

Synergiepotenziale im Bodenmanagement durch den Einsatz von Geokunststoffen

Dipl.-Ing. Hartmut Hangen
HUESKER Synthetic GmbH, Gescher
Dipl.-Ing. Markus Wilke
HUESKER Synthetic GmbH, Gescher
Dipl.-Ing. Jürgen Hager
HUESKER Synthetic GmbH, Linz

KURZFASSUNG

Intelligentes Bodenmanagement ist ein klassisches Beispiel für Synergien im Erd- und Grundbau aber keine neue Erfindung: Die Verwendung von Aushubmassen oder Tunnelausbrüchen für nahegelegenen Dammbau mit ausgeglichener Massenbilanz, die Nutzung von gebrochenem und gesiebttem Betonabbruch und Mauerwerk oder sogar die Verwendung von Sekundärbaustoffen wie Aschen, Schlacken oder ggfs. sogar umweltrelevanten Böden ist, sowohl aus kommerziellen, bisweilen aber auch unter technischen Gesichtspunkten naheliegend und schon häufig praktiziert worden. Ebenso etabliert ist mittlerweile auch der Einsatz von Geokunststoffen für die Lösung verschiedenster Aufgabenstellungen in der Geo- oder Umwelttechnik sowie dem Wasserbau. Am Beispiel der Sanierung des Schmelzteiches Bernsdorf, soll im Folgenden aufgezeigt werden, wie Synergiepotenziale im Bodenmanagement durch den Einsatz von Geokunststoffen erhöht oder erst geschaffen werden können.

1. EINLEITUNG

Die Verwendung von Geokunststoffen zur Lösung verschiedenster Aufgaben in der Geotechnik, der Umwelttechnik sowie dem Wasserbau sind schon vielfach publiziert worden. Abbildung 1 zeigt eine Unterteilung der Anwendungsgebiete von Geokunststoffen in mechanische und hydraulische Funktionen. Insbesondere bei den mechanischen Funktionen wird klar, dass Geokunststoffe erst im Zusammenwirken mit Böden ihre Leistungsfähigkeit zeigen und insofern im eigentlichen Sinne bereits jegliche Verwendung von Geokunststoffen eine Synergie darstellt. Eine Auflistung aller interessanten Anwendungsmöglichkeiten, welche dieses Potential dokumentieren würde, wäre im Rahmen dieser Veröffentlichung zu umfangreich. Stattdessen sei auf die Veröffentlichungen der 10. internationalen Konferenz über die Anwendung von Geokunststoffen, die ICG in Berlin [IGS, 2014], verwiesen.

Im Folgenden soll auf die bisher noch weniger verbreiteten, im Kontext von Synergieeffekten aber durchaus interessanten Anwendungen von Geokunststoffen aufmerksam gemacht werden und zwar die Funktionen *Entwässern* und *Verpacken*.

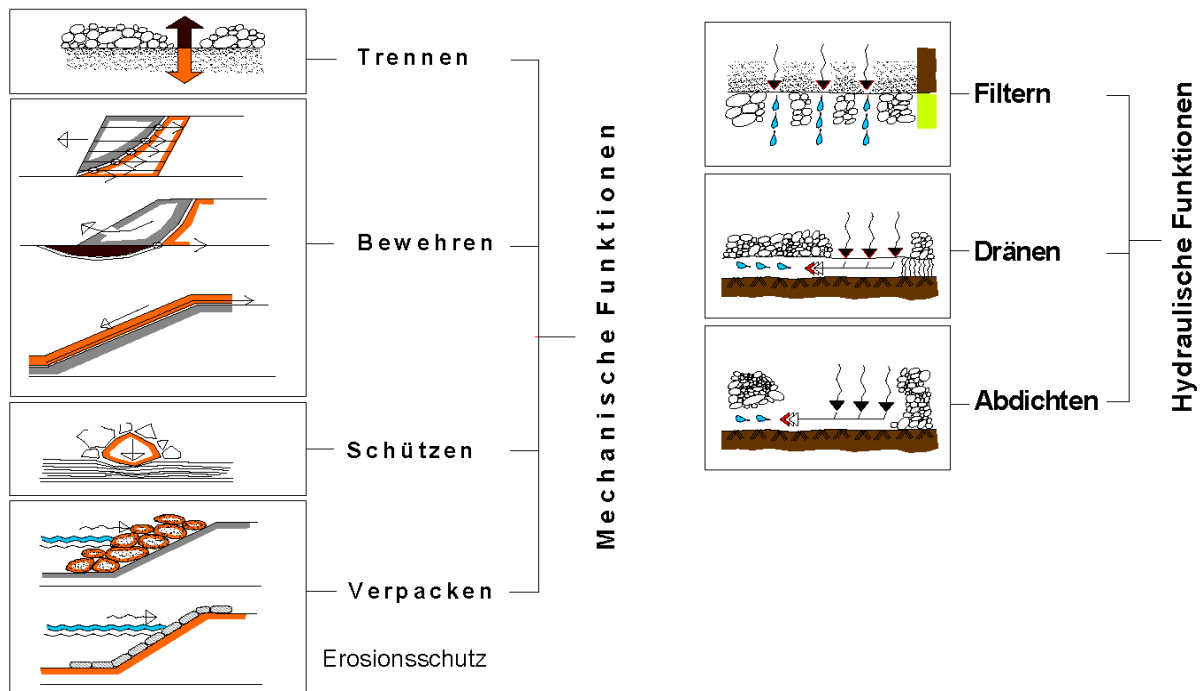


Abb. 1 Unterteilung von Anwendungsgebieten von Geokunststoffen in Abhängigkeit ihrer primären Funktion, in Anlehnung an [M Geok E, 2005]

2. SCHMELZTEICH BERNSDORF

2.1. Ursachen und Auswirkungen der Verschlammung und Eutrophierung des Schmelzteiches

Der Schmelzteich Bernsdorf ist ein Angelteich in der Mitte der Kleinstadt Bernsdorf (6700 Einwohner) in Sachsen, 50 km nördlich von Dresden. Die Größe des Gewässers beträgt ca. 2 ha und ist Teil eines größeren Gewässerverbundes von Seen, Bächen und Gräben. Der Schmelzteich ist Privatbesitz des "AVE - Anglerverband Elbflorenz Dresden eV", der Dachorganisation der lokalen Fischereigesellschaften mit mehr als 15.000 Mitgliedern.

Aufgrund eines unzureichend dimensionierten Auslasses wurde der Schmelzteich nur unzureichend durchströmt. Als Folge niedriger Fließgeschwindigkeit nahm die Sedimentation von Feinanteilen zu und reduzierte zunehmend den verfügbaren Stauraum für das angeschlossene Einzugsgebiet. In 2010 war der Stauraum soweit reduziert, dass ein extremer Zufluss zu einer Überflutung der Ufer führte und mehrere Straßen, Privathäuser und Gewerbegebäude im angrenzende Stadtgebiet rund um den See überschwemmte. Eine zusätzliche Verunreinigung verursachten die Blätter und Äste der zahlreichen Bäume am Ufer des Schmelzteiches. Neben den anthropogenen Ursachen für Eutrophierung, wie z.B. der Eintrag von Stickstoff durch die Landwirtschaft führte, dies zu einem erheblichen Sauerstoffmangel im Schmelzteich.

Um diese Situation zu beseitigen, wurde die AVE aufgefordert, den See zu beräumen und derart umzugestalten, dass ein nachhaltiger Betrieb des Gewässers möglich ist. Das Ingenieurbüro Röllich, PMR, wurde mit der Planung und Bauüberwachung dieser

Sanierungsmaßnahme beauftragt. Die Finanzierung der Sanierungsarbeiten musste mit Privatmitteln der AVE-Mitglieder sichergestellt werden.

2.2. Zielvorgaben für die Sanierung des Schmelzteiches

Bei der Ausarbeitung des Sanierungskonzeptes für den Schmelzsee galt es, sowohl die Interessen des lokalen Angelvereins als Pächter des Gewässers, die Bedürfnisse der Anwohner an ein ansprechendes Naherholungsgebiet und die Vorgaben als Hochwasserspeicherbecken zu vereinen. Aus diesem Lastenprofil wurden nachfolgend dargestellte konstruktive Anforderungen abgeleitet.

2.3. Wassertiefe und Uferverlauf

Um einen möglichst vielseitigen Lebensraum für Flora und Fauna zu erschaffen, war das Höhenprofil des Schmelzsees sowohl mit Flach- als auch mit Tiefwasserbereichen anzulegen. Hierdurch sollte Fischen ein optimaler Lebensraum zum Überwintern und Laichen gegeben werden. Ferner sollte eine größere Diversität der Lebensräume geschaffen und somit die Ansiedlung einer erhöhten Anzahl von Arten ermöglicht werden. Eine weitere Notwendigkeit an die Gestaltung des Höhenprofils ergab sich aus der Anforderung zur Erzielung einer hohen Wasserqualität, den Gehalt an organischem Material, insbesondere Blättern also so gering als möglich zu halten. Dies sollte durch die Aufrechterhaltung einer kontinuierlichen Strömung zum Abtransport von organischen Bestandteilen sowie der Erhöhung des Abstandes zwischen Baumbestand und Seeufer erreicht werden. Unter Berücksichtigung der Anforderungen an eine gute Zugänglichkeit für Angler und Passanten war bei der hierfür erforderlichen Umgestaltung der Uferlinie und damit verbundenen Bodenbewegungen ferner zu berücksichtigen, dass die Grundfläche der bisher durch eine Brücke zu erreichende, aber zukünftig nicht mehr zugänglichen Insel des Schmelzteiches vergrößert werden sollte.

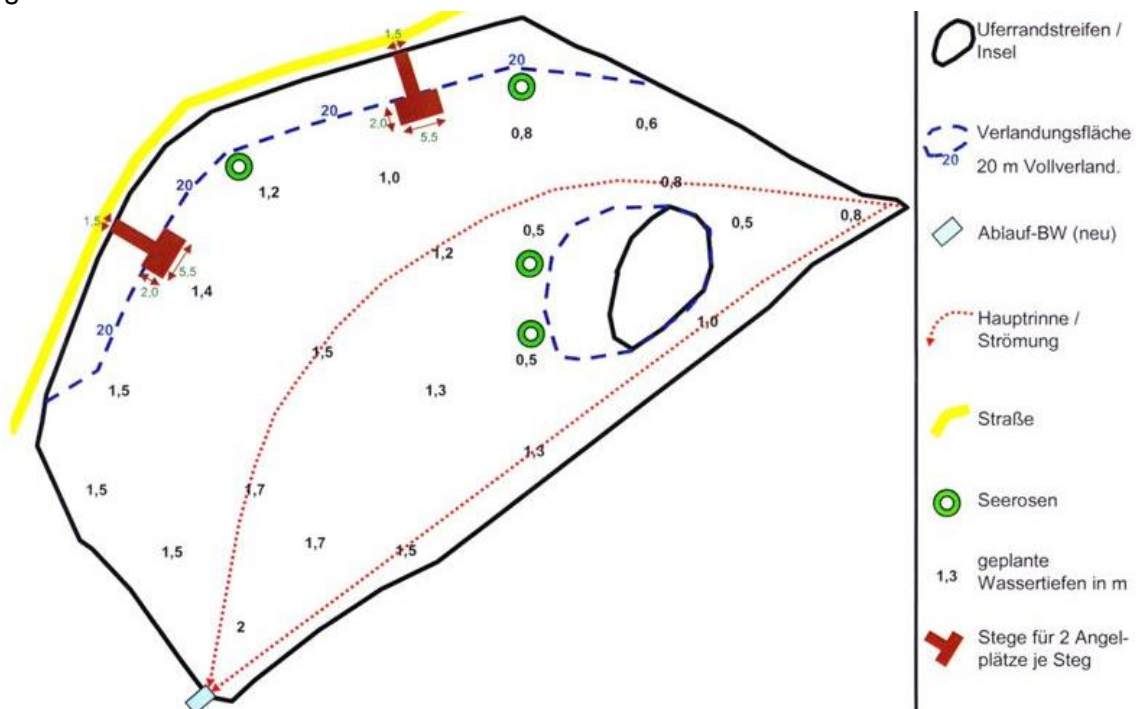


Abb. 2 Lageplan des unter ökologisch und wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten neu gestalteten Schmelzteiches



Abb. 3 Neu erbautes Einlassbauwerk

Als weitere Maßnahme zur Sanierung des Schmelzsees wurden die bestehenden Ein- und Auslassbauwerke instandgesetzt oder durch entsprechend größer dimensionierte Neubauten ersetzt. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen einen Lageplan des neu gestalteten Schmelzsees und ein Foto des neuen Auslassbauwerks.

3. VORGEHENSWEISE BEI DEN ERDARBEITEN ZUR UMGESTALTUNG DES GEWÄSSERS

Neben dem Neubau des Auslassbauwerks stellten die Erdarbeiten einen wesentlichen Anteil bei der Sanierungsmaßnahme dar. Als Ergebnis der Variantenstudie zur Ermittlung der kostengünstigsten Vorgehensweise zur Umgestaltung des Schmelzteiches wurde ein Ausführungskonzept gewählt, bei dem der See entleert und die im See angelandeten Bodenmassen wiederverwendet werden konnten. Sofern möglich, wurden die Sedimente mit geeignetem Erdbaugerät umgelagert, in unzureichend tragfähigen Bereichen mussten die vorhandenen Sedimente jedoch mit Hilfe eines Saugbaggers gefördert und über Spülrohre transportiert werden, siehe Abbildung 4.

Vor dem Wiedereinbau musste das Sediment teilweise entwässert werden. Hierbei entschied man sich für das im folgenden Abschnitt näher beschriebene Verfahren der s.g. Schlauchentwässerung mit SoilTain Dewatering Tubes. Neben den logistischen und ökonomischen Vorteilen, das Sediment als Baustoff wiederverwenden zu können, ermöglichte die Verwendung geosynthetischer Schläuche eine gleichzeitige Sicherung der neu zu profilierenden Uferböschungen gegen Erosion aus Strömung und Wellenschlag. Im Gegensatz zu der nach abgeschlossener Entwässerung üblicherweise folgenden Entsorgung konnte das Sediment somit im Baufeld verbleiben und eine kostenintensive Entsorgung entfallen.



Abb. 3 Förderung des angelagerten Sedimentes mit Hilfe eines Saugbaggers

4. SCHLAMMENTWÄSSERUNG IN GEOSYNTHETISCHEN SCHLÄUCHEN

4.1. Schlauchentwässerung

Geosynthetische Behälter, s.g. Geocontainer, finden als wasserbauliche Konstruktionselemente schon seit vielen Jahren Anwendung. Im Regelfall werden Schlauchgewebe hierbei mit Sand verfüllt und z.B. als Wellenbrecher, Mole oder Spülfeldbegrenzung eingesetzt. Kleinformatige Behälter mit Kubaturen von bis zu 1 m³ werden üblicherweise aus Vliesstoffen gefertigt. Über erste Erfahrungen mit derartigen Systemen in den späten 1960er berichten z.B. [Zitscher, 1971] und [Erchinger, 1972].

Seither wurden diese Systeme weiterentwickelt, um sie auch mit feinkörnigen Böden (Schlämmen) füllen zu können. Das geosynthetische Schlauchgewebe dient hierbei nicht nur als Behälter sondern gleichzeitig als wasserdurchlässige Trenn- und Filterlage. Je nach Zusammensetzung des zu verbringenden Sedimentes ist es erforderlich, vor Befüllung des geosynthetischen Schlauches, eine Konditionierung mit Flockungshilfsmitteln vorzunehmen. Diese ermöglichen eine Akkumulation der feinsten Anteile im Sediment zu größeren Flocken und verhindern so, dass die Öffnungen im Gewebe beim Befüllen verstopfen. Ein Sediment kann auf diese Weise gleichzeitig gelagert und entwässert werden.

Je nach Beschaffenheit, insbesondere mit Bezug auf das Vorhandensein umweltrelevanter Stoffe, kann durch den Einsatz eines Geokunststoffgewebes auch eine Abscheidung und Bindung von Schadstoffen erfolgen. Abbildung 4 zeigt beispielhaft Messungen der Aluminiumkonzentration im Prozesswasser im Zulauf, also vor Konditionierung und Filtration, sowie im Auslauf, also im Filtrat, nach Austritt aus einem geosynthetischen Entwässerungsschlauch, zum Prozessablauf der Schlauchentwässerung siehe auch (Abb. 5). In dem untersuchten Fall war deutlich festzustellen, dass die Aluminiumkonzentration selbst bei schwankenden Eingangswerten deutlich reduziert werden konnte. Ähnlich deutlich reduzierte sich in diesem Projekt auch der Gehalt an Phosphor, Eisen und Mangan.

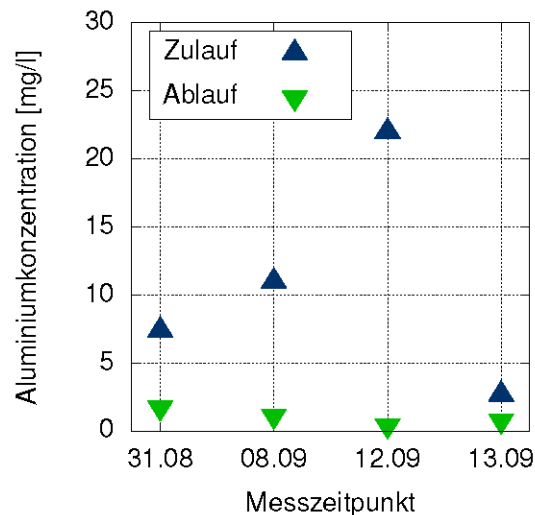


Abb. 4 Messung der Aluminiumkonzentration im Prozesswasser des Zu- und Ablaufs eines geosynthetischen Entwässerungsschlauches [Wilke, Geissler, 2013]

Ist eine direkte Nutzung des Sedimentes vor Ort nicht sinnvoll oder aufgrund von umweltrelevanten Inhaltsstoffen nicht gewollt, stellt das System der Schlauchentwässerung zumindest eine äußerst umweltfreundliche und kosteneffiziente Alternative zu maschineller Entwässerung mit Kammerfilterpressen oder Zentrifugen dar. Bei belasteten Schlämmen kann jedoch auch in Erwägung gezogen werden, diese mit Hilfe von Dichtungsbahnen (KDB oder GTD) gegen Zutritt von Niederschlag und Austritt von etwaigem Eluat zu schützen. Eine ähnliche Vorgehensweise wird z.B. bei der Verwendung von industriellen Nebenprodukten wie Hochofenschlacke beim Bau von Lärmschutzwällen praktiziert, weitere Angaben hierzu findet man z.B. in [MTSE, 2009].

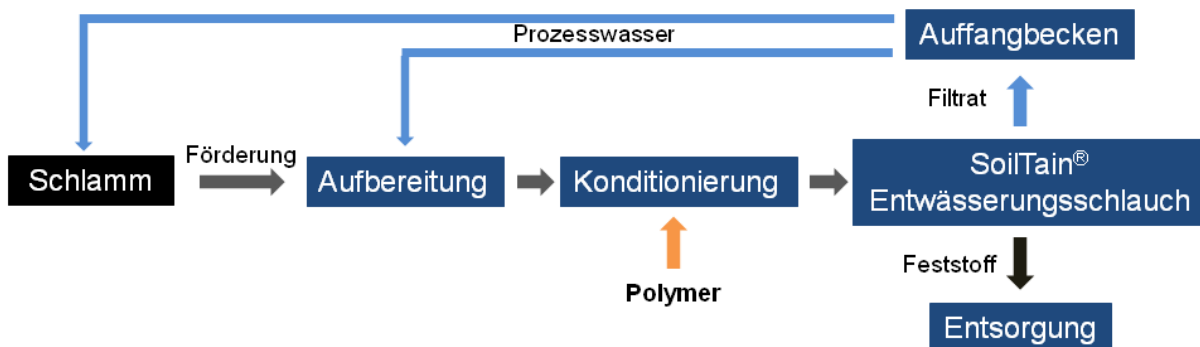


Abb. 5 Schematische Darstellung der Verfahrensschritte einer Schlamm-entwässerung mit Hilfe geosynthetischer Schläuche

Abbildung 5 zeigt die Verfahrensschritte einer Schlauchbefüllung mit gleichzeitiger Entwässerungsfunktion, wesentliche Arbeitsschritte sind hierbei die Schlammförderung, Aufbereitung (Homogenisierung), Konditionierung (Beimischung von Flockungshilfsmitteln) und die Entwässerung im Schlauchgewebe. Abbildung 6 zeigt anschaulich, wie Feinpartikel in einer homogenisierten Schlamm suspension durch die Zugabe geeigneter Polymere geflockt und anschließend mit einem Schlauchgewebe filtrierte werden können. Die Wirksamkeit einer solchen Schlauchentwässerung, in der Regel angegeben als Zunahme des Trockenrückstands (TR) in Masse-%, hängt jedoch wesentlich sowohl von der

Zusammensetzung des Schlammes als auch von der Art des verwendeten Polymers ab. Ferner ist oftmals festzustellen, dass der zum Abschluss der Entwässerung erreichte TR-Gehalt innerhalb einer Maßnahme variiert. Dies ist maßgeblich durch Inhomogenitäten des Rohschlammes zu erklären aber auch innerhalb des Entwässerungsschlauches können sich als Folge differenzierter Ablagerungsprozesse Schwankungen ergeben. Die pauschale Angabe eines mit diesem Verfahren maximal erreichbaren Entwässerungsgrades ist daher kaum möglich und sinnvoll. Für einen optimalen Entwässerungserfolg ist es vielmehr wichtig, im Rahmen von Vorversuchen die geeigneten Komponenten und Dosierung zu bestimmen. Neben der Qualität der Flockung ist hierbei auch zu berücksichtigen, ob das Filtrat ohne weitere Behandlung einer Vorflut zugeschlagen werden soll und insofern besondere Anforderungen hinsichtlich der Trinkwasserqualität bestehen, oder ob das Filtrat weiter behandelt wird. So entschied man sich im Rahmen des vorgestellten Projektes s.g. Biopolymere auf Chitin-Basis zu verwenden, mit denen die Auflagen für die Fischzucht erfüllt werden konnten. Alternativ kommen aber häufig auch Polymere zur Anwendung, welche auf Basis von Polyacrylamiden hergestellt werden. Neben der Art und Menge spielt auch der Zeitpunkt und die Mischtechnik eine wichtige Rolle für eine optimale Konditionierung von Schlämmen. In der Praxis erfolgt die Einmischung der Flockungshilfsmittel daher am besten mit modernen Anlagen, welche den Gehalt der Trockensubstanz im Zulauf des geförderten Schlammes kontinuierlich messen und Dosierung und Mischenergie entsprechend regulieren. Derartige Anlagen werden in der Regel in fertig ausgerüsteten Mischcontainern oder, für kleinere Mengen, auch auf einfachen Anhängern angeboten. Weitere detaillierte Angaben zur Verfahrensweise der Schlamm entwässerung mit geosynthetischen Schläuchen findet sich u.a. in [Wilke, Hangen, 2011].



Abb. 6 Einfluss der Zugabe von Flockungshilfsmitteln und nachfolgender Filtration mit einem geosynthetischen Schlauchgewebe

4.2. Umsetzung der Schlauchentwässerung im Schmelzsee Bernsdorf

4.2.1. Erforderliches Speichervolumen der Entwässerungsschläuche und vorbereitende Arbeiten

Bei der Sanierung des Schmelzteiches in Bernsdorf waren insgesamt ca. 8000 m³ Schlamm zu gewinnen und nach den Vorgaben der Ausführungsplanung wieder einzubringen. Etwa zwei Drittel dieser Menge konnten mit Hilfe einer Raupe und Dumpfern bewältigt werden, der Rest musste, mit Hilfe eines Saugbaggers gewonnen und über Spülrohrleitungen transportiert werden. Die Transportentfernung bei der hydraulischen Förderung betrug in der ersten Phase des Projektes bis zu 310 m, in der zweiten Phase bis 400 m. Als Förderleitung kamen Rohre mit einem Durchmesser von DN 100 zum Einsatz. Um unter diesen Bedingungen die geplante Förderleistung von ca. 30 m³/h zu ermöglichen, wurde der Schlamm hierbei von ca. 30...35 % auf einen TR-Gehalt von ca. 10 % verdünnt, im Endzustand konnte ein TR-Gehalt von ca. 40...50 % nachgewiesen werden.

Die Entwässerung und Lagerung von Sediment in geosynthetischen Schläuchen erfolgte für eine Menge von rund 700 m³, die übrigen hydraulisch geförderten Sedimente wurden jeweils direkt in den Zwischenraum gepumpt, welcher sich zwischen den in einem ersten Arbeitsschritt verfüllten Schläuchen und der bestehenden Uferböschung ergab. Abbildung 7 zeigt einen Lageplan im Bereich der Insel, in dem die Lage der geosynthetischen Schläuche, der vorhanden Uferböschung und dem zu verfüllenden Zwischenraum zu erkennen sind. Um die Linienführung der neuen Uferböschung annähernd ausrunden zu können, kamen in diesem Bereich des Projektes verhältnismäßig kurze Schläuche mit nur 10 m und 20 m Länge zum Einsatz. Generell ist es durchaus üblich, Schläuche mit Umfängen von etwa 28 m und Längen von bis zu 65 m herzustellen und je nach Verlauf der Entwässerung und Konsolidation auch mehrmals nacheinander zu befüllen.

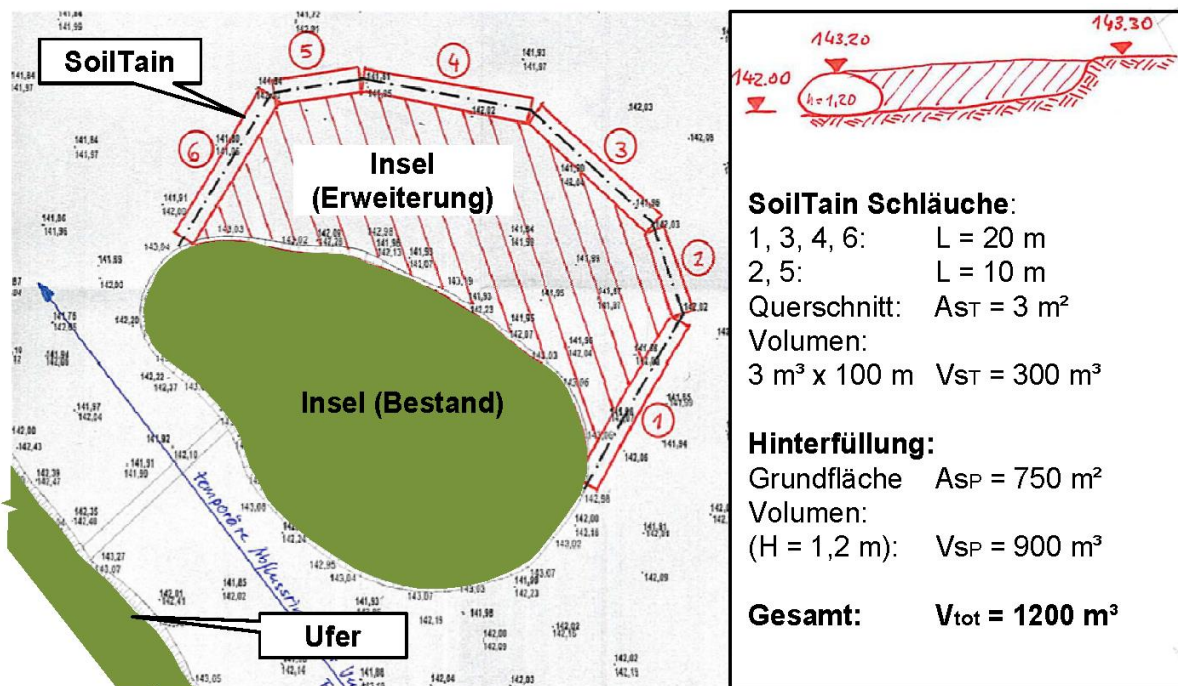


Abb. 7 Abschätzung der erforderlichen Massenbewegung im Schmelzteiche und Lage der geosynthetischen Entwässerungsschläuche im Bereich der Insel

Um die geosynthetischen Schläuche langfristig vor UV-Einwirkung zu schützen und ein angemessenes Verlegeplanum zu erhalten, wurde vor Verlegung und Befüllung zunächst ein Trenn- und Schutzvliesstoff verlegt und nach Abschluss der Arbeiten über dem Schlauch eingeschlagen. Ferner war zu beachten, dass die Schläuche während der Befüllung in ihrer Lage gesichert waren. Um ein seitliches Rollen bzw. ungleichmäßige Füllhöhen zu vermeiden, sollte die Planie eines geosynthetischen Entwässerungsschlauches in der Regel mit einer Querneigung von $< 0,1\%$ und einer Längsneigung von $< 1\%$ hergerichtet werden.

4.2.2. Dimensionierung der geosynthetischen Schläuche

Aufgrund der geometrischen Vorgaben aus der Höhenplanung für die Sanierung des Schmelzteiches sollte die Dimensionierung der geosynthetischen Entwässerungs- und Lagerungsschläuche für eine Endhöhe (nach Abschluss der Konsolidierung) von ca. 1,0 m vorgenommen werden, der Umfang der Schläuche sollte 6,0 m betragen. Die Bemessung der für diese Verhältnisse erforderlichen Zugfestigkeit des Gewebes erfolgte mit Hilfe der Software GeoCoPS. Neben dem Nachweis der erforderlichen Zugfestigkeit ermöglicht GeoCoPS ferner eine Abschätzung der Querschnittsgeometrie, siehe auch Abbildung 8. Annahmen und Voraussetzungen zur Anwendung dieses Bemessungsmodells sind in [Leshchinsky, 1996] beschrieben.

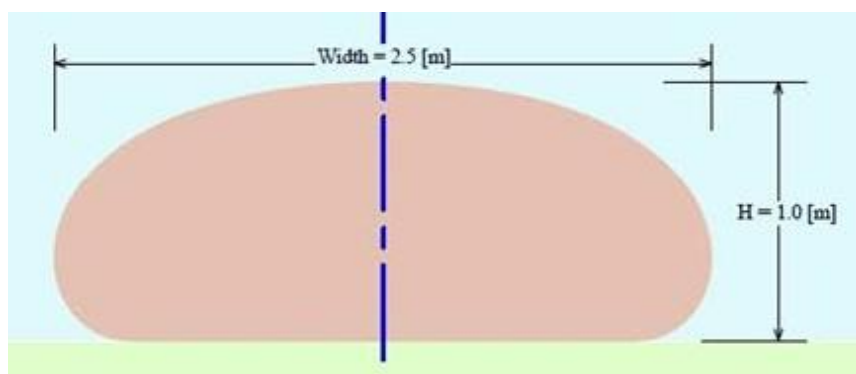


Abb. 8 Abschätzung der Geometrie eines geosynthetischen Entwässerungsschlauches mit Hilfe der Software GeoCops

Wie in Abbildung 8 zu erkennen, ergab die Berechnung der Schlauchgeometrie bei gewählten Umfang und Befüllhöhe eine Schlauchbreite von etwa 2,5 m. Die Querschnittsfläche und somit das Speichervolumen je Laufmeter Schlauch ergab sich nach Konsolidation zu ca. $2,1\text{m}^3 / \text{lfm}$ Schlauch. Aufgrund anfänglicher Probleme in der Umsetzung konnte die gewünschte Geometrie jedoch erst im zweiten Bauabschnitt erreicht werden. Neben der geodätischen Vermessung der Schlauchgeometrie konnte dies auch durch die Rückrechnung der eingepumpten Schlammengen bestätigt werden. Die Längen der Entwässerungs- und Lagerungsschläuche wurde auf die speziellen Bedürfnisse zur Realisierung der gewünschten Uferform angepasst. Wie schon in Abschnitt 4.2.1 und Abbildung 7 dargestellt, wurden aufgrund der verhältnismäßig engen Radien im Uferverlauf viele unterschiedliche Schläuche mit Längen zwischen 10 m und 55 m erforderlich. Um einen kontinuierlichen Verlauf der Schläuche im Übergangsbereich zweier Schläuche sicher zu stellen wurden benachbarte Schläuche jeweils mit einer zusätzlichen Länge von 0,5 m beaufschlagt. Die Gesamtlänge der mit geosynthetischen Schläuchen modellierten Uferlinie beträgt 385 m.

4.2.3. Bodenmechanische Kennwerte der Schlammfüllung

Auf geotechnische Nachweise der Böschungsbruchsicherheit und eine Abschätzung der Setzungen wurde aufgrund der minimalen Böschungshöhen und der Inkaufnahme von etwaigen Setzungen im Rahmen dieses Projektes verzichtet. Aus Scherflügelsondierungen an Entwässerungsschläuchen mit vergleichbaren Schlammparametern ist jedoch bekannt, dass die undrained Scherfestigkeit c_u durch den Entwässerungsprozess um den Faktor 2 bis 3 ansteigen und Werte in der Größenordnung von 15...25 kN/m² annehmen kann.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Geokunststoffe können einen wesentlichen Beitrag zur Vergrößerung oder Generierung von Synergieeffekten im Bodenmanagement beitragen. Typische und bekannte Beispiele hierfür sind die:

- Verwendung von Geogittern mit dem Ziel einer Optimierung der Geometrie von Schüttungen aus Aushubmassen oder Tunnelausbruch (Kunststoff Bewehrte Erde, KBE),
- Verwendung von geosynthetischer Bewehrung zur Aufnahme von Defizitkräften infolge ungenügender bodenmechanischer Kennwerte von Aushubmassen oder Tunnelausbruch welcher andernfalls entsorgt werden müssten,
- Verwendung von geosynthetischen Abdichtungen wie KDB oder GDT zur Einkapselung von belasteten Böden oder Sekundärbaustoffen und Eröffnung der Nutzung als Baumaterial für Lärmschutzwälle.

Die Verwendung von geosynthetischen Schlauchgeweben eröffnet ein weiteres, bisher weniger bekanntes Anwendungsgebiet, nämlich die gleichzeitige Entwässerung, Stabilisierung und erosionssichere Verpackung von Feinsedimenten. Am Beispiel der Sanierung des Schmelzsees in Bernsdorf bei Dresden konnte gezeigt werden, dass durch die Verwendung von geosynthetischen Schlauchgeweben eigentlich zu entsorgendes Feinsediment als Baumaterial eingesetzt werden konnte. Das System der Schlauchentwässerung und Verpackung von Feinsedimenten stellt eine ökologisch und ökonomische Alternative zu klassischen Entwässerungs- und Entsorgungskonzepten dar.

Im Zuge von Produktentwicklungen, z.B. durch die Integration von Lichtleitfasern in Asphaltbewehrung oder eine Kombination von oberflächennaher Geothermie und hochzugfester Bodenbewehrung werden zukünftig möglicherweise noch weitere Synergieeffekte nutzbar werden.

LITERATUR

- Erchinger, H.F., Snuis, G. (1972): *Kunststoffgewebesläuche im Küstenwasserbau*, Wasser und Boden (1): 20-24
- IGS (2014): *Proceedings of the 10th International Conference on Geosynthetics*. 10 ICG, 21.-25. September 2014, Berlin
- Leshchinsky, D., Leshchinsky, O., Ling, H.I., Gilbert, P. A. (1996): *Geosynthetic tubes for confining pressurized slurry: Some design aspects*, Journal of Geotechnical Engineering: 682-690.

- M Geok E, FGSV (2005): *Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV 535, 2005, Köln
- MTSE, FGSV (2009), *Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau*, 2009, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Köln
- Röllich, U. (2013): *Gesamtvorstellung Projekt Schmelzteich Bernsdorf*, Seminar "Geotextile Schläuche im Wasserbau - neue Anwendungsmöglichkeiten bei der Gewässersanierung".
- Wilke, M., Geissler, H. (2013): *Entwässerung von Baugrubenrückständen mit geotextilen Schläuchen*, 4. RuhrGeo Tag 21.03.2013 Universität Duisburg-Essen.
- Wilke, M., Hangen, H. (2011): *Geotextile Container und Schläuche zur Entwässerung von Schlämmen: Funktionsprinzip - Abdichtungsmaßnahmen - Anwendungsmöglichkeiten*, 27. Fachtagung Die sichere Deponie.
- Zitscher, F.-F. (1971): *Kunststoffe für den Wasserbau*, 1. Ausg. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.