

Erfolgreicher Einsatz an der Heidebahn: Vliesstoffe zur Planumsverbesserung

Der Einbau von Geokunststoffen unter dem Schotter bietet vor allem bei gering belasteten Strecken eine dauerhafte und wirtschaftliche Alternative zur Schutzschicht.

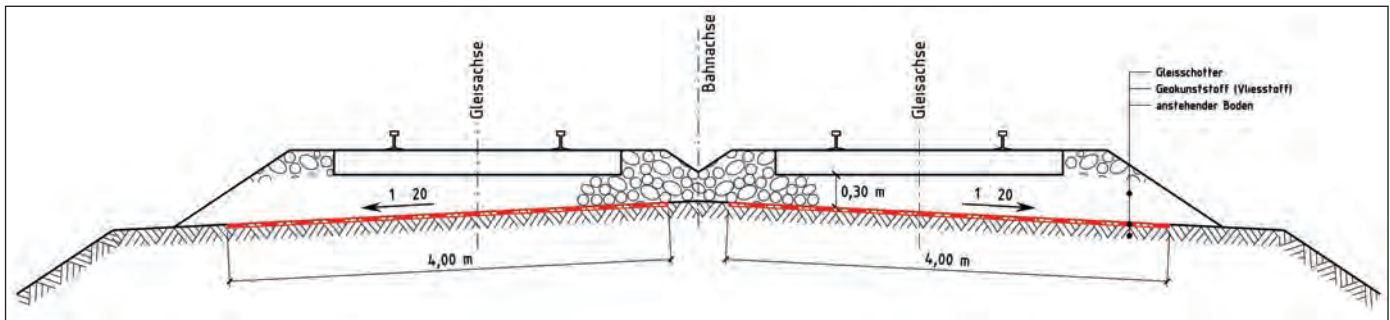


Abb. 1: Querschnittsgestaltung einer zweigleisigen Strecke

CLEMENS HAASE / RALPH FISCHER

In den vergangenen Jahren wurden bei zahlreichen Versuchen und Praxiseinsätzen Erfahrungen mit dem Einbau von Geokunststoffen zur Planumsverbesserung gesammelt. Sie sollen vor allem an schwach belasteten Nebenstrecken als kostengünstige Alternative zur Schutzschicht eingesetzt werden. Die Untersuchungen zeigen, dass insbesondere Vliesstoffe mit hoher Flächenmasse von $\geq 800 \text{ g/m}^2$ und hohem Beanspruchungswiderstand geeignet sind. Gleichzeitig müssen günstige geotechnische und hydrologische Verhältnisse vorherrschen oder geschaffen werden, um eine dauerhafte Wirksamkeit der Vliesstoffe zu gewährleisten. Bezüglich der Einsatzbedingungen gilt die TM 2013-256 [U5]. Die an den Vliesstoff zu stellenden Materialanforderungen sind im DBS 918 039 [U4] unter Anwendungsfall 3.14 benannt.

Herausforderung im Kontext

Die Gebrauchstauglichkeit und die Verfügbarkeit von Eisenbahnstrecken werden maßgeblich von den Auflagerbedingungen des Oberbaus bestimmt. Bei unzureichenden Untergrundbedingungen und ungünstigen hydrologischen Verhältnissen sind ein erhöhter Instandhaltungsaufwand und Gebrauchstauglichkeitseinschränkungen zu erwarten.

Zur Schaffung eines möglichst instandhaltungsarmen, ausreichend verformungsarmen und frostsicheren Auflagers der Schotterbettung sieht die Ril 836 [U6] bei technischem Erfordernis den Einbau von

Schutzschichten aus qualifizierten Korngemischen als Regellösung und die Herstellung von Entwässerungsanlagen vor.

Der Einbau von Schutzschichten bedeutet gegenüber einer reinen Oberbauerneuerung zusätzliche finanzielle Aufwendungen und längere Bauzeiten. Vor allem bei schwach belasteten und von stadtbahnähnlichen Nahverkehrszügen mit geringen Achslasten befahrenen Nebenstrecke belastet der Schutzschicht einbau das Kosten-Nutzen-Verhältnis. Vor diesem Hintergrund wurden von der DB AG Untersuchungen zur Eignung von Geokunststoffen zur Planumsverbesserung als kostengünstige Alternative zur Schutzschicht beauftragt.

Die Untersuchungen umfassten mehrere, großmaßstäbliche Dauerbelastungsversuche und zahlreiche Praxisversuche. Im Rahmen der Praxisversuche erfolgte eine gutachterliche Begleitung von Bauvorhaben, bei denen Geokunststoffe unter dem Gleisschotter eingebaut wurden. Mit Vliesstoffen, Geweben und Geoverbundstoffen wurden unterschiedliche Geokunststoffprodukte mehrerer Hersteller erprobt. Neben der Begleitung und Dokumentation des Einbaus bzw. der Einbauverhältnisse erfolgten Bewertungen der Gleislageentwicklungen und des Instandhaltungsaufwandes. Zudem wurden in nahezu allen Einbaustellen Großschürfe in den Schwellenfächern ausgeführt, um den Zustand der Geokunststoffe und den Zustand des gleisnahen Schichtensystems festzustellen und zu dokumentieren.

Zusammenfassung der bisherigen Erfahrungen

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass vor allem mechanisch verfestigte Vliesstoffe mit einer hohen Flächenmasse von $\geq 800 \text{ g/m}^2$

und einer dementsprechend großen Dicke für die Anwendung geeignet sind. Diese Vliesstoffe sind robust genug und weisen ausreichend hohe Beanspruchungswiderstände auf.

Die Vliesstoffe

- gewährleisten die Trenn- und Filterstabilität zwischen Gleisschotter und Boden,
- stabilisieren und schützen das Planum gegen Beschädigungen, wie das Eindringen von Schottersteinen durch kleinräumige Lastverteilung und Dämpfungswirkung,
- verhindern infolge ihrer Dränwirkung kleinräumige Wasseransammlungen und damit die schädliche Durchfeuchtung des Planums und
- brechen die Kapillarität des anstehenden Bodens aufgrund ihrer offenporigen Struktur.

Diese komplexe Wirkung führt zu positiven Effekten bezüglich der Verformungsmoduln und der Frostempfindlichkeit des Gesamtsystems. Dies zeigt sich anhand der guten Gleislage und des geringen Instandhaltungsaufwandes der untersuchten Abschnitte.

Voraussetzung für die Wirksamkeit der unter dem Gleisschotter eingebauten Geokunststoffe sind ausreichend günstige geotechnische und hydrologische Verhältnisse. Vor allem bei gemischtkörnigen und feinkörnigen Böden stehen die bautechnisch relevanten bodenmechanischen Eigenschaften in direktem Zusammenhang mit den hydrologischen Verhältnissen.

Gleichzeitig bestimmen maßgeblich die Einbauqualität und die eisenbahnbetrieblichen Verhältnisse die Dauerhaftigkeit.

Maßgebende Vorschriften und Regelwerke

Für die Anwendung von Geokunststoffen zur Planumsverbesserung gilt seit November 2013 die Technische Mitteilung TM 2013-256 [2]. Sie

enthält Vorgaben für die eisenbahnbetrieblichen Randbedingungen, die einzusetzenden Geokunststoffe sowie die sicherzustellenden geotechnischen und hydrologischen Verhältnisse. Weiterhin beinhaltet die TM Regelungen und Empfehlungen für den gleislosen, konventionellen und für den gleisgebundenen maschinellen Einbau von Geokunststoffen, die Querschnittsgestaltung (Abb. 1) und die Ausbildung der Übergangsbereiche.

Hinsichtlich der eisenbahnbetrieblichen Randbedingungen gelten für die Regelanwendung (ohne Einschränkungen und Genehmigungen) folgende Grenzen:

- Geschwindigkeit $v \leq 120$ km/h,
- Gleisbelastung ≤ 20.000 Lt/d
- überwiegend Personenverkehr mit geringen Achslasten (≤ 18 t) und
- Geschwindigkeitsanhebungen $\Delta v \leq 20$ km/h (ab $v_e > 100$ km/h).

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der eingeschränkten Anwendung (unter Inkaufnahme eines ggf. erhöhten Instandhaltungsaufwandes) und des temporären Einsatzes von Geokunststoffen.

Um dem bereits oben beschriebenen maßgeblichen Einfluss der geotechnischen und hydrologischen Verhältnisse Rechnung zu tragen, enthält die TM als Anlage 1 ein „Entscheidungsdiagramm für die Planumsverbesserung (mit Vliesstoffen)“. Zusammen mit den in Anlage 2 der TM vorgegebenen geotechnischen Randbedingungen liefert das Entscheidungsdiagramm anhand der örtlichen Verhältnisse eine Einstufung, inwieweit der Einbau von Vliesstoffen zur

Planumsverbesserung (Plv) ausreicht bzw. zielführend ist. Folgende Fälle werden dabei unterschieden:

- Regelanwendung – vollwertige Plv,
 - eingeschränkte Anwendung – teilwertige Plv unter Inkaufnahme eines ggf. erhöhten Instandhaltungsaufwandes,
 - Anwendungsgrenze – teilwertige Plv unter Inkaufnahme eines erhöhten Instandhaltungsaufwandes und nur nach Bewertung durch einen vom Eisenbahn-Bundsaamt (EBA) anerkannten Gutachter für Geotechnik und
 - nicht ausreichend – Einbau eines Geokunststoffes als alleinige Maßnahme nicht zulässig.
- Die in der TM 2013-256 [U2] enthaltenen Anforderungen an die Geokunststoffe wurden in die aktualisierten Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des Eisenbahn-Bundesamtes vom 1. Juli 2014 [3] als Anwendungsfall 3.14 übernommen. Im November 2015 wurden die Prüfungsbedingungen des EBA [3] mit Inkrafttreten der TM 4-2015-10838 I.NPF 2 [5] abgelöst und in den DBS 918 039 [U4] überführt. Hierbei wurden keine Änderungen der Materialspezifika vorgenommen, so dass der relevante Anwendungsfall 3.14 weiterhin unverändert gilt. Nach wie vor besteht dabei die formale Anforderung, dass für den Vliesstoff eine Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) der DB AG benötigt wird.

Projekt Heidebahn

An der Heidebahn wurden in den Jahren 2010 und 2011 Geokunststoffe zur Planumsverbesserung in elf Abschnitten mit einer Gesamtlänge von 6,4 km eingebaut. Die

Einbauabschnitte werden überwiegend von Nahverkehrs-Triebzügen mit geringen Achslasten ≤ 18 t und mit einer Geschwindigkeit von $v_e = 120$ km/h befahren. Die Verkehrsbelastung beträgt ≤ 12.000 Lt/d.

Für den Einbau wurden Abschnitte mit ausreichend günstigen geotechnischen und hydrologischen Verhältnissen im Sinne der TM 2013-256 [2] ausgewählt. Im Planum stehen vorwiegend ortstypische Sande der Bodengruppen SE und SU sowie untergeordnet SU* an. Abschnittsweise ist in Höhe des Planums eine Mischzone aus Gleisschotter und Sand vorhanden. Die versickerfähigen Böden gewährleisteten gute hydrologische Verhältnisse. In den Einschnitten wurden Bahngräben und Versickerschlitze angelegt. Eingebaut wurde ein mechanisch verfestigter Stapelfaservlies „Secutex PSS (R 904 a)“ der Firma Naue GmbH mit einer Flächenmasse von 900 g/m².

Damit entsprechen die betrieblichen Randbedingungen, der verwendete Vliesstoff und die geotechnischen und hydrologischen Verhältnisse den Vorgaben der TM 2013-256 [U5] für die Regelanwendung bzw. den Anforderungen des DBS 918 039 [4].

Erfahrungen gleisgebundener Einbau

Der Einbau der Vliesstoffe erfolgte in fünf der insgesamt elf Einbauabschnitte gleisgebunden mit der RPM-W 2002-2. Da die Maschine für den Schutzschichteinbau konzipiert ist und dahingehend größere Aushubtiefen als bei der alleinigen Bettungsreinigung realisiert werden müssen, besitzt die Maschine zwei Räumketten. Die dadurch bestehenden komfortablen Platzverhältnisse der eingesetzten Maschine ermöglichten ein einfaches Verlegen der bereits als Lieferwerk auf 25 m Länge vorkonfektionierten Vliesstoffrollen. Die Rollen wurden ohne Unterbrechung des Arbeitsprozesses hinter den beiden Räumketten seitlich eingelegt und auf dem freigelegten Planum mit Hilfe von an der Maschine befestigten Schekelketten ausgerollt (Abb. 2). Nachfolgend wurde der gereinigte Gleisschotter wieder aufgeschüttet und der Gleisrost darauf abgelegt. Einbaubeschädigungen können umso sicherer ausgeschlossen werden, desto mehr gereinigter Schotter vor dem Ablegen des Gleisrostes eingebaut wurde.

Der gleisgebundene Vliesstoffeinbau mit der RPM-W 2002-2 zeichnete sich durch ein gleichbleibend hohes Maß an Ebenheit, ein durchgehendes Quergefälle des Planums sowie eine faltenfreie und sorgfältige Verlegung der Vliesstoffe aus (Abb. 3).

Ebenso zeigten die Erfahrungen der Heidebahn im Hinblick auf die bei anderen Baustellen aufgetretenen Probleme, dass das möglichst frühzeitige Vorsehen des Einbaus von Geokunststoffen in der Ebene des Planums im Ausschreibungs- und Planungsprozess von großer Bedeutung ist und einen rei-



Abb. 2: Gleisgebundener Einbau des Vliesstoffes

bungslosen sowie qualitativ hochwertigen Einbau gewährleistet.

Erfahrungen gleisloser Einbau

In den anderen sechs der elf Einbauabschnitte wurden die Vliesstoffe gleislos konventionell eingebaut. Nach dem Ausbau des alten Gleisrostes und dem profilgerechten Abtrag der Schotterbettung wurde der anstehende Boden nachverdichtet. Auf diesem vorbereiteten Planum wurden die Vliesstoffe händisch ausgerollt (Abb. 4).

Die Verwendung von Rollen mit 50 m Länge war grundsätzlich möglich, jedoch erschwerte das hohe Gewicht das Handling auf der Baustelle. Bei der Verlegung der langen Bahnen im Bogen wäre ein Faltenwurf fast unvermeidlich, weshalb sie auf eine dem Bogenradius angepasste Länge gekürzt werden mussten.

Als generelle Erfahrungen lassen sich festhalten, dass die Vliesstoffe möglichst unmittelbar mit Gleisschotter überdeckt und lange Freiliegezeiten vermieden werden sollen, um einem ggf. schädigenden Einfluss durch UV-Strahlung vorzubeugen. Zudem besteht nicht das Risiko, dass durch Windeinwirkungen Faltenwurf entsteht und die einzelnen Bahnen wieder gerichtet werden müssen.

Beim gleislosen Einbau ist zwingend zu beachten, dass die Vliesstoffe nicht direkt befahren werden. An der Heidebahn wurde deshalb ein „Vor-Kopf-Einbau“ erforderlich (Abb. 5). Beim Befahren wurde die Mindeststärke der Schotterdecke von 20 cm eingehalten.

Das Aufbringen des Grundschanters erfolgte mit Planiermaschinen. Deren Raupenkette verteilt die Fahrzeuglasten auf eine größere Fläche und erzeugt damit eine geringere Flächenpressung als radmobile Baumaschinen. Im Hinblick auf die Einbaubeanspruchung der Vliesstoffe sind Raupenfahrzeuge damit günstiger.

Die grundsätzlichen Anforderungen an den Einbau der Vliesstoffe, wie ausreichende Ebenheit und ein durchgehendes Quergefälle des Planums, wurden beim gleislosen Einbau erfüllt. Die Vliesstoffe liegen durch entsprechende Nacharbeiten straff und faltenfrei sowie mit der erforderlichen gegenseitigen Überlappung auf dem Planum.

Die sehr hohe Einbauqualität des gleisgebundenen Umbaus wurde dabei jedoch nicht in allen Abschnitten erreicht. Dies ist aber nicht auf die gleislose Einbautechnologie, sondern auf einen bauablaufbedingten nachträglichen Ein- oder Umbau von z.B. Entwässerungsanlagen oder Kabeltrögen zurückzuführen. Die Erfahrungen der Baustelle zeigen, dass eine gute Koordination des Bauablaufes und Planung der Baustellenlogistik sowie eine intensive Bauüberwachung unverzichtbar sind, um eine qualitätsgerechte Bauausführung sicherzustellen.



Abb. 3: Einbau des Vliesstoffes mit gleichbleibend hoher Qualität



Abb. 4: Gleisloser konventioneller Einbau des Vliesstoffes



Abb. 5: Vor-Kopf-Einbau des Grundschanters

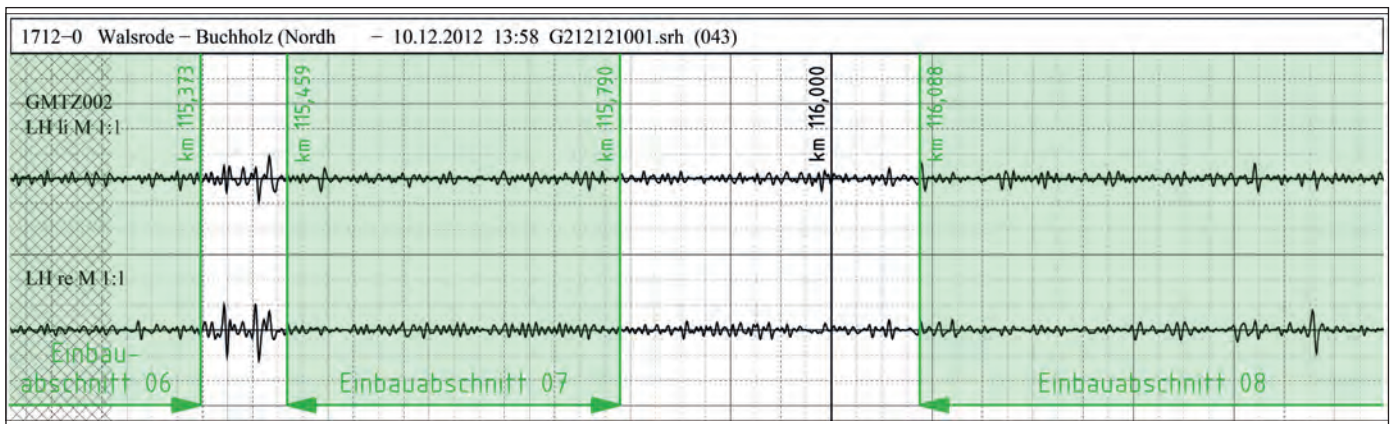


Abb. 6: Auszug Gleissmessschrieb mit Markierung der Einbauabschnitten

Untersuchungsergebnisse

Im August 2013 wurden insgesamt fünf Schürfen in den Einbauabschnitten ausgeführt. Für die im Jahr 2010 eingebauten Vliesstoffe ergibt sich daraus eine Expositionszeit von etwa drei Jahren. Der Gleissmessschrieb vom Dezember 2012 zeigt für alle elf Einbauabschnitte eine gute bis sehr gute Gleislage. Dabei bestehen weder Ein-

schränkungen der Gebrauchstauglichkeit, noch sind Maßnahmen zur Instandsetzung auszuführen bzw. in naher Zukunft zu erwarten. Desweiteren fällt auf, dass die an die Einbauabschnitte angrenzenden Streckenabschnitte z.T. eine schlechtere Gleislage aufweisen (Abb. 6). Bei allen fünf Schürfen wurde das Schichtsystem in einem unversehrten Zustand angetrof-

fen. Der Schotter ist sauber und weist keine Verschlämmungen oder Vermischungen mit dem anstehenden Boden auf (Abb. 7). Der Vliesstoff ist voll funktionstüchtig und kann seine Funktionen ohne Einschränkungen erfüllen. Die Untersuchungen bestätigen, dass die geotechnischen und hydrologischen Verhältnisse der Regelanwendung gemäß TM 2013-256 [2] entsprechen.

Die freigelegten Vliesstoffe zeigen einen guten bis sehr guten Zustand (Abb. 6). Bei der visuellen Beurteilung der Vliesstoffproben auf einem Lichttisch wurden keine bzw. nur vereinzelte kleine Perforationen festgestellt. Die Funktionsfähigkeit des Vliesstoffes ist nicht beeinträchtigt. Gleichzeitig belegen die Laboruntersuchungen, dass sich die Festigkeit der beanspruchten Vliesstoffe gegenüber dem neuwertigen Material kaum verändert hat (Abb. 8). Die ermittelten geringen Festigkeitsunterschiede bewegen sich dabei im Rahmen der durch die Inhomogenität der Vliesstoffe verursachten materialtypischen Streuung. Damit verbleiben auch nach Einbau- und dreijähriger Betriebsbeanspruchung hohe „Restfestigkeiten“ und ein komfortabler Abnutzungsvorrat.

Fazit

Die positiven Ergebnisse der Einbaustelle Heidebahn belegen, dass der Einbau von Vliesstoffen zur Planumsverbesserung direkt unter dem Gleisschotter eine zuverlässige Bauweise und preiswerte Alternative zum Einbau von Schutzschichten darstellt, wenn gewährleistet ist, dass

- die Gleisbelastung und Streckengeschwindigkeit nicht zu hoch sind,
- ausreichend günstige geotechnische und hydrologische Verhältnisse vorherrschen bzw. geschaffen werden,
- der Einbau sach- und fachgerecht ausgeführt wird,
- die Geokunststoffe einen ausreichend hohen Beanspruchungswiderstand und Abnutzungsvorrat besitzen und
- eine qualitätsgerechte Bauausführung mit entsprechender Arbeitsvorbereitung notwendig ist.



Abb. 7: Intaktes Schichtsystem im Großschurf



Abb. 8: Unversehrter Vliesstoff im Großschurf

Die umfangreichen Erfahrungen der Einbaustellen und Versuche sowie die Ergebnisse der Einbaustelle Heidebahn zeigen, dass dies bei konsequenter Anwendung der TM 2013-256 [U5] sichergestellt werden kann.

Die Ansätze der TM 2013-256 werden damit erneut bestätigt und sollen konsequent umgesetzt werden.

Angesichts der guten Erfahrungen und der erreichten Kosteneinsparungen werden aktuell weitere Abschnitte der Heidebahn mit Geokunststoffen zur Planumsverbesserung ausgetattet. ■

QUELLEN

- [1] Gepro Ingenieurgesellschaft: Bericht über das Anlegen von Großschürfen und die Begutachtung der Geokunststoffe im Jahr 2013, Heidebahn Strecke 1712, Walsrode - Buchholz (N), Schürfe in den Einbauabschnitten 02 und 08. Dresden, 14.01.2015
- [2] DB Netz AG: Fachtechnische Stellungnahme TM 2013-256 I.NVT 4 zu Ril 836: Vliesstoffe zur Planumsverbesserung zum Einsatz im Bestandsnetz (Einbau direkt unter dem Schotter), Frankfurt am Main, 13.11.2013
- [3] Eisenbahn-Bundesamt: Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des Eisenbahn-Bundesamtes, Bonn, 01.07.2014
- [4] DB Netz AG: DB Standard DBS 918 039 – Technische Lieferbedingungen Geokunststoffe für den Eisenbahnbau, Frankfurt am Main, Oktober 2015.
- [5] DB Netz AG: Freigabe (Serien- / Anwenderfreigabe) TM 4-2015-10838 I. NPF 2 zu Ril 836: Einführung des DBS 918 039 Geokunststoffe, Frankfurt am Main, 10.11.2015
- [6] DB Netz AG: Richtlinie 836 – Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 20.12.1999 mit 4. Aktualisierung vom 01.12.2014

Zuordnung der Vliesstoffprobe	Veränderung der Höchstzugkraft in %		Veränderung der Stempeldurchdrückkraft in %
	md	cmd	
GP 1.1	-1,1	-6,8	-10,0
GP 1.2	9,5	-2,1	8,6
GP 2.1	-15,2	-3,6	6,9
GP 2.2	9,5	-5,2	8,2
Durchschnitt	2,5	-4,4	3,4

Farbskalierung der Untersuchungsergebnisse	> 0
	0 bis > -5
	-5 bis > -10
	-10 bis > -20
	≤ -20

md = machine direction (entspricht hier längs zur Gleisachse)
 cmd = cross machine direction (entspricht quer zur Gleisachse)

Abb. 9: Veränderung der Festigkeitseigenschaften der Vliesstoffe



Dipl.-Ing. (FH) Clemens Haase
 Projektingenieur
 Gepro Ingenieurgesellschaft mbH
 Dresden
 clemens.haase@gepro-dresden.de



Dipl.-Geol. Ralph Fischer
 FuE und Regelwerk
 Tunnel- und Erdbau
 DB Netz AG
 ralph.fischer@deutschebahn.com

Geotechnik mit Geokunststoffen



UNSERE LÖSUNGEN FÜR IHRE SICHERHEIT

Kompetente Projektberatung und -betreuung
 Bewehren Dränen Dichten Erosionsschutz Filtern Schützen Trennen Verpacken
 Bentofix® Carbofol® Secugrid® Combigrd® Secutex® Secudrain®



NAUE GmbH & Co. KG
 Gewerbestr. 2
 32339 Espelkamp-Fiestel

Tel +49 5743 41-0
 Fax +49 5743 41-240
 info@naue.com
 www.naue.com