strukturen von Bodenindikatoren durch Probanden mit einer Behinderung, die bei ihrer Mobilität ein Hilfsmittel nutzen,
 - subjektive Bewertung der Ertastbarkeit bzw. Überrollbarkeit von unterschiedlichen Bodenindikatoren durch Probanden einer Vergleichsgruppe (Menschen ohne Behinderung), die ein Hilfsmittel nutzen.

Die Untersuchung wurde vollständig durch das Bundeskompetenzzentrum Barrierefreiheit e. V. (BKB) begleitet. Für das BKB waren Vertreter des Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverbands e. V. (DBSV) sowie des Sozialverband VdK Deutschland e. V. fortlaufend in den Arbeitsfortschritt eingebunden. Zudem wurden ein Fachforum sowie ein Workshop durchgeführt, bei denen jeweils Menschen mit Behinderung, deren Interessenvertreter sowie Mobilitätslehrer in die Diskussion eingebunden waren.

3 Zusammenfassung und Untersuchungsergebnisse

3.1 Ausgestaltung der Bornsteinkante

Bezüglich der Einbauhöhe von Bordsteinen an Überquerungsstellen mit einheitlicher Bordhöhe hat sich der bislang bestehende Kompromiss einer Einbauhöhe von 3 cm als weiterhin geeignet erwiesen. Exemplarische Kraftmessungen an einem Bordstein gleicher Form bei unterschiedlicher Einbauhöhe ergaben, dass bei Hilfsmitteln mit kleinen Rädern bereits bei einer Höhe ab 4 cm große Schwierigkeiten bei der Überwindung der Kante auftreten können. Demgegenüber wurden die auf der Teststrecke eingebauten Bordsteine mit einer Einbauhöhe von in der Regel 3 cm von nahezu einem Drittel der Langstocknutzer in Abwärtsrichtung teils überlaufen. Diese Beobachtung bestätigte auch die Ergebnisse der Befragung zu diesem Punkt.

Entscheidend für die Auswahl einer den Anforderungen aller Nutzer am besten entsprechenden Bordsteinform ist die Abwägung zwischen

- der Gewährleistung einer relativ sicheren Erkennbarkeit mit dem Langstock durch blinde und stark sehbehinderte Menschen vor allem in abwärts führender Richtung und
- der Gewährleistung einer relativ einfachen Überrollbarkeit vor allem in aufwärts führender Richtung.

Bezüglich der Beurteilung der Bordsteinkanten stellten sich bei Langstocknutzern und Nutzern mit rollenden Hilfsmitteln erwartungsgemäß richtungsbezogen gegensätzliche Bewertungen ein.

In aufwärtsführender Richtung erkannten blinde Langstocknutzer die Bordsteine unabhängig von der Ausformung der Kante in der Regel sicher. Demgegenüber äußerten insbesondere Rollatornutzer generell Schwierigkeiten bei der Überwindung in Aufwärtsrichtung (vgl. Bild 1). Rollstuhlnutzer zeigten dabei etwas weniger Schwierigkeiten. Letztendlich konnten aber alle Probanden mit rollenden Hilfsmitteln sämtliche Bordsteine überwinden, wenn dies auch teilweise mit erheblichen Anstrengungen verbunden war.

Dabei waren insbesondere bei den Rollatornutzern in Abhängigkeit von der Form der Bordsteinkante teils deutliche Unterschiede in der Bewertung zu erkennen. Die scharfkantige Lösung (B1) schnitt am schlechtesten ab. Eine besonders schlechte mittlere Bewertung erhielt der Sinusbord (B5), wahrscheinlich aufgrund seiner steilen Neigung im oberen Bereich (Wendepunkt) sowie seiner bauartbedingten Einbauhöhe von 4 cm. Die Borden B2 bis B4 schnitten nahezu gleich in der mittleren Bewertung ab. In der detaillierten Analyse (mittels Histogrammauswertung) zeigte sich eine leichte Präferenz von Bord B3 ($r = 5$ cm) gegenüber Bord B2 ($r = 2$ cm).

In der Abwärtsbewegung hatten blinde und hochgradig sehbehinderte Nutzer Schwierigkeiten, die Kanten sicher zu erkennen. Etwa ein Drittel bis ein Viertel der Probanden überliefen diese – unabhängig von der Bordsteinform. Je weniger ausgeprägt (scharfkantiger) die Kante ausgebildet war, desto schlechter wurde zudem die Ertastbarkeit bewertet (vgl. Bild 2). Dem-

gegenüber stellten sich bei der mittleren Bewertung durch Rollstuhl- und Rollatornutzer in der Abwärtsrichtung nur geringe Unterschiede ein. Hinsichtlich des Komforts bei der Überrollung wurden Elemente tendenziell besser bewertet, je ausgeprägter die Rundung der Bordkante war (B1 bis B3) bzw. bei einer Fase (B4).

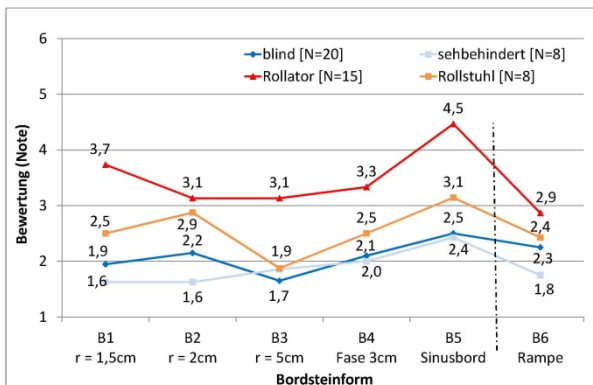


Bild 2: Mittlere Bewertung von Bordsteinformen von Probanden in Abhängigkeit des genutzten Hilfsmittels (aufwärts führende Richtung)

Als wenig geeignet für den Einbau an Überquerungsstellen für den Fußgängerverkehr hat sich der Flachbord (Sinusform, B5) herausgestellt. Dieser schnitt bei allen Gruppen über alle Messungen betrachtet vergleichsweise schlecht ab. Insgesamt gut bewertet wurde die Rampe (B6). Sie wurde von Langstocknutzern in beide Gehrichtungen schnell und sicher erkannt. Auch von den Rollstuhlnutzern erhielt sie in beide Richtungen gute Noten. Lediglich die Rollatornutzer gaben dieser Lösung abwärtsführend eine auffallend schlechte Note. Von den Nutzern geäußerte Kommentare zeigten, dass die Bewertung durch die Oberflächenstruktur der Rampe mit (recht groben Bodenindikatoren beeinflusst war. Die Oberfläche der Rampe war mit grob strukturierten Bodenindikatoren belegt. Dieses Element stellte keine Bordsteinkante im Sinne der Forschungsaufgabe dar. Sie gab allerdings Hinweise für einen möglichen weiteren Forschungsbedarf.

Die objektiven Messungen sowie die Bewertungen der Vergleichsgruppen (Teilnehmer ohne Behinderung), die bei der Begehung der Teststrecke ein Hilfsmittel benutzten, bestätigten tendenziell insgesamt die Einschätzung der Menschen mit Behinderung bezüglich der Ertastbarkeit oder Überrollbarkeit. Dies erlaubte eine zusätzliche Objektivierung der Bewertungen der Menschen mit Behinderung.

Die Anforderungen bezüglich einer sicheren Erkennbarkeit der Bordsteinkante insbesondere in abwärtsführender Richtung sowie der Überrollbarkeit vor allem in aufwärtsführender Richtung erfüllten die Bordsteine B2 (r = 2 cm) und B3 (r = 5 cm) am besten, wobei die detaillierte Betrachtung leichte Vorteile für das Element B2 ergab. Zudem bietet ein r = 2 cm auch unter bautechnischen Aspekten bei einer Einbauhöhe von 3 cm Vorteile (keine klaffende Fuge).

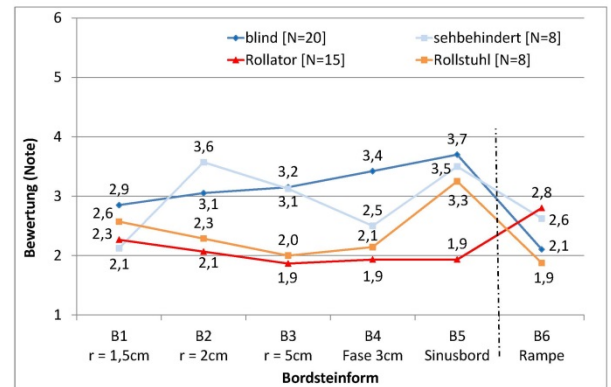


Bild 3: Mittlere Bewertung von Bordsteinformen von Probanden in Abhängigkeit des genutzten Hilfsmittels (abwärts führende Richtung)

3.2 Ausbildung der Bodenindikatoren

Nach den objektiven Messungen wurden auch die Bodenindikatoren von Probanden mit unterschiedlichsten Fähigkeiten sowie einer Vergleichsgruppe begutachtet und von diesen Gruppen bezüglich ihrer Taktilität und Überrollbarkeit bewertet (Bild 3). Von den Rollstuhl- und Rollatornutzern wurden sämtliche Bodenindikatoren überrollt, wenn auch bei einigen Strukturen starke Erschütterungen gemeldet wurden. Einige Probanden gaben auf Nachfrage an, dass sie das Überfahren von Bodenindikatoren vermeiden würden, wenn dadurch keine großen Umwege erforderlich würden. Ebenso wurden sämtliche eingebauten Strukturen von Langstocknutzern in der Regel sicher mit dem Taststock erkannt, wenn die Probanden nicht sehr deutlich von der idealen Gehlinie abwichen.

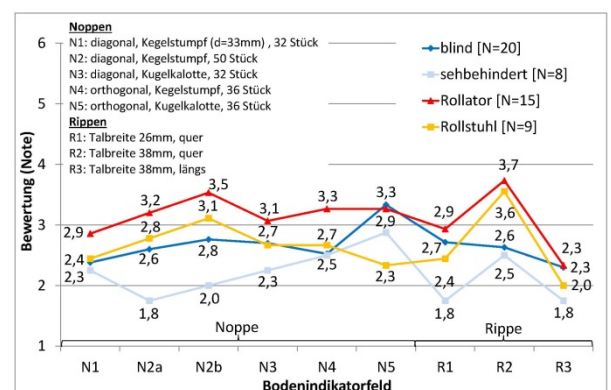


Bild 4: Mittlere Bewertung der Ertastbarkeit bzw. Überrollbarkeit von Bodenindikatoren bei Nutzung unterschiedlicher Hilfsmittel im Vergleich

Unsicherheiten gab es bei den Langstocknutzern teils dabei, die Art der Struktur zu erkennen (Noppe oder Rippe). Teilweise wurden zur Hilfe die Füße herangezogen, um eine Aussage treffen zu können. Aber auch dabei zeigten sich noch teils Unsicherheiten bei der eindeutigen Bestimmung der Struktur. Besonders groß war die Unsicherheit bei der Unterscheidung

von Rippenstrukturen und orthogonal angeordneten Noppen, vor allem groben Kegelstumpfstrukturen .

Rippenplatten mit Talbreiten im oberen Bereich der Orientierungswerte der DIN 32984 (bei schmalen Stegen, Element R2) wurden von Menschen mit rollenden Hilfsmitteln insbesondere eher dann kritisiert, wenn die Struktur quer überrollt werden musste. Entsprachen die Talbreiten den Orientierungswerten im unteren Bereich, nahm die Akzeptanz erheblich zu. Bei diesen Strukturen wurde die Stopp-Wirkung der querliegenden Rippen, wie sie z. B. bei Sperrfeldern verwendet werden, zudem von Langstocknutzern als gut bezeichnet.

Bei Kugelkalotten wurde die Erkennbarkeit aufgrund der schwachen taktilen und podotaktilen Rückmeldungen generell schlechter bewertet, als dies bei Kegelstümpfen der Fall war. Dieser Effekt stellte sich umso ausgeprägter dar, je weniger Noppen auf einer Platte angeordnet waren und desto kleiner der Kalottendurchmesser war. Die Überrollbarkeit stellte bei den Halbkugeln ein weniger ausgeprägtes Problem dar.

Sehr breite Noppen in Kegelstumpfform (N1) (Abmessungen der Struktur im oberen Bereich der DIN 32984) ließen sich nach Auskunft der Probanden mit Rollator oder Rollstuhl vergleichsweise gut überrollen. Demgegenüber wurde die taktiler Rückmeldung am Stock zwar als weniger intensiv beschrieben; die podotaktile Rückmeldung und Begehbarkeit wurde jedoch häufiger gelobt und als gut beschrieben. Die Rückmeldungen am Langstock beim Bestreichen von Kegelstümpfen wurden von mehreren Langstocknutzern bereits als zu stark und unangenehm eingestuft. Kegelstümpfe wurden zudem hinsichtlich ihrer Überrollbarkeit von den Rollator- und Rollstuhlnutzern häufiger bemängelt.

4 Empfehlungen und Folgerungen für die Praxis

4.1 Ausgestaltung der Bordsteinkante

Mit der Bordsteinabsenkung auf 3 cm lassen sich die unterschiedlichen Anforderungen von Rollstuhl- und Rollatornutzern einerseits sowie blinden und stark sehbehinderten Menschen andererseits nicht optimal erfüllen. Die Einbauhöhe von 3 cm über Oberkante der Fahrbahn stellte sich aber als ein weiterhin brauchbarer Kompromiss dar, wenn folgende Bedingungen (genau) eingehalten werden:

- Die Kanten des Bordsteins sollten mit einer Ausrundung von $r = 20$ mm ausgebildet werden. Borde mit diesem Rundungsmaß gehören bereits zu den derzeit häufig verwendeten, standardisierten Bordsteinformen (Bild 4). Dies gilt auch für die Übergangsteine vom abgesenkten Bereich auf die Hochborde.
- Die Ausrundung der Bordkante mit $r = 20$ mm ermöglicht bei einer Einbauhöhe von 3 cm eine bautechnisch einwandfreie Lösung (keine klaffende Fuge zwischen Bordstein und Rinne). Der Bordstein verfügt zudem noch über einen senkrechten Anlauf mit einer Höhe von 1 cm, was die Erkennbarkeit mit dem Langstock gegenüber Bordsteinkanten mit einer größeren Ausrundung verbessert.
- Bei Hauptverkehrsstraßen sind an Überquerungsstellen bei einer Einbauhöhe des Bordsteins von 3 cm ge-

eignete Orientierungshilfen empfehlenswert. Dies ermöglicht ein frühzeitiges Erkennen der Überquerungsstelle mit dem Langstock und verringert die Gefahr des Überlaufens durch Langstocknutzer in Abwärtsrichtung.

- Die genaue Einhaltung der Einbauhöhe von 3 cm im abgesenkten Bereich ist sehr wichtig (keine Unter- oder Überschreitung). Hilfreich kann beispielsweise ein Einbauhinweis sein, z. B. eine Strichmarkierung am Bordsteinelement, welche die Einbauhöhe (Bezug zur späteren Rinne) markiert.
- Angaben über die erforderlichen Bordhöhen von Überquerungsstellen mit differenzierten Bordhöhen enthalten die technischen Regelwerke (H BVA, DIN 18040-3 [Entwurf]).



Bild 5: Bordstein mit einer Einbauhöhe von 3 cm und einer Kantenausrundung von $r = 2$ cm

4.2 Ausbildung der Bodenindikatoren

Die Untersuchungen haben bestätigt, dass Bodenindikatoren bei Ausbildung im Sinne der DIN 32984, Ausgabe 2011, insgesamt gut taktil mit dem Langstock, z. T. auch mit den Füßen, wahrnehmbar sind (vgl. Norm DIN 32984:2011-05).

Im Straßenraum müssen auch die angrenzenden Oberflächenbeläge die in den technischen Regelwerken angegebenen Anforderungen erfüllen, um den notwendigen taktilen Kontrast für eine sichere Erkennbarkeit mit dem Langstock herzustellen. Sicherheitsrelevant unter Berücksichtigung von erforderlichen Anhaltedistanzen ist auch ein ausreichender Abstand in Laufrichtung zwischen Beginn des Bodenindikatorfeldes und dem Fahrbahnrand, d. h. einschließlich der Tiefe des Bordsteins.

Damit Bodenindikatoren mit dem Langstock und den Füßen gut wahrzunehmen sind, sollten die Oberflächen gemäß DIN 32984 (Ausgabe 2011) gewählt und mit ihrer Basis bündig zur umgebenden Oberfläche eingebaut werden (erhaben). Da Bodenindikatoren im öffentlichen Raum in zunehmender Zahl eingesetzt werden, ist gleichfalls auf die Überrollbarkeit zu achten.

Kenntnisse über Funktion und Nutzung der verschiedenen Bodenindikatoren bedürfen in der betreffenden Zielgruppe der

blinden und sehbehinderten Menschen der Verbreiterung und Vertiefung. Umso wichtiger ist es, dass möglichst einfache, leicht begreifbare Lösungen gewählt werden. Dies erleichtert auch die Arbeit von Planern und hilft dabei, Fehler in der Bauausführung zu vermeiden (z. B. Abweichen von der vorgeschriebenen Verlegerichtung).

Die aus den Untersuchungsergebnissen abzuleitenden Empfehlungen zur Ausführung von Bodenindikatoren an Überquerungsstellen lauten:

- Nutzergerecht sind einfache, leicht wahrnehmbare, begreifbare und merkbare Lösungen.
 - Insgesamt sind nur wenige verschiedene, leicht unterscheidbare Elemente zu verwenden.
 - Noppenstrukturen mit orthogonaler Anordnung sind wegen der Verwechslungsgefahr mit Rippenstrukturen zu vermeiden.
 - Kegelstümpfe mit größerem Durchmesser (und somit flacher geneigten Flanken, Bild 5) und Abmessungen im oberen Bereich der Orientierungswerte der DIN 32984 bieten einen guten Kompromiss zwischen Er tastbarkeit mit dem Langstock und den Füßen sowie Überrollbarkeit¹. Sie sind daher vor allem an Überquerungsstellen insbesondere für Auffindestreifen im Gehweg zu empfehlen.
- Bodenindikatoren mit Warnfunktion erfordern eine hohe Taktilität (starke „Rückmeldung“). Für diesen Zweck besonders geeignet sind z. B. Bodenindikatoren mit einer hohen Anzahl diagonal angeordneter Noppen, die als Kegelstumpf ausgebildet sind (innerhalb des Maßspektrums der DIN 32984).
 - Für Sperrfelder mit Rippenstruktur und Anordnung der Rippen quer zur Laufrichtung, wie sie beispielsweise im Bereich der Nullabsenkung an differenzierten Überquerungsstellen eingebaut werden, bieten Rippen mit Abmessungen im unteren Bereich der Orientierungswerte gemäß DIN 32984 eine gute Stoppfunktion. Dabei zeigen sie sich ohne besondere Erschwernis überrollbar.²



Bild 6: Im Test verwendete Kegelstümpfe mit großem Durchmesser [Foto: Boenke]

¹ In den Versuchen wurden beispielsweise Noppen mit einem Durchmesser $d = 33$ mm in Messebene eingesetzt. Eine derartige Noppenstruktur wurde bereits in einem Bemusterungsversuch in Köln als guter Kompromiss und für alle Nutzer geeignet identifiziert.

4.3 Weiterer Forschungsbedarf

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse – und anknüpfend an z. T. außerhalb von Deutschland praktizierte Varianten – werden Chancen zu weiteren Optimierungsmöglichkeiten gesehen. Insbesondere sollte die Möglichkeit einer kombinierten Überquerungsstelle, ausgebildet als Rampe in Kombination mit Bodenindikatoren, detailliert untersucht werden. Diese Variante hat in den Praxistests ein hohes Potenzial gezeigt, eine kombinierte Überquerungsstelle im Sinne aller Nutzer weiterzuentwickeln. Die grundsätzliche Eignung unter deutschen Rahmenbedingungen (u. a. Praxistauglichkeit unter hiesigen Witterungsverhältnissen) sowie unterschiedliche Ausführungsoptionen (Neigung, Material, Oberflächenstruktur, Tiefe, Breite etc.) wurden bisher nicht untersucht.

Die Weiterentwicklung von Bodenindikatoren könnte dazu führen, die taktile und akustische Wahrnehmbarkeit für blinde und sehbehinderte Menschen zu verbessern. Dabei muss eine leichte Überrollbarkeit für Rollator- und Rollstuhlnutzer gewahrt bleiben. Insbesondere Bodenindikatoren aus elastischem Material haben sich bisher als wenig beständig bei einer Anwendung im Außenbereich gezeigt.

4.4 Weitergehende Empfehlungen

4.4.1 Orientierungs- und Mobilitätstraining

Im Vordergrund dieses Projektes standen Probleme und Lösungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Infrastruktur. Damit Menschen mit Mobilitätsbeeinträchtigung (weitgehend barrierefrei gestaltete) öffentliche Verkehrsanlagen sicher, ohne besondere Erschwernisse und ohne personelle Assistenz nutzen können, bedarf es weiterer Maßnahmen, insbesondere – in Abhängigkeit von der Art der Mobilitätsbeeinträchtigung und individuellen Fähigkeiten – dem Einsatz geeigneter Hilfsmittel und einem angemessenen und konsequenten Mobilitätstraining. Notwendig sind dafür wesentliche Verbesserungen in Bezug auf Organisation, Finanzierung und Öffentlichkeitsarbeit.

4.4.2 Weiterentwicklung und Verbesserung von Rollatoren und Rollstühlen

Ein Aufgabenschwerpunkt bei der Verbesserung von Rollatoren und Rollstühlen ist die vereinfachte Bewältigung kleiner Stufen. Vorrichtungen dafür, z. B. Ankipphilfen, sind z. T. bereits bei einigen Modellen vorhanden bzw. als Zusatzausstattung lieferbar, allerdings noch überwiegend verbesserungswürdig. Für die sichere und einfachere Nutzung von Rollatoren ergeben sich weitere Forderungen, hinsichtlich Verbesserung/Erleichterung des Bremsvorgangs, einer vereinfachten Bewältigung von Rampenneigungen sowie einer Ausstattung mit größeren Rädern für die Bewegung im (weitgehend barrierefreien) Verkehrsraum.

4.4.3 Weiterentwicklung von Bordsteinkanten

Die Weiterentwicklung von Bordsteinkanten mit innovativen Eigenschaften, z. B. erhöhter akustischer Wahrnehmbarkeit, könnte weitere Verbesserungen bringen.

4.4.4 Verbesserung der Erkennbarkeit von Bodenindikatoren

Die Erkennbarkeit von Bodenindikatoren kann verbessert werden (vgl. Norm DIN 32984:2011-10, S. 13)

- durch zusätzliche akustische Eigenschaften (z. B. "Hohlblocksteine") oder
- Verwendung eines elastischen Materials.

Insbesondere bisher verwendete elastische Materialien haben sich bisher allerdings als nicht ausreichend beständig für die Verwendung im Außenbereich gezeigt. Daher besteht weiterer Forschungsbedarf.

4.4.5 Fachgerechte Gesamtplanung und Ausführung

Es bedarf fachgerechter Gesamtplanung und Bauausführung, um die sichere, anforderungsgerechte Nutzbarkeit von Überquerungsstellen an Hauptverkehrsstraßen für alle Verkehrsteilnehmer, einschließlich sensorisch oder motorisch behinderter Menschen, zu gewährleisten. Dies schließt z. B. den Einbau mit einer exakten Höhe des Bordsteins sowie eine hohe Lagestabilität ein.

Bei Planung und Bauausführung sollten stets die aktuellen Regelwerke beachtet werden, zumal neue Erkenntnisse aus Forschung und Praxis – auch bezüglich der Barrierefreiheit von Verkehrsanlagen – eine kontinuierliche Anpassung der relevanten technischen Regeln verlangen. Für Gesamt- und Detailplanung sowie die Umsetzung (Bauleitung) sind fundiertes planerisches Fachwissen und hinreichende Praxiserfahrungen erforderlich. Es empfiehlt sich, an der Auswahl, Planung und Kontrolle von Maßnahmen der barrierefreien Gestaltung Vertreter der Belange behinderter Menschen zu beteiligen.