

# Brückenwiderlager aus geokunststoffbewehrter Erde (KBE) – Erfahrungen aus dem Bau mehrerer Brücken der letzten Jahre

Bedingt durch die Altersstruktur der Brückenbauwerke im Bundesfernstraßennetz wird kurz- bis mittelfristig eine erhebliche Anzahl an Ersatzneubauten notwendig. Um insbesondere die Bauzeiten, die Beeinträchtigungen der Verkehrsteilnehmer sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, werden durch das Bundesministerium für Verkehr innovative Bauweisen angestrebt. Hierzu gehören auch Widerlager aus geokunststoffbewehrter Erde (KBE). Im Rahmen eines Pilotprojekts im Jahr 2019 wurde erstmalig ein dauerhaftes Widerlager aus KBE im Bundesfernstraßennetz errichtet und wissenschaftlich begleitet. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse und die Erfahrungen mit danach in vergleichbarer Art umgesetzten Bauwerken sowie die zugehörige Fortschreibung der Regelwerke sind Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

**Stichworte** Geokunststoff-bewehrte Erde; Brückenwiderlager; Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit; Planung; Bauausführung; Regelwerke

**Bridge abutments made of geosynthetic reinforced soil (KBE) – Experiences from the construction of several bridges in recent years**

Due to the age structure of the bridge structures in the federal highway network, a significant number of replacement bridges will be necessary in the short to medium term. In order to reduce construction times, disruption to road users, and greenhouse gas emissions, the Federal Ministry of Transport is pursuing innovative construction methods. These include abutments made of geosynthetic-reinforced earth (KBE). As part of a pilot project in 2019, a permanent KBE abutment was constructed and scientifically monitored for the first time in the federal highway network. The resulting findings and experiences with subsequent similar structures, as well as the associated updates to the standards and codes, are the subject of this article.

**Keywords** geosynthetic-reinforced earth; bridge abutments; stability and serviceability; planning; construction; provisions

## 1 Rückblick – vom Pilotprojekt zu einer geregelten Bauweise

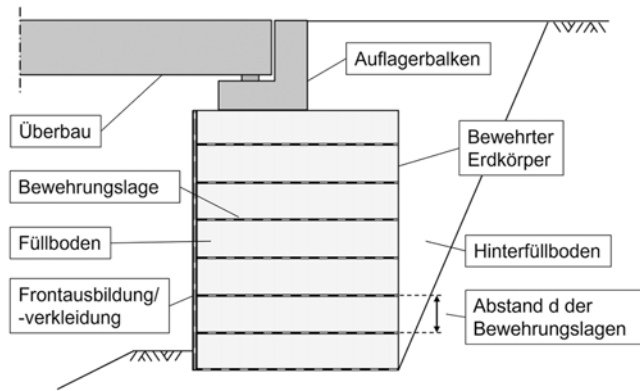
Seit Jahrzehnten werden Stützkonstruktionen aus KBE mitunter im Infrastrukturbau weltweit eingesetzt. Im Vergleich zu herkömmlichen Stützkonstruktionen in Massivbauweise liegen die Vorteile dieser Bauweise mitunter in einer kürzeren Bauzeit, einer weniger umfangreichen Baustelleneinrichtung und einem geringeren Platzbedarf, was zu kostensparenden Lösungen führt. Zudem sind KBE-Körper ohne schweres Gerät voll rückbaubar. Aus diesem Grund werden in Deutschland regelmäßig auch temporäre Brückenwiderlager aus KBE, bspw. im Zuge von Behelfsbrücken, errichtet. Da es sich dabei um eine nicht geregelte Bauweise handelte, wurden Widerlager aus KBE bislang nur vereinzelt als dauerhaftes Bauwerk umgesetzt, etwa im Jahr 2000 in Ilsenburg [1], und waren im Bundesfernstraßennetz nicht vertreten.

Wie die aktuelle Brückenstatistik [2] der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (BASt) zeigt, liegt die Zustandsnote bei über 4% der rund 40.000 Brückenbauwerke der Bundesfernstraßen zwischen 3,0 und 4,0. Dies entspricht einem nicht ausreichenden (3,0–3,4) bzw. ungenügenden Zustand (3,5–4,0), sodass in näherer Zukunft eine erhebliche Anzahl an Instandsetzungsmaßnahmen oder bauartbedingt oder aus wirtschaftlichen Gründen auch Ersatzneubauten notwendig werden. Insbesondere zum Verkürzen von Bauzeiten und um die Beeinträch-

tigung der Verkehrsteilnehmer so gering wie möglich zu halten, wurden durch das Bundesministerium für Verkehr (BMV) verschiedene Pilotprojekte veranlasst. Eines davon ist das 2019 umgesetzte Pilotprojekt „Stokkumer Straße“, bei dem ein einfeldriges Überführungsbauwerk über die BAB A3 bei Emmerich mit Widerlagern aus KBE hergestellt wurde. Die wesentlichen Erkenntnisse zu diesem Pilotprojekt sind in [3] zusammengefasst. Dem Pilotprojekt, das im Jahr 2023 mit dem Sonderpreis „Nachhaltiges Bauen“ (Deutscher Brückenbaupreis) ausgezeichnet wurde, folgten bis heute fünf weitere vergleichbare Bauwerke. Die Erfahrungen aus diesen Projekten sind die Grundlage zur bautechnischen Regelung der Bauweise und liefern einen Beitrag zur Nachhaltigkeit und Baugeschwindigkeit bei zukünftigen Erhaltungsmaßnahmen der deutschen Verkehrsinfrastruktur. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Bauweise sowie die bislang errichteten Bauwerke und fasst die bei der Planung und Umsetzung gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen mit Widerlagern aus KBE zusammen.

## 2 Aufbau sowie Trag- und Verformungsverhalten

Stützkonstruktionen aus KBE setzen sich aus einer vollflächig verlegten (Zug-)Bewehrung aus Geogittern, Boden (Füll- und Hinterfüllboden) und einer Frontverkleidung zusammen. Das Bewehren des Bodens führt zu einem anisotropen Materialverhalten, welches



**Bild 1** Prinzipdarstellung eines Widerlagers aus bewehrter Erde  
Schematic diagram of an abutment made of reinforced earth

maßgeblich von der Wechselwirkung zwischen Boden und Bewehrung abhängig ist. Grundsätzlich handelt es sich bei geokunststoffbewehrten Erdkörpern um Ingenieurbauwerke mit duktilem Tragverhalten. Aufgrund der hohen inneren Festigkeit des „Verbundwerkstoffes“ bewehrte Erde kann sich dieser wie ein Monolith verhalten.

Brückenwiderlager aus KBE sind eine Sonderform der Stützkonstruktion, bei der mithilfe eines Auflagerbalkens der Brückenüberbau direkt auf dem KBE-Körper abgelegt wird. Auflagerbalken und KBE-Körper bilden damit gemeinsam das Brückenwiderlager. Durch die Auflast aus dem Auflagerbalken und dem Brückenüberbau erfährt die bewehrte Erde neben der horizontalen Einwirkung aus Erddruck zusätzlich eine maßgebliche vertikale Einwirkung aus dem Eigengewicht von Auflagerbalken und Überbau sowie aus Verkehrslasten (Vertikal- und Horizontalkräfte). Die wesentlichen Komponenten eines Widerlagers aus KBE zeigt Bild 1.

Für das gesamte Widerlager sind alle maßgeblichen geotechnischen Standsicherheitsnachweise gemäß den Anforderungen der DIN EN 1997-1 [4] und DIN 1054 [5] in Verbindung mit der EBGEO [6] zu führen. Für die Nachweise der inneren Standsicherheit werden potenzielle Scherfugen, die den KBE-Körper in einen aktiven (abgleitenden) und einen passiven (haltenden) Bereich unterteilen, untersucht. Dabei werden die Bemessungsfestigkeit und der Herausziehungswiderstand der Bewehrung sowie die Festigkeit von möglichen Anschlüssen der Frontverkleidung nachgewiesen. Überdies sind die bekannten geotechnischen Nachweise zur äußeren Standsicherheit zu führen, bei denen die KBE als monolithischer Körper betrachtet wird.

Das Verformungsverhalten von Widerlagern aus KBE kann anhand von Erfahrungswerten z. B. aus [6] abgeschätzt werden und wird darin mit 1% bis 2% der Wandhöhe ausgewiesen. Da es sich nach [6] bei Widerlagern aus KBE mit einer Höhe der KBE von  $H \geq 2,0\text{ m}$  um ein Bauwerk der Geotechnischen Kategorie GK 3 handelt, werden üblicherweise detaillierte rechnerische Untersuchungen, z. B. mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) durchgeführt, um die Gebrauchstauglichkeit der Konstruktion nachzuweisen.

### 3 Wesentliche Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt

Um abgesicherte Erkenntnisse zum Trag- und Verformungsverhalten zu erhalten, wurde das Bauwerk „Stokkumer Straße“ mit einer umfangreichen Messtechnik ausgestattet. Damit sollten die rechnerischen Ansätze der Standsicherheitsnachweise bzw. der Verformungsprognosen und das Sicherheitsniveau bestätigt werden. Eine Beschreibung des Messprogramms, die ersten Ergebnisse der begleitenden Messungen sowie ein Vergleich mit den mittels FEM prognostizierten Verformungen für den Zeitraum bis etwa 9 Monate nach Verkehrsfreigabe finden sich in [3]. Mit den bis 36 Monate nach Verkehrsfreigabe fortgeführten Messungen konnte nachgewiesen werden, dass in der Konstruktion erhebliche Tragreserven vorhanden sind und sich die gemessenen Verformungen und Beanspruchungen in einem für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit verträglichen Maß befinden.

In Ergänzung zu dem Messkonzept wurde mit einer Probelastung mit Belastungsfahrzeugen sowie im Rahmen von horizontalen Belastungsversuchen (Bremstests), die sehr selten ausgeführt werden, das Verformungsverhalten des Brückenbauwerks auf den Widerlagern aus KBE untersucht.

Für die dreistündige vertikale Probelastung wurden insgesamt drei Belastungsfahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von 48,07 t auf die Brücke gefahren und zusätzliche Messungen durchgeführt. Aus dem Eigengewicht der Fahrzeuge ergab sich eine zusätzliche Belastung des instrumentierten Widerlagers (Achse 20) von ca. 360 kN. Die dabei gemessenen Vertikalverformungen am Auflagerbalken lagen bei wenigen Millimetern und überwiegend innerhalb der Standardabweichung der für die Messungen eingesetzten Totalstation Trimble S5 von 1,0 mm bis 2,5 mm auf 100 m.

Für die horizontalen Belastungsversuche wurde ein beladener Lkw mit einer Gesamtmasse von 34 t so auf der Brücke ab, dass er kurz vor Brückenmitte zum Stehen kam. Der Vorgang wurde 8-mal ausgeführt und messtechnisch erfasst. Dabei betrug die Geschwindigkeit des Lkw bei den Versuchen jeweils 4-mal 30 km/h bzw. 40 km/h. Um den Einfluss des Eigengewichts des Lkw ohne die beim Bremsen zusätzlich wirkenden Kräfte messtechnisch zu erfassen, wurde ein erster Versuch unter Schrittgeschwindigkeit und einer kurzen Verweilzeit auf der Brücke vorgeschaltet.

Während des Bremsvorgangs wurden die horizontale Verschiebung des Brückenüberbaus sowie die Kraftweiterleitung der auf den Überbau einwirkenden Bremskraft in die KBE-Widerlager gemessen. Bei der Auswahl eines geeigneten Messverfahrens waren die zu erwartenden geringen Verschiebungen sowie die kurze Krafteinwirkungsdauer zu berücksichtigen. Es wurden somit Messverfahren eingesetzt, welche eine hohe Messgenauigkeit mit sehr kurzen Messintervallen liefern und wegen des hohen Ausführungsaufwands eine Redundanz aufweisen.



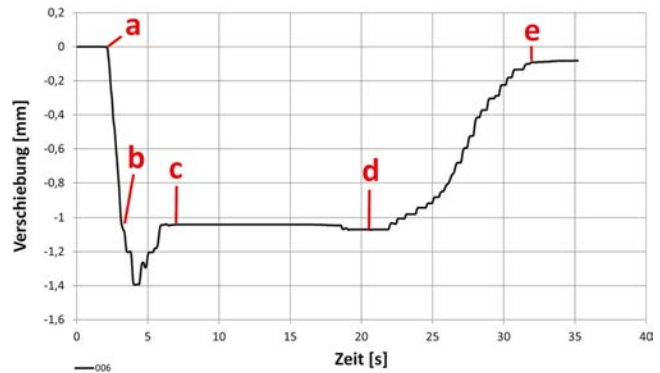
**Bild 2** Messaufbau im Zuge des horizontalen Belastungsversuchs  
Measurement setup during the horizontal load test

Neben der im Festlager eingebauten Messtechnik wurden zum Erfassen der Horizontalverformung als Differenzmessung zwischen Brückenüberbau und dem Auflagerbalken an dem beweglichen Lager u. a. digitale Wegaufnehmer und Glasplatten-Kerb-Messungen in Kombination mit mikroskopischer und fotogrammetrischer Auswertung vorgesehen. Zusätzlich wurden elektronische Schwingungsmessungen und geodätische Messungen durchgeführt. Den Messaufbau am Übergang vom Überbau zum beweglichen Lager zeigt Bild 2.

Bild 3 zeigt exemplarisch das Messergebnis einer Verschiebungsmessung (Verschiebung in [mm] über die Zeit in [s]) mit einem induktiven Wegaufnehmer während des horizontalen Belastungsversuchs. Die Messwerte wurden mit einer Abtastrate von 200 Hz erfasst und aufgezeichnet.

Beim Bremsen des Lkw zeigte sich eine Verschiebung des Brückenüberbaus relativ zu dem Auflagerbalken. Diese erreicht einen Maximalwert, der nach wenigen Sekunden auf einen kleineren Wert abfällt. Dieser Wert, der beim Stillstand des Lkw gemessen wurde, zeigt die Verschiebung des Brückenüberbaus aufgrund der Durchbiegung und damit einhergehender Winkelverdrehung des Überbaus bei der statischen Belastung durch den Lkw. Während dieser von der Brücke zurückfährt, bewegt sich der Brückenüberbau wieder in die Richtung der Ausgangslage, erreicht diese aber zunächst nicht vollständig. Der größte Anteil der gemessenen Verformungen ist auf Temperatureinflüsse oder auf das Eigengewicht des Lkw zurückzuführen. Den aufgebrachten Horizontalkräften zwischen ca. 116 kN und 144 kN können Verformungen zwischen 0,1 mm und 0,3 mm zugeordnet werden. Nach Abschluss eines Bremsvorgangs waren Restverformungen von ca. 0,1 mm festzustellen, wobei die Messungen nach Entlastung der Brücke ein „negatives“ Kriechverhalten (Relaxation) zeigten.

Zusammengefasst zeigen die durchgeführten Messungen im Rahmen der Vertikal- und Horizontalbelastungsversuche, dass es sich bei Brückenwiderlagern aus KBE um ein robustes System handelt, das die konzentrierten Lasten unter einer Auflagerbank mit ausreichender Sicherheit aufnehmen kann und ein quasi monolithisches



**Bild 3** Exemplarisches Ergebnis einer Verschiebungsmessung (induktiver Wegaufnehmer) während des horizontalen Belastungsversuchs  
Results of a displacement measurement (inductive displacement sensor) during the horizontal loading test

Verformungsverhalten aufweist. Aus den Bremsversuchen konnte kein schädliches Verformungsverhalten für die KBE-Widerlager festgestellt werden. Aufgrund der hohen Steifigkeit des KBE-Körpers der Stokkumer Straße ist das Trag- und Verformungsverhalten vergleichbar mit herkömmlichen Brückenwiderlagern in Massivbauweise. Somit konnte die Eignung der Bauweise für die Errichtung von Widerlagern von Einfeldbrücken bestätigt werden.

#### 4 Ausgeführte KBE-Brückenwiderlager auf Basis der Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt

##### 4.1 Autobahnbrücken

Neben der Überführung Stokkumer Straße über die BAB A3 wurden bislang zwei weitere Brückenbauwerke mit Widerlagern aus KBE im deutschen Autobahnnetz umgesetzt. Im Rahmen des 6-spurigen Ausbaus der BAB A43 in Recklinghausen sollte im Jahr 2022 das zweite Teilbauwerk (FR Wuppertal) über die Hochlarmarkstraße als Beschleunigungsmaßnahme mit Widerlagern aus KBE erstellt werden. Der Ersatzneubau des östlichen Teilbauwerkes (FR Münster) in Massivbauweise wurde bereits im Jahr 2021 fertiggestellt. Die rechteckige Grundfläche der KBE betrug etwa 17,0 m (Breite)  $\times$  10,0 m (Verankerungslänge). Jeweils östlich wurde die KBE begrenzt durch den vorhandenen Mittellängsverbau (rückverankerte Trägerbohlwand). Die Höhe der KBE bis zur Sauberkeitsschicht des Auflagerbalkens für den Brückenüberbau betrug bei beiden Widerlagern rund 6,0 m. Hergestellt wurde die KBE mit einaxialen Geogittern in der Umschlagmethode. Da der Füllboden der KBE zum Erhöhen der Steifigkeitseigenschaften zur Vergleichbarkeit mit dem Pilotprojekt mit einem Mischbindemittel verbessert wurde, war ein Geogitter einzusetzen, welches auch in alkalischem Milieu dauerbeständig ist. Hier wurde daher ein Fortrac 400/50 MDT der Huesker Synthetic GmbH, Gescher, aus Polyvinylalkohol (PVA) mit einer Nennzugfestigkeit von 400 kN/m gewählt. Die spätere Fertigung von Auflagerbalken und Überbau erfolgte in Ortbetonbauweise bzw. mittels Stahlbeton-Halbfertigteilen, die vor Ort miteinander verbunden wurden. Die Widerlager während des



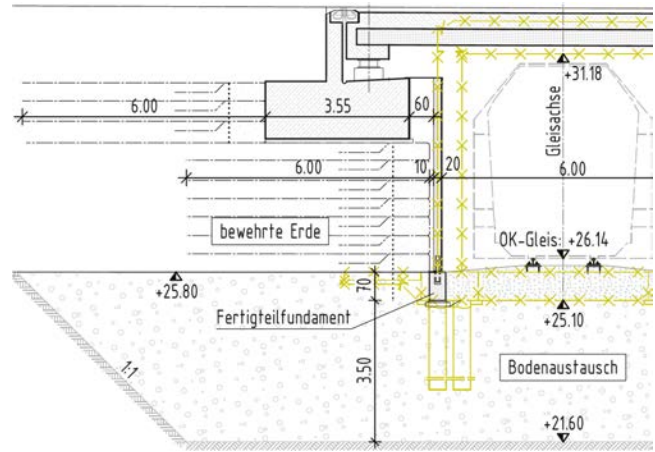
**Bild 4** Widerlager der BAB A43 an der Hochlarmarkstraße aus KBE während des Einbaus der Fertigteilteile für den Überbau  
Abutment of the Hochlarmark Bridge along the Autobahn A43 made of KBE during the lifting of the semi-finished parts for the superstructure

Einbaus der Spannbeton-Halbteilteile des Überbaus zeigt Bild 4. Jeweils links und rechts anschließend sind darin die schwarzen Geogitter der KBE hinter dem Auflagerbalken zu erkennen. Die KBE wurde anschließend vollständig mit Stahlbetonfertigteilteilen verblendet.

Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wurden auf dem luftseitigen Sporn der Auflagerbalken Messmarken jeweils so aufgebracht, dass damit die Setzungen und Schiefstellungen des Bauteils gemessen werden können. Insgesamt wurden maximale Setzungen an der Vorderkante des Auflagerbalkens bis rund 2 cm gemessen. Ein Großteil dieser Setzungen stellte sich unmittelbar nach dem Auflegen der Stahlbeton-Halbteilteile des Überbaus und nach dem Ausbau ein. Zwischen den beiden letzten Folgemessungen im April 2023 und Mai 2024 wurden Verformungen zwischen 0 mm und 5 mm gemessen. Die gemessenen Verformungen lagen deutlich unter den mittels FEM-Methode prognostizierten Werten.

Für den 8-spurigen Ausbau der BAB A40 zwischen Duisburg Homberg und AS Duisburg Häfen wurde ein weiteres Bauwerk im Autobahnnetz erstellt. Bei km 38+265,649 kreuzt die in Dammlage verlaufende BAB A40 ein Betriebsgleis der Hafenbahn des Duisburger Hafens (Duisport). Hier wurden für die FR Dortmund anstelle des ursprünglich geplanten Ersatzneubaus in massiver Rahmenbauweise und einer Tiefgründung aus Bohrpfehlen Widerlager aus KBE auf einem Bodenaustausch flach gegründet. Besonderheit bei diesem Bauwerk war der Kreuzungswinkel zwischen Brückenbauwerk und zu überquerender Bahntrasse von rund 35°, wodurch sich jeweils zwei spitze und zwei stumpfe Widerlagerecken ausbilden.

Die Grundfläche der KBE-Widerlager beträgt etwa 37,0 m (Länge) × 7,5 m (Breite). Die Höhe der KBE bis zu dem in Ortbetonbauweise erstellten Auflagerbalken beträgt bedingt durch die Querneigung des Auflagerbalkens zwischen rund 2,8 m im Norden und 3,5 m im Süden. Der Auflagerbalken, der direkt auf der Oberfläche



**Bild 5** Längsschnitt durch das Widerlager Achse 10 der BAB A40  
Longitudinal section through the abutment axis 10 of the Hafenbahn Bridge along the Autobahn A40

der KBE gegründet wird, ist einschließlich Kammerwand rund 3,15 m hoch. Es wurden analog zu der Bauweise der KBE an der Hochlarmarkstraße einaxiale Geogitter aus PVA mit einer Nennzugfestigkeit von 400 kN/m eingesetzt und der Füllboden zur Erhöhung der Steifigkeitseigenschaften mit einem Mischbindemittel verbessert. Die KBE-Konstruktion wurde zum Schutz der Geogitter mittels Betonfertigteilteilen verblendet. Diese wurden auf Fertigteilfundamenten vor der Grundfläche der Widerlager auf Dornen aufgestellt und am Auflagerbalken bzw. den Flügelwänden mit einer zusätzlichen Befestigung gehalten. Die lichte Weite zwischen den Widerlagern von ursprünglich 5,0 m (Bestandsbauwerk) sollte auf 6,0 m verbreitert werden. Daraus ergibt sich eine Spannweite der Spannbetonträger des Überbaus, welche durch Ortbeton ergänzt wurden, von 9,60 m. Einen exemplarischen Längsschnitt durch ein Widerlager zeigt Bild 5.

Aufgrund der spitzen Bauwerksecke, die sich aus dem Kreuzungswinkel ergibt, war eine herkömmliche Bewehrungsführung für den bewehrten Erdkörper, der sich aus einer Längs- und einer Querbewehrung zusammensetzt, nicht möglich, da im Bereich der spitzen Ecke ein ausreichender Rückumschlag aus geometrischen Gründen nicht oder nur schwer umzusetzen ist. Daher wurden die beiden spitzen Ecken des Bauwerks bildlich gebrochen, sodass ein zusätzlicher Geogitter-Streifen verlegt werden konnte. Dieser ermöglichte durch das Schaffen eines räumlichen Abstands zwischen Längs- und Querbewehrung, dass die Verankerungslänge der Querbewehrung und der Rückumschlag der Längsbewehrung im Eckbereich nach dem Prinzip einer Fangedammkonstruktion verlegt werden konnten. Die spitze Bauwerksecke konnte somit vollständig eingefasst werden. In Bild 6 ist die Bewehrungsführung der spitzen Bauwerksecke in Achse 10 dargestellt, bevor der Füllboden eingebaut und der Rückumschlag der Geogitter umgeklappt wurde.

Auch für das Bauwerk „Hafenbahn“ wurde ein geodätisches Messprogramm ähnlich dem Bauwerk über die Hochlarmarkstraße vorgesehen. Auf dem luftseitigen Sporn des Auflagerbalkens wurden insgesamt acht Messpunkte angeordnet, um Verformungen sowohl in



**Bild 6** Bewehrungsführung im Bereich der spitzen Ecke der KBE-Widerlager der BAB A40  
Reinforcement in the area of the sharp corner of the KBE-abutment of the Hafenbahn Bridge along the Autobahn A40



**Bild 7** Bauwerk Hafenbahn der BAB A40 nach Fertigstellung und Inbetriebnahme  
The Hafenbahn Bridge along the Autobahn A40 after completion and commissioning

Quer- als auch in Längsrichtung des Auflagerbalkens messen zu können. Ähnlich wie bei den Messungen am Bauwerk über die Hochlarmarkstraße wurde auch hier der Großteil der Verformungen unmittelbar nach dem Einhub der Halbfertigteile des Überbaus gemessen. Insgesamt konnten Verformungen bis 10 mm erfasst werden. Zwischen den letzten beiden Folgemessungen im September 2023 und Dezember 2024 wurden maximal rund 2 mm Setzungen des Auflagerbalkens gemessen. Ein unverträgliches Verformungsverhalten im Bereich der spitzen Bauwerksecken war nicht erkennbar. Bild 7 zeigt das Bauwerk nach Fertigstellung und Inbetriebnahme.

## 4.2 Brücken über Gewässer

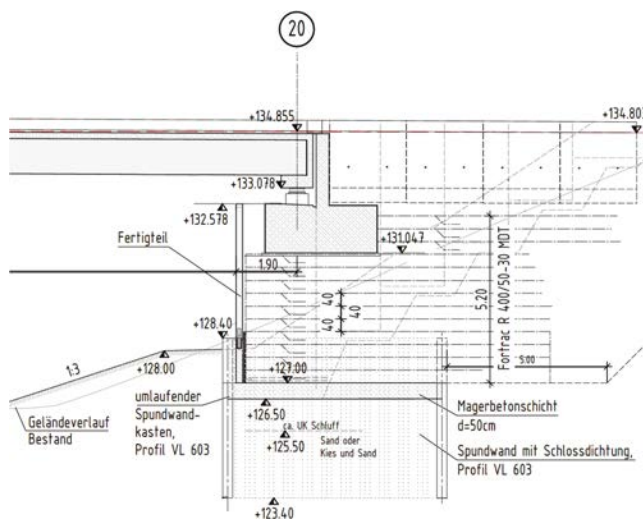
Durch die Hochwasserkatastrophe im Juli 2021, bei der in Deutschland über 180 Personen ums Leben kamen, entstanden in großen Teilen der Infrastruktur der betroffenen Regionen, insbesondere im Nordosten der Eifel, erhebliche Schäden. Nach Mitteilung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen waren von den insgesamt 116 betroffenen Bauwerken im Zuständigkeitsbereich des Landesbetriebs Straßenbau NRW 15 Brücken komplett zu ersetzen. Um die höher priorisierten Ersatzneubauten schnellstmöglich umzusetzen, wurden verschiedene Schnellbauweisen eingesetzt. Drei Ersatzneubauten wurden dabei mit Widerlagern aus KBE und einem Überbau aus Halbfertigteilen von der Heitkamp Brückenbau GmbH, Herne, errichtet:

- L 182/Swistbach, Heimerzheim
- L 12/Vichtbach, Mulartshütte
- B 56/Erft, Euskirchen

Der Baustart für den Ersatzneubau der Swistbachbrücke erfolgte bereits im September 2021. Mit einer stichprobenartigen Baugrunderkundung im Bereich der zurückgebauten Widerlager wurden unmittelbar unter der geplanten Gründungsebene des Ersatzneubaus Auen-

ablagerungen angetroffen, die aufgrund ihrer kornganalytischen Zusammensetzung als im Allgemeinen nicht erosionsstabil eingeordnet wurden. Darunter standen überwiegend schluffige Sande und mit zunehmender Tiefe mindestens mitteldicht bis sehr dicht gelagerte Sande oder Sand-Kies-Gemische an. Für den Erosionsschutz des Untergrundes wurde für beide Widerlager daher um die KBE ein umlaufend und wasserdicht ausgeführter Spundwandkasten hergestellt, welcher mindestens 1,0 m in die erosionsstabilen Sande oder Kies-Sand-Gemische einbindet. Eine innen liegende konstruktive Magerbetonschicht schließt dabei wasserdicht an die Spundwand an. Die Höhe der KBE bis zur Unterkante des Auflagerbalkens für den Brückenüberbau beträgt rund 4,0 m. In Bild 8 ist der Längsschnitt durch das Widerlager einschließlich Gründungssituation dargestellt.

Die KBE wurde wie beim Pilotprojekt Stokkumer Straße nach dem Umschlagverfahren errichtet. Zur Erhöhung der Scherfestigkeit und Steifigkeit des Füllbodens wurde dieser mit Bindemittel verbessert und die maßgeblichen geotechnischen Kennwerte über eine Eignungsprüfung



**Bild 8** Längsschnitt durch das Widerlager in Achse 20, L 182 über den Swistbach  
Longitudinal section through the abutment in axis 20, Swistbach Bridge, along the regional road L 182



**Bild 9** Verlegen der ersten Lage der Geogitterbewehrung der L 182 über den Swistbach, 04.10.2021  
Laying of the first layer of geogrid reinforcement for the abutment of the Swistbach Bridge along the regional road L 182; Oktober 4, 2021

nachgewiesen. Durch einen Geovliesstoff der Geotextilrobustheitsklasse GRK 3, mit dem die KBE vollständig eingeschlagen wurde, und einen erosions- und suffusionsstabilen Füllboden werden Ausspülungen und schädliche Kornumlagerungen des geokunststoff-bewehrten Erdkörpers bei Kontakt mit Grundwasser oder freiem Wasser bei Hochwasserereignissen verhindert. Den Stand der Arbeiten am 04.10.2021 zeigt Bild 9. Am 14. Oktober 2021 war die KBE eines Widerlagers einschließlich Auflagerbalken in Ortbetonbauweise bereits fertiggestellt und das zweite Widerlager kurz vor Endhöhe für das Aufstellen der Schalungselemente, Bild 10.

Die Vorsatzschale aus Stahlbeton-Fertigteilen wurde vor dem Einheben der Spannbeton-Halffertigteile des Überbaus innen liegend im Spundwandverbau auf der Magerbetonschicht aufgestellt. Der Anströmbereich des Bauwerks wurde mit Wasserbausteinen konstruktiv so gestaltet, dass Material, das bei Hochwasser angeschwemmt und mit der Hochwasserwelle transportiert wird, abgewiesen wird und somit die Stahlbeton-Fertigteile der Verblendung sowie die KBE geschützt werden. Zudem wurde bei der Planung darauf geachtet, dass der Fließquerschnitt des Gewässers durch den Ersatzneubau vergrößert wurde. Daraus ergab sich eine Stützweite des Überbaus von 24,30 m.

Das Bauwerk wurde im Dezember 2021 nach nur 3,5 Monaten Bauzeit fertiggestellt und für den Verkehr freigegeben.

Auch die beiden Bauwerke über den Vichtbach und über die Erft wurden in vergleichbarer Bauweise hergestellt. Der Ersatzneubau der Erft-Brücke im Zuge der B 56 in Euskirchen erfolgte dabei in zwei Teilbauwerken, um zunächst einen Teil des beschädigten Bestandsbauwerks eingeschränkt in Betrieb halten zu können. Dies wurde durch die Tiefgründung der Erweiterung des Bestandsbauwerks im Jahr 1998 ermöglicht, wodurch dieses Teilbauwerk auch nach der Hochwasserkatastrophe eine ausreichende Standsicherheit aufwies.



**Bild 10** Stand der Arbeiten an der L 182 über den Swistbach zum 14.10.2021  
Status of work as of October 14, 2021, on the Swistbach Bridge along the regional road L 182

Der Ersatzneubau konnte mit einem umlaufenden Erosionsschutz analog zum Bauwerk über den Swistbach flach gegründet werden. Die Pfahlgründung der Erweiterung des Bestandsbauwerks wurde dabei teilweise im Baugrund belassen und nur so weit zurückgebaut, dass der Ersatzneubau darüber entkoppelt und ohne mögliche Zwängungen hergestellt werden konnte. Durch die Flügelwände der KBE, welche durch die Querbewehrung der KBE gebildet werden, konnte für den Bau des zweiten Teilbauwerks auf ein Umankern des Mittel-längsverbaus verzichtet werden. Die im Vergleich zum Bauwerk über den Swistbach geringere Höhe der KBE von 2,44 m erlaubte den Einsatz eines Geogitters mit einer geringeren Nennzugfestigkeit von 200 kN/m.

## 5 Erfahrungen

Aus dem Pilotprojekt und den danach errichteten Bauwerken konnten weitere Erfahrungen und fundierte Erkenntnisse zu Widerlagern aus KBE gewonnen werden. Mit der im Bauwerk Stokkumer Straße eingebauten Messtechnik wurden sowohl geringere Verformungen als auch deutlich geringere Beanspruchungen der Geogitter festgestellt, als es die analytischen und numerischen Prognosen erwarten ließen. Im Allgemeinen stellten sich die wesentlichen Setzungen in Form von Zusammendrückung des KBE-Körpers unmittelbar nach dem Absetzen des Überbaus bzw. der Halffertigteilträger ein. Es wurden durchweg Setzungen im Millimeterbereich und aufgrund der außermittigen Belastung des Auflagerbalkens damit einhergehende, für das Tragwerk verträgliche Schiefstellungen im niedrigen Promillebereich gemessen. Die Gesamtsetzungen wurden – wie auch für herkömmlich hergestellte Widerlagerkonstruktionen – anteilig bestimmt durch die Zusammendrückbarkeit des Untergrunds. Bedingt durch die Vorbelastung des Baugrundes im Rahmen der Ersatzneubauten waren auch hier die Setzungsgrößen erwartungsgemäß sehr gering. Damit stimmen insbesondere die Ergebnisse der Dehnungsmessungen an den Geogittern des Bauwerks Stokkumer Straße qualitativ mit den Erfahrungen vergleichbarer Bauwerke, bspw. in [7], überein. Demnach hat sich bestätigt, dass die Bauweise als Widerlager grundsätzlich ein duktileres, aus bautechnischer Sicht robustes

Tragverhalten aufweist und alle Voraussetzungen für ein langlebiges Ingenieurbauwerk erfüllt.

Hinsichtlich der Anordnung der Geogitter hat sich die bisherige Verlegetechnik bewährt. Im Wesentlichen wurde bei den Bauwerken unterschieden zwischen einer Bewehrung in Längsrichtung des Bauwerks und zusätzlich in Querrichtung im Flügelbereich der Widerlager. Hiermit wird ein eindeutig definierter Lastabtrag sichergestellt. Auch die Wirksamkeit der konstruktiven Ausbildung der Eckbereiche durch Bewehrungszulagen oder das Brechen der spitzen Ecken des KBE-Körpers bei niedrigem Kreuzungswinkel, etwa bei der Hafengebäudebrücke der BAB A40 in Duisburg, konnten durch die durchgeführten Verformungsmessungen bestätigt werden und sollten daher beibehalten werden.

Bei allen bisherigen Bauwerken wurde eine Verblendung des KBE-Körpers mit Fertigteilen aus Stahlbeton vorgenommen. Grundsätzlich wird bei der Wahl des Facings unterschieden zwischen aktiven Elementen, die Teil des Tragwerks sind und an denen die Bewehrungselemente kraftschlüssig angeschlossen werden, und passiven Elementen, die nicht Bestandteil des Tragwerks sind und somit hinsichtlich der Einwirkungen aus dem Auflagerbalken und Überbau sowie Erddruck lastfrei zu halten sind. Bei den in diesem Beitrag vorgestellten Bauwerken wurden ausschließlich passive Facing-Elemente eingesetzt, die als Schutz vor UV-Strahlung, Vandalismus u. Ä. dienen und nicht Bestandteil des Tragwerks sind. Teile des Flügelbereichs wurden bei einigen Bauwerken auch mit Gabionen verblendet, die ebenfalls als passive Facing-Elemente ausgebildet waren. Um bei möglichen Horizontalverformungen der KBE dauerhaft lastfrei gehalten zu werden, wurden die Stahlbeton-Fertigteile der bisherigen Bauwerke jeweils mit einem planmäßigen horizontalen Abstand von 10 cm zur KBE aufgestellt. Dies führt konstruktionsbedingt zu größeren Stützweiten als bei herkömmlichen Widerlagerkonstruktionen in Stahlbetonbauweise, womit wiederum höhere Aufwendungen für den Überbau einhergehen können. Grundsätzlich besteht bei der Ausbildung der Verblendung daher Optimierungspotenzial. So könnten beispielsweise die üblicherweise eingesetzte verlorene Schalung der KBE zur Formgebung und Einhaltung der Herstellungsgenauigkeit und der bislang planmäßige Luftspalt entfallen, wenn aktive Facing-Elemente eingesetzt werden. Bei der Tragwerksplanung ist hierfür besonders auf die Verbindung zwischen Geogittern und Facing-Elementen zu achten.

Sowohl Planung als auch Ausführung sollten nur durch Ingenieurbüros und Fachfirmen erfolgen, die mit der Planung und dem Bau von Ingenieurbauwerken vertraut sind. Dies wird durch die Novelle der DIN 1076 [8] unterstrichen, die als Entwurf vorliegt. Darin werden Widerlager von Brücken, die als bewehrte Erdkörper aufgebaut sind, unabhängig von ihrer sichtbaren Höhe als Ingenieurbauwerke eingeführt. Wie andere Ingenieurbauwerke sind Widerlager aus KBE Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 zu unterziehen. Im Rahmen des Bauwerksmonitorings sollten die Bauwerksverformungen

mit einem geeigneten Messprogramm aufgezeichnet und fortgeschrieben werden. Bei den Messungen sind die Stauchungen der KBE und die Schiefstellung des Auflagerbalkens getrennt von den Bauwerkssetzungen durch Zusammendrückung des Untergrunds zu erfassen.

Auch vor der Einführung der neuen DIN 1076 sind Widerlager aus KBE als Ingenieurbauwerke zu behandeln. Dies setzt eine intensive Prüfung und Qualitätskontrolle bei der Planung und Ausführung voraus, damit Planungsfehler, Ausführungsfehler und Missverständnisse bei der Ausführung vermieden werden. Darüber hinaus sollten die Mitarbeiter vor Ort hinsichtlich der bautechnischen Anforderungen und deren Bedeutung eingewiesen werden.

Mit der Zugabe von Bindemittel können Mineralgemische, die nur bedingt geeignet sind, so verbessert werden, dass sie als Füllboden für Widerlager aus KBE eingesetzt werden können. Voraussetzung dafür ist der Nachweis über die Einhaltung der in den statischen Berechnungen geforderten Kennwerte. Dies kann über eine qualifizierte Bodenverbesserung und die damit einhergehende Eignungsprüfung nach TP-BF StB Teil B 11.3 [9] erfolgen. Aufgrund des hohen pH-Werts des aufbereiteten Füllbodens ist dann ein entsprechendes Geogitter aus einem dauerbeständigen Rohstoff, etwa PVA, zu wählen. Bei der Umsetzung des Pilotprojekts Stokkumer Straße konnte durch Zugabe von Bindemittel ein schluffiger bis stark schluffiger Sand einer nahe gelegenen Deichbaustelle als Füllboden eingesetzt werden. Damit wurden Transportwege verkürzt und Synergien beim Bauablauf genutzt. Aus bodenmechanischer Sicht ist eine Konditionierung von Füllboden jedoch nicht zwingend notwendig und sollte nur unter bestimmten Randbedingungen erfolgen. Diese können besonders hohe Anforderungen an das Verformungsverhalten der KBE oder, wie zuvor beschrieben, die Nutzung von Böden im unmittelbaren Projektgebiet sein. Bei der Beschaffung eines ohne Bindemittel geeigneten Füllbodens führt das Entfallen einer Konditionierung zu Optimierungen beim Bauablauf und zur Einsparung von CO<sub>2</sub>.

## 6 Fortschreibung des Regelwerks

Die Bemessung von Widerlagern aus KBE ist bislang unter den Vorgaben zur Bemessung von Stützkonstruktionen in [6] möglich. Während die Bauweise in Deutschland demnach noch als unregelt gilt, werden Widerlager aus KBE zukünftig in gleich zwei Regelwerken berücksichtigt. Zum einen wird dies der Abschnitt 9 des Eurocodes 7, Teil 3 [10], sein, sodass normative Vorgaben zur Planung und Bemessung sowie Regelungen zu den einzelnen Baustoffen auf europäischer Ebene vorliegen und somit auch in Deutschland über die nationalen Anwendungsdokumente bauaufsichtlich eingeführt werden können.

Für Bauwerke des Bundesfernstraßennetzes und der Straßenbauverwaltungen der Länder werden noch vor

Erscheinen des neuen Eurocodes 7 Regelungen mit der kommenden Fassung der ZTV-ING, Teil 2, Abschnitt 4, erwartet. Darin werden für Widerlager aus KBE technische Randbedingungen zur Planung und Konstruktion, der Ausführung und der Überwachung der Bauausführung sowie Qualitätssicherung formuliert, die auf Grundlage der Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt Stokkumer Straße und den danach errichteten dauerhaften Bauwerken ausgearbeitet wurden. So soll etwa der maximale vertikale Abstand der Bewehrungslagen im Regelfall zwischen 0,25 m und 0,5 m betragen. Der Füllboden ist dabei in Lagen von höchstens 30 cm Dicke einzubauen. Zudem werden Vorgaben zur Zusammensetzung des Füllbodens gemacht, sodass nur grobkörnige und gemischtkörnige Bodenarten der Gruppen SW, SI, SE, GW, GI, GE, SU, ST, GU und GT nach DIN 18196 verwendet werden dürfen. Eine Verbesserung der bodenmechanischen Eigenschaften des Füllbodens mittels Bindemittel wird über die Regelungen in [9] offengelassen und ist nicht zwingend erforderlich, sofern die Eignung des Füllbodens auch ohne Bindemittel nachgewiesen werden kann.

Als Ergänzung zu den vertraglichen Regelungen in der ZTV-ING wird u. a. vorgesehen, detailliertere Hinweise zur Planung in den Richtlinien für den Entwurf, die konstruktive Ausbildung und Ausstattung von Ingenieurbauten (RE-ING) zu geben und das Vorgehen bei der Bauüberwachung von Ingenieurbauten über das entsprechende Merkblatt M-BÜ-ING zu standardisieren.

## 7 Fazit und Ausblick

Widerlager aus KBE können grundsätzlich gemäß dem Stand der Technik geplant und ausgeführt werden. Hin-

sichtlich der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit sind die bislang entworfenen und umgesetzten Konstruktionen aus geotechnischer Sicht gleichwertig zu einer massiven Widerlagerkonstruktion. Mit der Fortschreibung der Regelwerke wird gewährleistet, dass auch zukünftige Bauwerke den notwendigen bautechnischen Anforderungen genügen und sowohl Bauherren als auch Planer und bauausführende Firmen sicher handeln können.

Zum Einsparen von CO<sub>2</sub> während der Bauphase wird derzeit angestrebt, auf die Zugabe von Bindemitteln wie bei den bisherigen Bauwerken zu verzichten. Voraussetzung dafür ist die Eignung des Füllbodens im Hinblick auf eine ausreichende Scherfestigkeit und hohe Steifigkeit. Im Rahmen des Ersatzneubaus von fünf Bauwerken über die BAB A3 bei Emmerich soll diese Optimierung der Bauweise Anwendung finden.

Ferner wurden in Deutschland Widerlager aus KBE bislang ausschließlich für einfeldrige Brückenbauwerke mit Stützweiten < 40 m eingesetzt. Eine Ausweitung auf Mehrfeldbrücken ist grundsätzlich möglich und würde den bevorzugten Anwendungsbereich der Konstruktionen erweitern. Voraussetzung dafür ist die Verträglichkeit von Verformungen der Widerlager und der Zwischenunterstützung für den Überbau, welche in jedem Fall bauwerksspezifisch nachzuweisen und konstruktiv sicherzustellen ist. Zudem werden auch größere Stützweiten, die zu höheren Einwirkungen auf die KBE führen, angestrebt. Bisherige Forschungsarbeiten mit Belastungsversuchen, etwa in [11], sowie einschlägige Projekterfahrungen im Ausland, wie in [12] beschrieben, zeigen, dass die Anwendungsgrenzen von Widerlagern aus KBE in Deutschland noch nicht erreicht wurden.

## Literatur

- [1] Herold, A. (2001) *Das erste Straßenbrückenwiderlager in Deutschland als Permanentkonstruktion in der Bauweise KBE – kunststoffbewehrte Erde* in: Floss, R. [Hrsg.] *Tagungsband der 7. Informations- und Vortragstagung über Kunststoffe in der Geotechnik (KGEO)*, 3/2001 in München, Sonderheft Zeitschrift Geotechnik der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT), S. 113–119.
- [2] BASt (2025) *Brückenstatistik*, Website der Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen [www.bast.de](http://www.bast.de), abgerufen am 01.09.2025.
- [3] Placzek, D.; Marzahn, G.; Kranz, J.; Oehler, T. (2022) *Brückenwiderlager aus geokunststoffbewehrter Erde (KBE) – Alternative für den Neubau und Ersatzneubau von Brückenbauwerken*. Bautechnik 99, H. 2, S. 123–133.
- [4] DIN EN 1997-1:2014-03 *Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln. Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013*. Berlin: Beuth.
- [5] DIN 1054:2021-04 *Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*. Berlin: Beuth.
- [6] EBGeo (2010) *Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen*. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. [Hrsg.], 2. Auflage. Berlin: Ernst & Sohn.
- [7] Bussert, F.; Naciri, O. (2007) *Erfahrungen mit dem Spannungs-Verformungsverhalten von mit Geogittern bewehrten Stützkonstruktionen*. Bautechnik 84, November 2007 (11), S. 793–802.
- [8] DIN 1076:1999-11 *Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung*. Berlin: Beuth.
- [9] TP-BF StB Teil B 11.3 (2010) *Eignungsprüfung bei Bodenverbesserungen, Technische Prüfbestimmung für Boden und Fels im Straßenbau*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). <https://www.fgsv.de>
- [10] FprEN 1997-3:2024 (E) *Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 3: Geotechnische Bauten*. Norm-Entwurf, Berlin: DIN Media GmbH.
- [11] Alexiew, D. (2007) *Belastungsversuche an einem 1:1-Modell eines geogitterbewehrten Brückenwiderlagers* in: Katzenbach, R. [Hrsg.] *Tagungsband des 14. Darmstädter Geotechnik-Kolloquiums*. Mitteilungen des Institutes und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt, Heft Nr. 76, 2007, S. 205–218.
- [12] Hangen, H.; Bordbar, E. (2018) *Umsetzung geokunststoffbewehrter Stützkonstruktionen im Rahmen des Großprojektes Buitenring Parkstad* in: Vogt, C.; Moormann, C. [Hrsg.] *Tagungshandbuch zum 11. Kolloquium »Bauen in Boden und Fels« der TA Esslingen*, 16. und 17. Januar 2018, S. 193–199.

**Autor:innen**

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Placzek  
Dietmar.Placzek@ele-e.de  
ELE Beratende Ingenieure GmbH  
Erdbaulaboratorium Essen  
Schnieringshof 14  
45329 Essen

Prof. Dr.-Ing. Gero Marzahn  
Gero.Marzahn@bmv.bund.de  
Bundesministerium für Verkehr (BMV)  
Abteilung Bundesfernstraßen  
Referat StB 24 Ingenieurbauwerke  
Robert-Schuman-Platz 1  
53175 Bonn

M. Eng. Felix Lehmann (Korrespondenzautor:in)  
Felix.Lehmann@ele-e.de  
ELE Beratende Ingenieure GmbH  
Erdbaulaboratorium Essen  
Schnieringshof 14  
45329 Essen

**Zitieren Sie diesen Beitrag**

Placzek, D.; Marzahn G.; F. Lehmann; (2025) *Brückenwiderlager aus geokunststoffbewehrter Erde (KBE) – Erfahrungen aus dem Bau mehrerer Brücken der letzten Jahre*. *geotechnik* 48, H. 4, S. 295–303.  
<https://doi.org/10.1002/gete.70010>

Dieser Aufsatz wurde in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet.  
Eingereicht: 14. Oktober 2025; angenommen: 28. Oktober 2025.