

8. Praktische Realisierung Geokunststoff bewehrter Stützkonstruktionen: Geogitter rückverankerte Brückenwiderlager einer stark beanspruchten Baupiste

E. Wehrli, dipl. Ing. ETH, Schoellkopf AG, Rümlang
R. Hofmann, dipl. Ing. FH, Ingenieurbüro Hofmann, Marbach

8.1 Ausgangslage

Um den Gleisanschluss des Neubaus der Grosssägerei Stallinger Suisse Timber AG in Domat Ems (GR) an das bestehende Trasse zu ermöglichen war eine Absenkung des bestehenden Geländes um bis zu 11.00 m notwendig. Damit verbunden war ein Aushubvolumen von 650 - 700'000 m³. Das Aushubmaterial bestehend aus vorwiegend Kies-Sand mit einzelnen grossen Blöcken, sehr viel Nagelfluh und teilweise Fels konnte im Kieswerk in Reichenau bis zur Aufbereitung zwischengelagert werden.

Das Kieswerk war entweder über das öffentliche Strassennetz mit LKW bis 40 t Gesamtgewicht oder über eine neu zu realisierende Baupiste mit Grossdumpern bis 75 t Gesamtgewicht erreichbar. Bedingt durch das anfallende Aushubvolumen und den zur Verfügung stehenden Zeitrahmen entschied sich der Unternehmer, eine Baupiste zu erstellen. Somit musste man mit ca. 35 - 40'000 Fahrten beladener und unbeladener Fahrzeuge rechnen, welche während 6 Monaten gesamthaft 2 Mio Tonnen Material über die Transportpiste zu führen hatten. Nicht enthalten sind darin Transporte mit LKW bis 40 t Gesamtgewicht.

Die Erstellung der Baupiste war mit der Querung der Hauptstrasse und der direkt daneben parallel verlaufenden Bahnlinie der Rhätischen Bahn (RhB) verbunden. Da eine Unterführung seitens der Gemeinde abgelehnt wurde, fiel die Entscheidung für die Planung einer Brücke.

Die einzuhaltenden Lichtraumprofile, insbesondere dasjenige der Bahn bedingte für die Brücke eine beidseitige Terrainaufschüttung von ca. 10 m. Nachdem klar war, dass die Brücke, deren Widerlager und die gesamte Schüttung nach Abschluss der Arbeiten wieder entfernt werden sollen, erteilte der Unternehmer den Auftrag, eine Lösung für eine temporäre Brücke zu finden, welche folgende Bedingungen möglichst erfüllt:

- Verwendung vor Ort anfallender Materialien
- Möglichst wenig Fremdmaterial das zugekauft werden muss
- Brückenüberbau mit vorhandenen Brückenelementen
- Eingesetzte Materialien sollen nach Abschluss der Arbeiten wieder verwendbar sein
- Einfache Realisierung und einfacher Rückbau

8.2 Planerische Umsetzung

Die planerische Umsetzung wurde in enger Zusammenarbeit mit der technischen Leitung der ARGE geführt, sodass die vorgängig erwähnten Anforderungen Schritt für Schritt realisiert werden konnten.

Um die Spannweite der Brücke auf das absolute Minimum zu beschränken, kamen auf der Seite der Kantonsstrasse und der RhB nur senkrechte Wände als Widerlager in Frage. Als wirtschaftlichste Lösung zeichnete sich dafür eine mehrfach rückverankerte Rühlwand mit Holzausfachung ab. Die einfach abgestützte Brücke mit einer Länge von 22 m konnte mit leichten Anpassungen aus zur Verfügung stehenden Hilfsbrücken realisiert werden (siehe Abb. 8.1).

Für die Rückverankerung der Widerlager wurde eine von der Firma Schoellkopf AG, Rümlang entwickelte Geogitter-Lösung gewählt, welche bis anhin für verankerte Spundwände eingesetzt wurde. Die Rückverankerung eines Brückenwiderlagers in dieser Art stellte jedoch ein absolutes Novum dar.



Abb. 8.1: Temporäre Brücke mit Geogitter rückverankerten Widerlagern

Das Berechnungsmodell für die Geokunststoff rückverankerte Rühlwand unterscheidet sich nur unwesentlich von demjenigen einer konventionellen Lösung. Für die Nachweise der inneren und äusseren Tragsicherheit kann der Erddruck nach den hinlänglich bekannten Methoden ermittelt werden. An Stelle von Ankern werden die Kräfte jedoch durch Geogitter aufgenommen. Die Wahl des Geogittertyps hängt vom System der Anbindung ab, die Wahl des Geogitters selbst (d.h. die Wahl der Festigkeit) vom Bemessungswert der Langzeitzugfestigkeit, welcher grösser als der Bemessungswert der Beanspruchung sein muss [1] [2] [3].

Auch wenn es sich „nur“ um ein temporäres Bauwerk handelt, soll den Abminderungsfaktoren genügend Beachtung geschenkt werden (insbesondere A1 für Kriechen, A2 für Einbaubeschädigung und A3 für Anschlüsse). Oft werden die anfänglichen Rahmenbedingungen (Gebrauchsdauer, Belastung etc.) während des Gebrauchs geändert. So auch hier, wo die Brücke letztendlich wesentlich länger im Einsatz stand, und fast doppelt so viele Überfahrten als ursprünglich vorgesehen erdulden musste.

Um die Einbaubelastung gering zu halten, und um dem Anspruch der Wiederverwendbarkeit aller Komponenten (auch der Geogitter) gerecht zu werden, entschied man sich, die beiden Widerlager mit einem nahezu reinen Wandkies zu schütten. Das benötigte Schüttmaterial stand vor Ort in genügender Menge und Qualität zur Verfügung (Rheinschotter). Die im Aushub vorgefundenen Blöcke konnten zur Sicherung der seitlichen Böschungen der Rampen verwendet werden.

Schlaffe, insbesondere mit Geokunststoffen bewehrte Erdkörper benötigen eine gewisse anfängliche Deformation bis die volle Kraftübertragung zwischen Bewehrung und dem umgebenden Erdkörper erreicht wird. Im vorliegenden Fall kann dies jedoch aus Gründen der Gebrauchstauglichkeit nicht zugelassen werden. Die Kraftübertragung muss vor Erreichen einer, für die Brückenwiderlager unzulässigen Verformung, sichergestellt werden, was mit dem *System Schoellkopf* gut zu kontrollieren ist.

8.2 Verankerung der Brückenwiderlager – Anbindung System Schoellkopf

System

Für die Kontrolle der Kräfte während des Aufbaus des Widerlagers und des Betriebes der Brücke war einerseits das System selbst, andererseits das gute Zusammenwirken der einzelnen Komponenten des Verankerungssystems verantwortlich.

Da wie bereits erwähnt keine belastungsbedingten Erstdeformationen zugelassen werden konnten, musste im System eine Vorspannmöglichkeit geschaffen werden. Diese erreichte man durch einen im Schüttkörper gelegenen Vorspanngraben. Über diesen werden die Geogitter gespannt und anschliessend überschüttet. Dadurch wird auf die Verankerungslage eine Vorspannung appliziert. Wie gross diese ausfällt, hängt direkt von der Wahl des Geogitters und der Geometrie des Vorspanngrabens ab. Um das System optimal nutzen zu können, bzw. auch nicht zu überlasten, sind Vorversuche mit Messungen unumgänglich. Für dieses Projekt konnte man allerdings auf die Erfahrungen und Messungen zurückgreifen, welche mit dem gleichen System und den gleichen Geogittern bei der Verankerung von Spundwänden (Erddruckabschirmung) gemacht wurden.

Dank diesen umfangreichen Erkenntnissen konnte die Vorspannung so präzise aufgebracht werden, dass sowohl der zunehmende Erddruck beim Bau des Widerlagers, als auch die zusätzliche Belastung aus dem Betriebszustand praktisch ohne Nachspannen aufgenommen werden konnten.

Nachspannen? Es ist absolut notwendig, dass eine Möglichkeit geschaffen wird, kontrollierend auf die Verankerungskräfte Einfluss zu nehmen. Dies wird im *System Schoellkopf* so realisiert, dass mit einem Drehmomentschlüssel von aussen über Zugstangen die Spannung des Geogitters direkt manipuliert werden kann (siehe Abb. 8.2).

Der Möglichkeit des Nachspannens sind jedoch klare Grenzen gesetzt. Bei fertig erstelltem Widerlager ist ein Erhöhen der Kräfte bei den unteren Verankerungslagen praktisch nicht mehr möglich. Umso wichtiger sind das möglichst exakte Vorspannen und die kontinuierliche Kräftekontrolle während des Aufbaus.

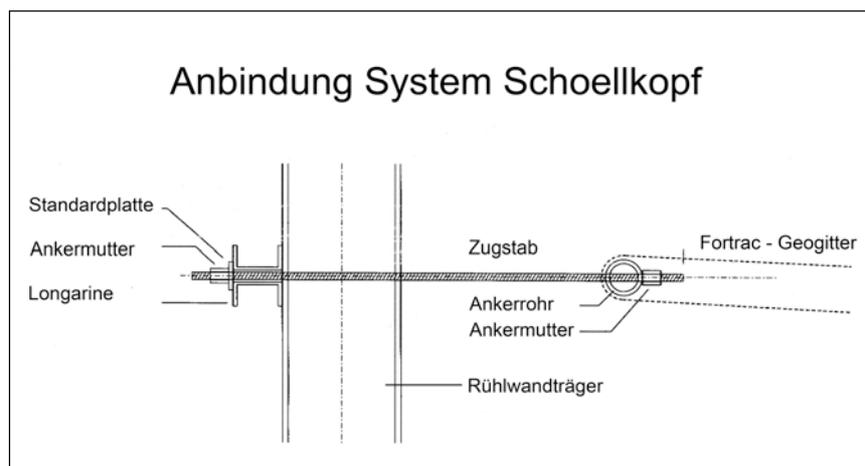


Abb. 8.2: Verbindung Geogitter – Rühlwand, System Schoellkopf

Geogitter

Der Umgang mit Geokunststoffe mit Bewehrungsfunktion wird im Handbuch für den Geokunststoff-Anwender [1] beschrieben und in der Norm SN 670 242 [2] geregelt. Zum Einsatz kommen hauptsächlich speziell für bewehrte Erdkonstruktionen entwickelte Geogitter.

Dabei gibt es verschiedene Produkte welche unter den Oberbegriff Geogitter fallen. Die Unterschiede bei den Produkten sind dabei sehr gross und direkt abhängig vom Ausgangsmaterial, der Herstellungsart und der Struktur.

Entscheidend für die Wahl der Geogitter für das beschriebene System waren folgende Kriterien:

- Die Geogitter mussten hochzugfest (dehnsteif) und kriecharm sein, um eine gute Vorspannung aufbringen zu können.
- Die Geogitter sollten insgesamt eine flexible (keine steife, starre) Struktur haben, damit sie knickfrei um das Ankerrohr gelegt werden konnten (siehe Abb. 8.3).
- Die Maschenöffnungen sollten im Vergleich zur vom Geogitter abgedeckten Fläche möglichst gross sein, um die Zugkräfte optimal auf den Füllboden übertragen zu können.

Diese Kriterien wurden durch die Fortrac[®]-Geogitter, welche es in verschiedenen Rohstoffen und Festigkeiten bis über 1000 kN/m gibt, bestens erfüllt.



Abb. 8.3: Fortrac[®]-Geogitter knickfrei und sauber an Ankerrohr anliegend

8.3 Einbau, Betrieb und Rückbau

Einbau

Der Einbau eines solchen Systems (siehe Abb. 8.4) bedarf einer guten Instruktion, Begleitung und Kontrolle auf der Baustelle. Allen Baubeteiligten musste zuerst einmal klar gemacht werden, dass es sich bei dem zu verlegenden „Bodenlumpen“ um Verankerungen handelt, welche die gesamten Druckkräfte der Widerlager aufzunehmen haben. Dementsprechend sind die Vorgaben wie die Geogitter zu verlegen sind, strikte einzuhalten. Besteht zwischen verschiedenen Produkten, die für den nicht geübten Betrachter gleich aussehen, die Gefahr der Verwechslung, so sind die Produkte auf der Baustelle zusätzlich mit Farbe zu kennzeichnen. Empfehlenswert ist auch eine farbliche Abgleichung mit dem Schneide- bzw. dem Verlegeplan.

Die beiden Widerlager wurden jeweils mit 4 Lagen Fortrac®-Geogitter verankert und waren innerhalb von 10 Arbeitstagen erstellt. Die Brücke selbst war nach weiteren 10 Arbeitstagen betriebsbereit.

Die bei den Kontrollen vorgefundenen „unvorhergesehenen“ Mängel zeigten aber auch, dass es absolut gerechtfertigt ist, auch für ein temporäres Bauwerk erhöhte Anforderungen zu stellen.



Abb. 8.4: Einbau der Geogitter Bewehrung

Betrieb

Wegen der Geometrie der Zu- und Wegfahrt sahen sich die Piloten zweier der Brücke nähernden Grossdumper erst kurz vor der Brücke. Deshalb hatte man schon bei der Projektierung grosse Bremskräfte in die Bemessung einfließen lassen. Zudem wurde im Pflichtenheft der Piloten festgehalten, dass sie sich mit ihren Fahrzeugen in langsamer, ruhiger und steter Fahrweise der Brücke zu nähern haben. Abrupte Bremsmanöver vor der Brücke sollen vermieden werden.

Rückbau

Eine der wesentlichsten Bedingungen war der einfache und schnelle Rückbau, sowie die Wiederverwendbarkeit aller eingesetzten Baumaterialien.

Der Rückbau selbst war innerhalb von 10 Arbeitstagen vollbracht. Die Fortrac®-Geogitter wurden ebenfalls schonend ausgebaut (siehe Abb. 8.5), geprüft und in der Zwischenzeit wieder in einem Güterweg als Böschungsstützkonstruktion eingebaut. Bei der Nachkontrolle interessierte vor allem die Restzugfestigkeit. Trotz der Einbau- und Ausbaubeanspruchung lag diese minimal bei 95% der Ursprungsfestigkeit. Die Geogitter waren in einem sehr guten Zustand, Beschädigungen waren nur wenige auszumachen (siehe Abb. 8.6).



Abb. 8.5: Ausbau der Geogitter



Abb. 8.6: Zustand der Geogitter nach dem Ausbau

8.4 Überwachung

Da bis jetzt noch nie eine Brücke mit diesem System verankert wurde, waren die Bedenken der Verantwortlichen bei der Rhätischen Bahn RHB ernst zu nehmen. Deshalb wurde bereits im Projektstadium eine umfangreiche Überwachung der Brücke und der beiden Widerlager beschlossen.

Die geodätische Überwachung begann mit einer Nullmessung am 24. Mai 2006. Während der ersten drei Betriebswochen wurden wöchentlich Messungen gemacht, dann die nächsten drei Monate jeweils eine Messung. Da bis Ende August 2008 bei intensivster Benutzung keine entscheidenden Bewegungen auszumachen waren, wurden bis zur Abschlussmessung am 27. Februar 2007 keine weiteren Messungen durchgeführt.

Insgesamt wurden 6 Punkte überwacht. Je zwei an den beiden Widerlagern, d.h. an den beiden mittleren Rühlwandträgern auf etwa der Höhe der Fahrbahn, sowie zwei in der Brückenmitte über der einfachen Abstützung.

Die beobachteten Deformationen lagen während der Betriebsphase bei:

Lage (dx/dy) 3 – 7 mm und Höhe (dh) 0 – 9 mm

Die Höhe der beiden Widerlager betrug 10.00 m. Die maximale Deformation, welche an einem Rühlwandträger rechnerisch ermittelt wurde, betrug 9 mm (OK Rühlwandträger), was weniger als 0.1% der Höhe entspricht.

8.5 Zusammenfassung

Die Variante mit den Geogitter rückverankerten Brückenwiderlagern stellte für die ausführende Arbeitsgemeinschaft ARGE VIAL (Vetsch Klosters, Vago Chur, Pitsch AG Thusis, Zindel AG Chur) unter der technischen Leitung der Gesamtbaustelle von Vetsch Klosters eine in jeder Beziehung interessante Lösung dar. Die kurze Bau- und Rückbauzeit, aber auch die 100 %-ige Wiederverwendbarkeit aller eingesetzten Baumaterialien wären mit keiner anderen, konventionellen Ausführung möglich gewesen.

Die bereits positiven Erfahrungen mit dem *System Schoellkopf* bei der Verankerung von Spundwänden zur Erddruckabschirmung bestätigten sich mit auch in diesem Projekt. Die zusätzlich gewonnenen Erkenntnisse bezüglich Kontrolle der Ankerkräfte und Deformationen eröffnen diesem System weitere Einsatzmöglichkeiten.

Literatur

- [1] Rügger Rudolf & Hufenus Rudolf, „Bauen mit Geokunststoffen“
Schweizerischer Verband für Geokunststoffe (SVG), St. Gallen (2003)
- [2] SN 670 242 (Norm), „Geokunststoffe; Anforderungen für die Funktion Bewehren“
VSS Zürich, Januar (2005)
- [3] DGGT Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, „Empfehlungen für Bewehrungen aus
Geokunststoffen – EBGEO“
DGGT, Berlin (1997)

Projektbeteiligte

Projektverantwortlicher Ingenieur:	Roland Hofmann, dipl. Ing. FH, Marbach
Technische Leitung Gesamtbaustelle:	Roger Vetsch, Bauunternehmung Vetsch, Klosters
Arbeitsgemeinschaft:	Vago Chur, Vetsch Klosters, Pitsch Thusis, Zindel Chur
Beratung Geokunststoffe	Edi Wehrli, dipl. Ing. ETH, Schoellkopf AG, Rümlang