
ENTWICKLUNG EINES BELEUCHTETEN LEITSTEINS ALS ORIENTIERUNGSHILFE FÜR SEHBEHINDERTE

DEVELOPMENT OF AN ILLUMINATED GROUND SURFACE INDICATOR FOR VISION-IMPAIRED PEDESTRIANS

Martin Köhler

*Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences, Chair for Earthworks and Pavement Engineering, Department 3 - Civil Engineering
Emilienstrasse 45, 32756 Detmold, GERMANY
Phone: +49 5231 769 6651
martin.koehler@hs-owl.de*

ABSTRACT.

Die Bevölkerungsprognosen des Statistischen Bundesamtes lassen erkennen, dass der Anteil alter Menschen an der Bevölkerung in Deutschland in den kommenden Jahrzehnten erheblich zunehmen wird. Bereits in den vergangenen Jahren war in fast allen westlichen Industrieländern eine Zunahme der altersabhängigen Blindheit und Sehbehinderung zu beobachten. Um Blinden und Sehbehinderten eine selbstständige Teilnahme am Verkehr als Fußgänger zu ermöglichen, sind Verkehrsanlagen barrierefrei auszuführen. Sie sollten visuelle und taktile Leit- und Warnfunktionen, z. B. durch Bodenindikatoren, besitzen, um die Orientierung im Straßenraum zu erleichtern.

Bodenindikatoren gemäß DIN 32984 werden in städtischen Altstadtgebieten häufig als gestalterisch störend empfunden. Dies gilt insbesondere für Leitstreifen, die mit einem kontrastierenden Begleitstreifen verlegt, ein dominierendes lineares Element innerhalb der Flächenbefestigung darstellen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde ein taktil tastbarer Betonrippenstein mit einem integrierten LED-Beleuchtungselement entwickelt. Der anthrazitfarben ausgeführte Rippenstein mit einer Oberfläche gemäß DIN 32984 kann als Leitstreifen in ähnlich gefärbte Flächenbefestigungen eingebaut werden. Die visuelle Leitfunktion wird durch einen ausreichenden Leuchtdichtekontrast zwischen Rippenstein und LED-Element

realisiert. Dieser ist sowohl tagsüber bei ausgeschalteter Beleuchtung, als auch bei Dämmerung und Nacht durch die dann eingeschaltete amberfarbene LED-Beleuchtung vorhanden. Der LED-Leitstein wurde in seiner Form und den verwendeten Materialien so optimiert, dass er gegenüber den auftretenden äußeren Beanspruchungen aus Klima und Verkehr weitgehend beständig ist. Probeflächen und eine erste Demonstrationsanwendung in der Stadt Rietberg bestätigen die gute Leitwirkung für Sehbehinderte, die Vandalismussicherheit und die Reparierbarkeit der hergestellten Leitstreifen. In der Nutzungsphase führte lediglich in die Steckverbindungen eindringendes Wasser zu Einschränkungen der Beleuchtungsfunktion. Nach Überarbeitung der Stromzufuhr ist ein verbreiteter Einsatz von LED-Leitsteinen zu erwarten.

According to the predicted development of the population in Germany, the percentage of citizens with an age of 65 years or older will grow significantly. In the industrial countries, an increase of age-dependent blindness and visual impairment has been already observed during the last years. This leads to the conclusion that accelerated efforts are necessary to ensure the mobility of elderlies. In order to support the autonomous orientation of vision-impaired pedestrians, the pavements of areas for pedestrians have to be equipped with ground surface indicators. Tactile ground surface indicators can lead vision-impaired pedestrians by acoustic, tactile and visual means along certain walkways. The warning surfaces are marked by either light-on-dark or dark-on-light coloured line-elements on the ground. Unfortunately, these line marks may disturb the aesthetic impression of the architecture in historical ensembles. In cooperation between the Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences and Philips Lighting, LED-lighting-elements were integrated into concrete paving blocks with tactile surface "truncated bars". The necessary visual contrast was realised between the dark-coloured paving block and the lighting-element. If the surrounding pavement construction is built using paving blocks of a similar colour, the disturbance of the aesthetic impression is reduced. Furthermore, the LED-lighting-element can guide vision impaired pedestrians both at twilight and during the night. The form and the materials have been optimised to improve the resistance against traffic and climate loads. Testing plants and a pilot plant with linear guidance systems using the new LED-paving-blocks have been built. They show a good guiding function for vision-impaired pedestrians, the safety of the construction against vandalism attacks and the possibility to repair the guidance system in case of a failure in a single element. Water seeping into the electric cable connection led to a malfunction of the LED-elements in two cases. Some further development in the electric connection of the elements is needed to complete the development of this innovative guiding element.

KEYWORDS: accessibility, ground surface indicator, vision-impaired, LED-lighting-element

1. Wirkung konventioneller Leitstreifen für Blinde und Sehbehinderte

In den kommenden Jahrzehnten wird sich der bereits vollziehende demografische Wandel der Gesellschaft in Deutschland weiter verschärfen. Der Anteil alter Menschen an der Bevölkerung wird erheblich zunehmen. Gemäß der 12. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2009 und 2011) wird die Bevölkerung in Deutschland von derzeit 81,7 Millionen bis zum Jahr 2060 auf etwa 64 Millionen bis 74 Millionen Einwohner zurückgehen. Entsprechend der Ergebnisse der Berechnungsvariante 1-W1 "Untergrenze der 'mittleren' Bevölkerung" wird die Zahl der 65-Jährigen und Älteren von 16,7 Millionen im Jahr 2008 um rund ein Drittel auf 22,3 Millionen Personen im Jahr 2030 ansteigen. Bis zum Jahr 2040 soll ein weiterer Anstieg auf 23,7 Millionen Personen erfolgen. In Verbindung mit dem Rückgang der Bevölkerungszahl ergibt sich ein Anstieg des Anteils der 65-Jährigen und Älteren von heute 21 % auf etwa 29 % im Jahr 2030 und auf etwa 34 % im Jahr 2060.

In fast allen westlichen Industrieländern war in den vergangenen Jahren eine Zunahme der altersabhängigen Blindheit und Sehbehinderung zu beobachten. Dies wird auf eine steigende Lebenserwartung und ein längeres Überleben mit Grunderkrankungen zurückgeführt, die zu einem Sehverlust führen können. Durch Sehbehinderungen ergeben sich beim Führen von Kraftfahrzeugen sowohl bei Verkehrsübertretungen als auch bei der Unfallverursachung in Relation zu den gefährlichen Kilometern erhöhte Risiken im hohen Lebensalter. Eine starke Sehbehinderung oder Erblindung ist mit erheblichen Mobilitätseinschränkungen und einem Verlust an Lebensqualität verbunden. Eine selbstständige Teilnahme am Verkehr ist nur noch als Fußgänger möglich.

Die Behindertengleichstellungsgesetze auf Bundes- und auf Länderebene sowie die davon beeinflussten Gesetze fordern in Deutschland für alle Menschen eine leichte und sichere Auffindbarkeit, Zugänglichkeit und Nutzbarkeit der gestalteten Lebensbereiche, wozu auch die Verkehrsanlagen gehören. Diese Anlagen sind daher barrierefrei auszuführen.

Abgeleitet aus den Bedürfnissen von Blinden und Sehbehinderten, sollten barrierefreie Verkehrsanlagen visuelle und taktile Leit- und Warnfunktionen besitzen, um ihnen die Orientierung im Straßenraum zu erleichtern. Dort, wo Borde und Gebäudedekanten keine ausreichende Orientierung ermöglichen, werden diese Funktionen durch Bodenindikatoren realisiert, die über spezielle Oberflächenstrukturen und Materialien taktile, akustische und visuelle Informationen vermitteln. Die Oberflächenstrukturen erlauben ein Abtasten mit dem Langstock. Eine kontrastoptimierte Farbgebung ermöglicht ein Erkennen der Elemente mit dem verbliebenen Sehvermögen. Entwurfsgrundsätze und Hinweise für den Einsatz von Bodenindikatoren in

Verkehrsflächen sind den DIN 32984, Ausgabe Oktober 2011, den Hinweisen für barrierefreie Verkehrsanlagen (H BVA) (FGSV 2011 und Rebstock 2011) sowie zahlreichen Entwurfsleitfäden zu entnehmen.

Bodenindikatoren müssen gemäß DIN 32984 im Verhältnis zum angrenzenden Belag der Verkehrsfläche visuell und taktil kontrastierend ausgeführt sein, um die Sichtbarkeit sowie die Tastbarkeit mit dem Langstock und mit den Füßen zu ermöglichen. Ist dies nicht gegeben, so ist ein kontrastierender Begleitstreifen, vorzugsweise auf beiden Seiten neben den Bodenindikatoren, auszuführen. Ein ausreichend großer Leuchtdichtekontrast zur Sicherstellung der optischen Erkennbarkeit liegt vor, wenn der absolute Wert des Leuchtdichtekontrastes nach DIN 32975, 4.2.2, größer als 0,4 ist. Bodenindikatoren werden daher häufig in weißer Färbung mit einem kontrastierenden dunklen Begleitstreifen verlegt.

Aufgrund ihrer optisch dominierenden Wirkung werden Bodenindikatoren von Menschen ohne Sehbehinderung in gestalterisch-architektonisch bedeutsamer Umgebung, beispielsweise in historischen Altstadtgebieten, häufig als störend empfunden. Insbesondere Leitstreifen werden aufgrund ihres linearen Verlaufes als optisch dominierendes Element wahrgenommen.

In der Stadt Rietberg, Kreis Gütersloh, wurde im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes "Kommunen in neuem Licht" ein neues Lichtkonzept der Straßen- und Objektbeleuchtung auf der Basis von LED-Leuchten für den historischen Stadtkern realisiert (Stadt Rietberg 2012). Als Teilvorhaben des Verbundprojektes "Lichtkonzept 'Historischer Stadtkern Rietberg'" wurde die Entwicklung und Erprobung eines beleuchteten Leitsteins (LED-Leitstein) gefördert. Wesentliche Zielsetzung dieses Teilprojektes war die Entwicklung eines Betonrippensteins mit integriertem LED-Beleuchtungselement zur Herstellung von Leitstreifen. Das Beleuchtungselement soll im unbeleuchteten Zustand aufgrund seiner hellen Färbung den notwendigen Leuchtdichtekontrast zum dunkel gefärbten Betonrippenstein herstellen. Daher kann der LED-Leitstein innerhalb dunkel gefärbter Flächenbefestigungen als Leitstreifen verlegt werden und so die optisch dominierende Wirkung vermindert werden. Bei Dämmerung und Dunkelheit ist im beleuchteten Zustand zudem erstmals eine optische Leitfunktion für Sehbehinderte realisierbar.

2. Anforderungen an den LED-Leitstein

Zu Beginn der Projektbearbeitung mussten, neben den genannten wesentlichen funktionalen Anforderungen, zunächst eine Reihe weiterer Anforderungen an den zu entwickelnden LED-Leitstein formuliert werden. So sollte die taktile und optische

Oberflächenausführung der DIN 32984 - Bodenindikatoren im öffentlichen Raum - entsprechen und die LED-Lichtfarbe die angestrebte Funktion unterstützen. Daneben sollte die mechanische Festigkeit des LED-Leitsteins derjenigen des üblichen Betonrippensteins entsprechen, der Widerstand gegenüber Frost-Tausalzangriff gegeben sein und der Abriebwiderstand so hoch sein, dass infolge der Beanspruchung durch Fahrzeuglasten die Oberflächenstruktur des Betonsteins und das LED-Element möglichst nicht beschädigt werden. Im Hinblick auf die Vandalismus-Sicherheit sollte die Verbindung zwischen Betonrippenstein und LED-Element sich im Gebrauchszustand nicht lösen lassen. Eine Reparatur eines beleuchteten Leitstreifens sollte aber unter Austausch möglichst weniger LED-Leitsteine möglich sein. Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Beleuchtungsfunktion sollten die elektrischen Verbindungen auch unter mechanischer und klimatischer Beanspruchung möglichst beständig sein; bei Beschädigung darf keine gesundheitsgefährdende elektrische Spannung freigesetzt werden.

3. Entwicklung des LED-Leitsteins

3.1. Vorüberlegungen, Festlegungen und Ergebnisse der Entwicklungsarbeit

Um die Oberfläche des LED-Elementes vor direkter Belastung durch Fahrzeugreifen zu schützen, wurde das LED-Element in einen vertieften Bereich der Rippenstruktur mittig auf dem Rippenstein angeordnet, sodass eine gerade Anzahl an Rippen auf der Oberfläche vorhanden sein muss. Während der Projektbearbeitung wurde die Anordnung des LED-Elementes beibehalten. Seine Breite musste jedoch verringert werden, da in der DIN 32984:2011-10 der Rippenabstand gegenüber der Entwurfsfassung aus dem Februar 2010 verringert worden war.

Hinsichtlich der mit dem Bodenindikator "Rippenstein" in einem Leitstreifen zu signalisierenden Leitfunktion, die der Information "Gehe" entspricht, ist eine möglichst unterbrechungsfrei durchgehende taktile Rippen- und optische Linienstruktur notwendig. Es wurde daher festgelegt, das LED-Element über die volle Länge des Betonrippensteins zu führen und eine gleichmäßig verteilte Anordnung der LEDs in dem Element zu realisieren, um einen damit hergestellten Leitstreifen im beleuchteten Zustand als ein möglichst unterbrechungsfreies Lichtband erscheinen zu lassen.

Bezüglich der Größe und elektrotechnischen Ausführung des LED-Elements sowie der Form und Produzierbarkeit des (konventionell in Brettfertigung hergestellten) Betonwerksteins sowie hinsichtlich der elektrischen Anschlüsse der LED-Elemente wurde eine Reihe von Varianten diskutiert und entwickelt. Einzelne Prototypen wurden hergestellt und im Baustofflabor der Hochschule Ostwestfalen-Lippe mechanischen Festigkeitsuntersuchungen unterzogen. Um einen möglichst großen Schutz des LED-Elements gegenüber mechanischer Beanspruchung zu erzielen, wurde entschieden, eine Rippenplatte mit gerader Rippenanzahl und den Oberflächenabmessungen von ca. 30 cm x 30 cm zwischen den mittleren Rippen mit einer

rechteckförmigen Nut zu versehen, in die das LED-Element eingesetzt wird. Aus Gründen der mechanischen Stabilität wurde eine Rippenplatte mit einer Dicke von 10 cm verwendet. Gemäß DIN EN 1338 handelt es sich insofern aufgrund des Verhältnisses von Gesamtlänge zu Dicke um einen Betonpflasterstein (daher nachfolgend "Rippenstein" genannt). Die Nut-Tiefe wurde nach Untersuchungen bezüglich der daraus entstehenden Minderung der Biegezugfestigkeit mit 35 mm festgelegt.

Das LED-Element wird in die Nut des Betonrippensteins eingesetzt. Seine Oberfläche steht, im Gegensatz zu den Betonrippen, nicht über die Basis-Oberfläche des Betonrippensteins hinaus, sodass beim Überfahren durch Fahrzeuge das LED-Element nicht direkt von den Reifen überfahren und damit mechanisch geschützt wird. Bei der Verlegung als beleuchteter Leitstreifen werden die LED-Elemente untereinander durchgehend elektrisch gekoppelt. Dadurch entsteht das angestrebte durchgehende Lichtband. Die Stromversorgung erfolgt in Niedervolt-Technik. Bis zu etwa 30 m des Leitstreifens werden von einem Treiber aus mit Strom versorgt. Durch die Niedervoltausführung ist selbst bei einem Kabelbruch nicht mit einer Gefährdung von Personen zu rechnen. Um ein Eindringen von Schmutz und Wasser seitlich neben dem LED-Element zu verhindern und die notwendige Vandalismus-Sicherheit herzustellen, werden die LED-Elemente entlang ihrer Längsseiten mit dem Betonstein verklebt.

Da die Integration des LED-Elements über eine gefräste Nut eine Festigkeitsreduzierung des Betonrippensteins zur Folge hat, wurden Untersuchungen durchgeführt, um eine Erhöhung der Biegezug- und Spaltzugfestigkeit des Betons zu erzielen. Dazu wurden Betonrippensteine unter Verwendung von Kern- und Vorsatzbeton in der üblichen Form der Brettfertigung hergestellt. Dem Kernbeton wurden dabei festigkeitssteigernde Betonzusatzmittel (ein Polymer- und ein Nanofaserprodukt) zugegeben. Eine festigkeitssteigernde Wirkung der Betonzusatzmittel konnte nachgewiesen werden. Daneben wurden Untersuchungen zur Frost-Tausalzbeständigkeit des LED-Leitsteins und der elektrischen Verbindungen der LED-Elemente durchgeführt.



Bild 1. *Untersuchung der Biegezugfestigkeit des geschlitzten Betonrippensteins / Concrete paving block with tactile surface in tensile bending test*

Das von der Philips Lighting GmbH entwickelte, mit LEDs versehene Kunststoff-Beleuchtungselement besitzt eine milchig weiße Oberfläche. Auf diese Weise ergibt sich bei Tageslicht ein ausreichender Leuchtdichtekontrast zwischen dem anthrazitfarbenen Rippenstein und dem LED-Element. Bei Dämmerung und Nacht wird die visuelle Leitfunktion durch die dann eingeschaltete LED-Beleuchtung realisiert.

3.2. Probeflächen und Demonstrationsanwendung

Erste, im Juli 2011 als Leitstreifen ausgeführte Probeflächen am Klimapark der Stadt Rietberg dienten der Erprobung des Einbauverfahrens, der Untersuchung der Beständigkeit gegenüber Fahrzeuglasten sowie der Beurteilung der funktionalen Eigenschaften durch Sehbehinderte. Bis Ende April 2014 wurde wiederholt der Zustand und die Funktionsfähigkeit der LED-Leitstreifen untersucht.

Das zum Einkleben der LED-Elemente und zur Versiegelung der Fuge zwischen LED-Element und Betonstein verwendete Silikon erwies sich als nicht ausreichend farb- und funktionsbeständig. Daher musste ein gezielt viskositätsoptimiertes Epoxidharz gefunden werden, um das LED-Element kraftschlüssig mit dem Betonrippenstein zu verkleben.



Bild 2. Leitstreifen in einem Gehweg im Klimapark Rietberg / *Illuminated linear guidance system integrated into a footpath at Klimapark Rietberg*



Bild 3. Belastungsversuch auf der Probefläche vor dem Klimapark Rietberg / *Load test on the testing plant next to Klimapark Rietberg*

Ein Belastungstest zeigte, dass sich eine Beschädigung der LED-Elemente in Form von Kratzern nur ergibt, sofern sich harte Gegenstände, z. B. Gesteinskörner, zwischen Reifen-Aufstandsfläche und der Oberfläche der LED-Elemente befinden. Die verwendeten warmweißen, hellen LEDs verursachten eine erhebliche Blendwirkung, insbesondere bei Nacht.

Auf Vorschlag von Sehbehinderten wurde für die weitere Erprobung die Lichtfarbe "amber" gewählt. Derartige LED-Elemente wurden in der zweiten Probestrecke verbaut, die im Mai 2012 als Leitstreifen im Begegnungszentrum des Lippischen Blinden- und Sehbehindertenvereins (LBSV) in Detmold hergestellt wurde. Hier wurden die LED-Elemente mit dem zuvor festgelegten Epoxidharz verklebt. Anlässlich einer Begehung mit Sehbehinderten wurde eine zusätzliche Reduzierung der Lichtstärke zur Verminderung der Blendwirkung erprobt. Eine Untersuchung zur Vandalismus-Sicherheit zeigte, dass bei einem gezielt durchgeführten Vandalismusangriff das LED-Element zerstört, aber nicht unbeschädigt ausgebaut werden kann. Eine Instandsetzung erfordert den Austausch mindestens eines Rippensteins inklusive LED-Beleuchtungselement.

Eine Demonstrationsanwendung wurde im Juli/August 2012 in der Stadt Rietberg in Form eines etwa 110 m langen Leitstreifens im Gehweg der Rathausstraße installiert. Hier wurden LED-Elemente mit amberfarbenen LEDs verwendet, deren Lichtstärke durch Vorwiderstände in den Elementen gezielt reduziert worden war.



Bild 4. LED-Leitstreifen im Gehweg der Rietberger Rathausstraße bei Dämmerung / Linear guidance system along Rathausstrasse in Rietberg built using the new LED-paving-blocks

Der Leitstreifen verbindet das historische Rathaus und den Überweg am Gebäude des Bürger- und Touristikbüros. Am historischen Rathaus wird der Gehweg und damit auch der Leitstreifen planmäßig von Kraftfahrzeugen überfahren. Zur Verlegung des Leitstreifens musste der vorhandene Belag aus Natursteinplatten aufgenommen werden. Danach wurden die geschlitzten Betonrippensteine als Leitstreifen verlegt und dabei die Kabelzuführungen in die Tragschicht eingebaut. Danach wurden die durch Zuschnitt angepassten Natursteinplatten seitlich angearbeitet. Abschließend wurden die LED-Elemente elektrisch gekoppelt, in die Rippensteine eingesetzt und mit Epoxidharz darin eingeklebt. Der Einbau erfolgte durch Fachfirmen entsprechend der bereits in der zweiten Probesträhle erprobten Vorgehensweise und verlief problemlos.

Die Beleuchtung der LED-Elemente wird gleichzeitig mit der Straßen- und Objektbeleuchtung angeschaltet. Bereits in der Dämmerung ist der Leitstreifen als Lichtband deutlich zu erkennen. Auch bei Nacht ergibt sich infolge der orangefelben Lichtfarbe nur eine geringfügige Blendwirkung für Sehende und Sehbehinderte, sofern direkt in die LED-Elemente geblickt wird. Anlässlich einer Begehung durch Sehbehinderte wurde die gute Leitwirkung des mit LED-Leitsteinen erstellten Leitstreifens bei Tag sowie speziell bei Dämmerung und Nacht bestätigt.



Bild 5. Beurteilung der Demonstrationsanwendung durch Sehbehinderte / Vision-impaired people, evaluating the pilot plant

Nach Fertigstellung wurde die Demonstrationsanwendung in das Programm zur Funktions- und Zustandskontrolle einbezogen. Dabei konnten zunächst keine maßgeblichen visuellen Mängel an den LED-Elementen sowie an den Rippensteinen festgestellt werden. Demgegenüber wurden in den Pflasterfugen eine leichte Zunahme des Bewuchses sowie partiell auch Auswaschungen und stellenweise leichte

Vergilbungen der Vergussmasse beobachtet. Die bereits kurz nach Fertigstellung der Demonstrationsanwendung bei mechanischer Beanspruchung festgestellte Beweglichkeit der Leitsteine innerhalb des Pflasterverbandes bei etwa einem Drittel der LED-Leitsteine des insgesamt 110 m langen Leitstreifens veränderte sich über den Beobachtungszeitraum nicht. In dem von Kraftfahrzeugen überfahrenen Bereich wurden im Laufe der Beobachtungen hingegen Abplatzungen und stellenweise starke Abnutzungen sowie Spurrinnenbildung festgestellt. Mitte Januar 2014 fielen hier innerhalb des 21. LED-Elementes des Stranges einzelne LEDs aus, ebenso die nachfolgenden LED-Elemente des Stranges. Daraufhin wurde der 21. LED-Leitstein inkl. LED-Element vollständig ausgetauscht. Damit konnte der Defekt behoben werden.

Die Demonstrationsanwendung in der Stadt Rietberg hat bisher zu sehr positiver Resonanz sowohl bei den Bürgern als auch bei regionalen und überregionalen Blinden- und Sehbehindertenverbänden geführt. Da die gestellten funktionalen, mechanischen und sicherheitstechnischen Anforderungen an den LED-Leitstein weitgehend erfüllt werden konnten, besteht ein erhebliches Interesse, beleuchtete Leitstreifen unter Verwendung von LED-Leitsteinen auch in anderen Kommunen auszuführen. Da sich durch beleuchtete Rippensteine eine erhöhte Aufmerksamkeit erzielen lässt, können sie beispielsweise auch an Bahnsteigkanten und Gleisüberquerungen, ggf. unter Verwendung von LEDs anderer Farbe, eingesetzt werden. Die genannten Funktionsstörungen durch Eindringen von Wasser in die Steckverbindung zwischen den LED-Elementen ließen sich durch eine induktive Stromversorgung der LED-Elemente ausschließen.

Danksagung



Die Entwicklung des LED-Leitsteins wurde gefördert im Verbundprojekt "Lichtkonzept 'Historischer Stadtkern Rietberg'" im Teilvorhaben "Erforschung einer beleuchteten Orientierungshilfe für Sehbehinderte im Straßenraum" durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Der VDI Technologiezentrum GmbH als Projektträger als auch den Kooperationspartnern "Stadt Rietberg", "Philips Lighting GmbH", "Betonwerk Lintel" und der Fachhochschule Bielefeld, Forschungsbereich LED-Technologie, wird an dieser Stelle herzlich gedankt.

Literatur

Destatis - Statistisches Bundesamt (2009): Bevölkerung Deutschlands bis 2060 – 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung; Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 18. November 2009 in Berlin; Wiesbaden

12 ICCBP 2015

- Destatis - Statistisches Bundesamt (2011): Demografischer Wandel in Deutschland, Heft 1: Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung im Bund und in den Ländern, Ausgabe 2011; Wiesbaden
- DIN EN 1338: 2003-08 - Deutsches Institut für Normung (2003): Pflastersteine aus Beton, Anforderungen und Prüfverfahren, Berlin.
- DIN EN 1339: 2003-08 - Deutsches Institut für Normung (2003): Platten aus Beton, Anforderungen und Prüfverfahren, Berlin.
- DIN 32975: 2009-12 – Deutsches Institut für Normung (2009): Gestaltung visueller Informationen im öffentlichen Raum zur barrierefreien Nutzung, Berlin.
- DIN 32984: 2011-10 – Deutsches Institut für Normung (2011): Bodenindikatoren im öffentlichen Raum, Berlin.
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (2011): Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen – H BVA, Köln.
- Köhler, M.; Deis, C.; Naarmann, M.; Schrader, U.; Winkelhorst, R.: Schlussbericht zum BMBF-Verbundprojekt: Lichtkonzept 'Historischer Stadtkern Rietberg' (KomLicht), Teilvorhaben: Erforschung einer beleuchteten Orientierungshilfe für Sehbehinderte im Straßenraum (FKZ: 13N11336); Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Fachbereich Bauingenieurwesen; September 2014.
- Rebstock, M. (2011): Barrierefreie Verkehrsanlagen.- In: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (Hrsg.): Deutscher Straßen- und Verkehrskongress 2010 - Kongressdokumentation, S.29-39; Köln.
- Stadt Rietberg (2012): Flyer "Fertigstellung LED-Lichtkonzept "Historischer Stadtkern"; (http://www.rietberg.de/uploads/media/Rietberg_Flyer_20120925-6_plott.pdf).