

Freitag 21. Oktober 2016

12:00-12:30

Erdox® Technologie im Erd-Schnee-Schutz- und Dammbau

Hansjörg Presslaber, Herbert Högler
Virgener Straße 16, Matrei in Osttirol

Abstract

The origin of erdox® - technology was to protect people living in alpine areas, their settlements and infrastructure against natural hazards caused by avalanches. In the meantime it is able to build a lot of diverse constructions with erdox® - elements using soil, gravel oder snow to fill the elements. These possibilities allow to protect people and infrastructure against floods, mudflows, rockfall and slope movements. The easy handling, water permability and the extreme fast way to build with the erdox® - elements are the most important advantages. Although erdox® - technology is used worldwide since a long time, it is amazing, that people, who get in contact with the system the first time are still finding new possibilities for their special tasks and challenges to construct with erdox®. For the save use of erdox® - elements it is necessary to calculate the system erdox® (filled with soil or snow) for each situation. Basis for these calculations is the exact description of the conditions of the underground by the geological point of view, especially when erdox® - technology is used to repair damages caused by slope movements.

Allgemeines

Einleitung

Der Ursprung der Erdox® - Elemente liegt im Lawinenschutz. An steilen Gebirgshängen wurden diese leichten Stahlelemente in den Abbruchzonen von Schneelawinen an vorher gebohrten und montierten Ankern fixiert.

Daraus entwickelte sich der dauerhafte oder auch temporäre Einsatz im Bereich des Erdbaues, wobei diese Elemente anfangs alternativ zu Stahlbetonstützwänden, Krainerwänden, Bewehrte-Erde-Körpern und Steinschichtungen erfolgreich eingesetzt werden konnten. Ebenso werden diese Elemente in Wildbächen eingesetzt, um die Erosion an der Bachsohle zu verhindern und die Funktion von Geschiebe- und Mursperren zu übernehmen. Besonders bewährt haben sich die Elemente im Zuge der Wiederherstellung von durch Hangrutschungen unpassierbar gewordene Wege und Straßen.

Der Bau von temporären Schiwegen mit Hilfe des Baustoffes Schnee stellt das neueste Anwendungsgebiet im Bereich des Schneebaues dar. Im Sommer werden die Elemente einfach demontiert, um das Landschaftsbild nicht zu beeinträchtigen und die landwirtschaftliche Nutzung in gewohnter Weise zu gewährleisten.

Die einfache Handhabung, die dauerhafte Wasserdurchlässigkeit, das leichte Konstruktionsgewicht sowie die rasche Montier- und Demontierbarkeit zählen zu den wesentlichsten Vorteilen der Erdox® - Technologie.

Eine geologische Beurteilung ist je nach Einsatzzweck der Technologie in vielen Fällen empfohlen und mitunter sogar dringend erforderlich.

Konstruktionsbeschreibung

Das CE-zertifizierte Erdox® - Element ist eine pyramidenförmige, flexible Stahlkonstruktion. Die etwa 3,1m*3,6m große, ebene Vorderfront besteht aus zwei diagonal verlaufenden und sich im Mittelpunkt kreuzenden Stahlträgern (I-Trägern oder Formrohren), welche über eine Stahlplatte miteinander verbunden sind. An dieser Platte setzt auch die rücklaufende Ankerstange (Stahlrohr, Länge etwa 3,0 bis 6,0m je nach statischer Erfordernis) mittels eines beweglichen Kugelgelenkes an (Abb.1).

Zusätzlich werden die Stahlträger mit insgesamt vier Ankern (Seilen) rückverankert. Alle Verankerungselemente der Front werden rückwärtig an einer entsprechenden (Stahlbeton-) Fundamentplatte fixiert.

Die an der Vorderfront liegenden Stahlträger – welche vormontiert sind – können verzinkt oder nicht verzinkt ausgeführt werden.

Durch den Klappmechanismus kann das System mit sehr geringem Platzbedarf gelagert und transportiert werden (Länge ca. 4,7m / aufgerolltes Netz mit einem Gesamtdurchmesser von rund 70cm / Gewicht etwa 420kg).

Die spezielle Netzkonstruktion hält höchsten Belastungen stand und entspricht allen normgemäßen Anforderungen.



Abb. 1: ERDOX® terra beim Versetzen

Wirkungsweise – Berechnungsansätze – Planungsgrundsätze

Mit dem 'Totmann'-Prinzip lässt sich die Wirkungsweise der Erdox® - Technologie am besten beschreiben. Das rückwärts liegende, überschüttete Fundament (Stahlbetonplatte) stabilisiert das Gesamtsystem und leitet die Erdruckkräfte, welche auf die Außenhaut (Stahlnetz) und Anker wirken, in den Untergrund ab. So entstehen im Gegensatz zur bekannten Tragwirkung von Schwergewichtskörpern an der Aufstandsfläche nur minimale Bodenpressungen bzw. Randspannungen (Abb. 2).

Um die Stabilität der Konstruktion zu gewährleisten, sind die alle statischen und geotechnischen Nachweise der inneren und äußeren Standsicherheit zu führen.

Unter der inneren Standsicherheit sind sämtliche statischen Nachweise der konstruktiven Elemente (Stahlträger, Seile, Druckrohr, etc...) zu verstehen, die entsprechend den aktuellsten Normen (Eurocode) und Richtlinien geführt werden. EN1993 (Stahlbau), EN1997 (Geotechnik) und EN 1992 (Betonbau) finden dabei ihre Anwendung. Die Höhe der Beanspruchung hängt von den mechanischen Eigenschaften des Hinterfüllmaterials ('Erde', Geröll, Schnee) ab. Je höher die Eigensteifigkeit dieses Materials ist, umso geringer wird die Beanspruchung der Konstruktion. Dieser Effekt lässt sich leicht praktisch an dem Grad der Ausbauchung des Netzes beobachten. Mit der im Regelfall nach hinten geneigten Vorderfront des Elementes sowie der hohen 'Wandreibung' (Stahlnetz) wird der anzusetzende Erddruck in jedem Fall auf ein Minimum begrenzt.

Erdstatische Nachweise der äußeren Standsicherheit (im Wesentlichen 'Kippen', Gleiten, Grundbruch im Vorfußbereich) sind von den lokalen geometrischen (z.B. Hangneigung) Verhältnissen und den ortsspezifischen Untergrundverhältnissen abhängig. Der Nachweis 'Kippen' kann bei Erdox® - Elementen entfallen (Abb. 2).. Besonders in geneigtem Gelände ist auf die lokale Beanspruchung am Fußpunkt zu achten (Abb. 3). Je kürzer die Länge der Ankerstange gewählt wird, umso bedeutender wird die Stabilität des unterhalb des Erdox® - Elements liegenden Geländes. Mit der Erdox® - Technologie kann nur Bodenmaterial hinter und über den Verbauelementen gesichert werden. Bestehen hinsichtlich der Stabilität im Fußbereich Bedenken, sind entsprechende Maßnahmen (z.B. Tiefgründungselemente) zu setzen.

Abb.2 zeigt neben dem Ersatz von Schwergewichtskonstruktionen ein weiteres Gedankenmodell zur Wirkungsweise der Totmannelemente. Dabei wird die Außenhaut in Form der Stahlnetz als Ersatz für eine Spritzbetonschale betrachtet, die rückwärts laufenden Seile und die Druckstange 'ersetzen' dabei die (Injektions-)bohranker. Mit der einbaubaren Ankerlänge von max. rund 6,0m sind so (näherungsweise) Baugrubentiefen bis zu etwa 11,0m möglich, um den Anforderungen an den Nachweis der 'Tiefen Gleitfuge' zu entsprechen. Die tatsächlich mögliche Tiefe hängt natürlich jeweils von den lokalen Bodenverhältnissen ab. Sind die 6,0m tiefen Verankerungsteile nicht ausreichend, können die Erdox® - Elemente nachträglich mit aufgesetzten Stahlteilen mit nahezu beliebiger Länge zusätzlich geankert werden.

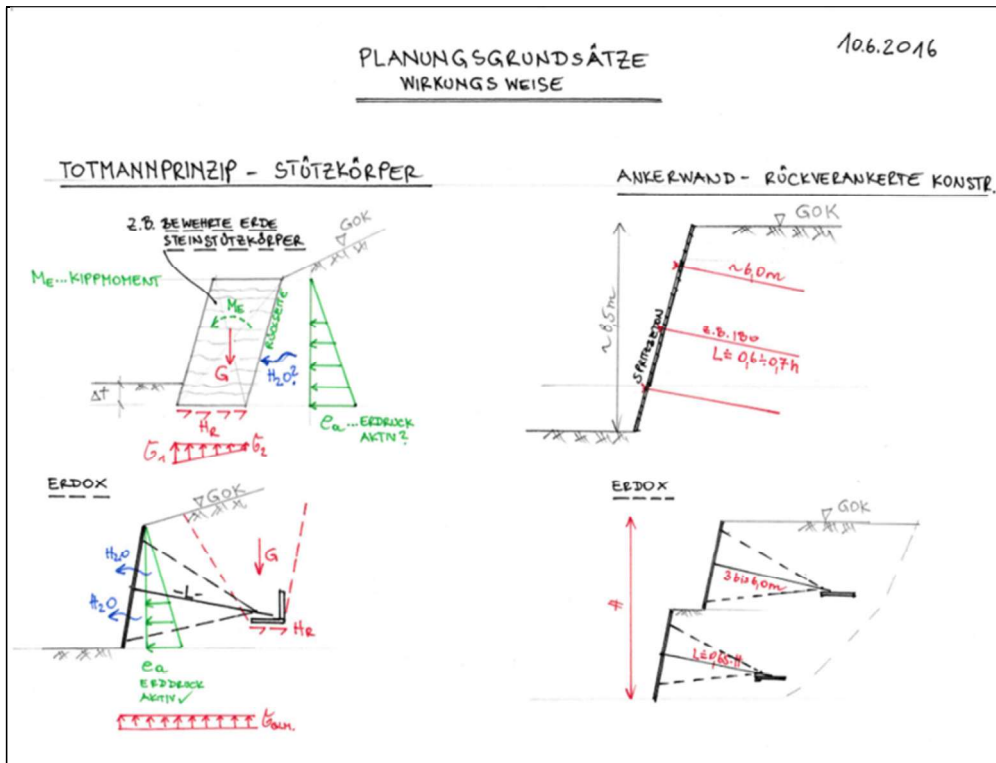


Abb. 2: Gedankenmodelle 'Totmannprinzip'

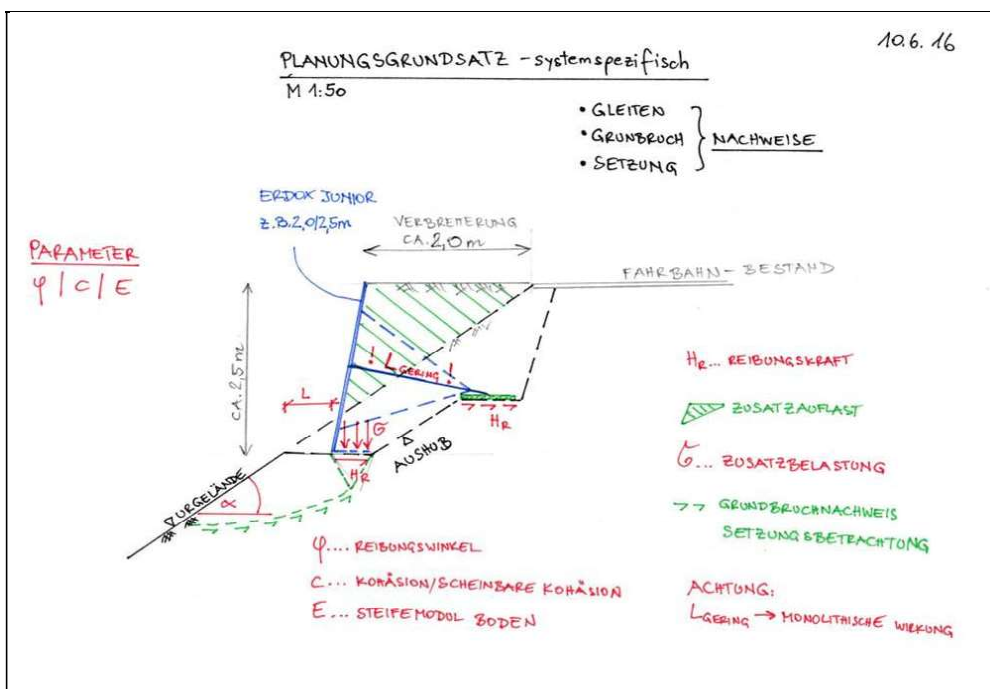


Abb. 3: Nachweisführung am Fußpunkt bei geneigtem Gelände

Geologische und geotechnische Bodenansprache im Zuge von Hangrutschungen

Exemplarisch wird für den Anwendungsfall ´Sanierung und Wegewiederherstellung nach Hangrutschungen´ auf die geologische / geotechnische Bodenansprache eingegangen, welche die Basis für die Wahl der Berechnungsparameter (im Wesentlichen Reibungswinkel, echte und scheinbare Kohäsion des Untergrundes bilden). Dieser Einsatzbereich kommt kleinräumig relativ häufig vor (Prinzipskizze Abb. 3).

Im Zuge der (oftmals unter Zeitdruck) durchzuführenden Erstbegehung sind jedenfalls folgende Gesichtspunkte zu erfassen, soweit möglich:

- Geometrische Situation (Lage – Grundriss, Höhenverhältnisse – Neigungsverhältnisse)
- Wasserverhältnisse (Oberflächenwasser, Durchnässung umliegender Bereiche, Quellen ober- und unterhalb...)
- Tiefgang der Rutschung (z.B. oberflächennah d.h. rund 1 bis 2 m), Ausdehnung der Rutschung (Massenverhältnisse)
- Bewuchs (Buschwerk, Waldboden, bewirtschaftete Fläche, Felsverlauf inkl. Schichtungsverlauf)
- Geschütteter / Gewachsener Boden / Lagerungsdichte
- Bindige / nichtbindige Bodenverhältnisse
- Allenfalls gefährdete Objekte im Nahbereich (deren Konstruktionsart (z.B. Mauerwerk, Beton), Fundamentplatte – Streifenfundament, Errichtungsjahr)

Je nach Dringlichkeit kann (oder muss!) bereits mit diesen Angaben ein Sanierungskonzept überlegt bzw. Material vor Ort zur Verfügung gestellt werden. Bei besonders hoher Dringlichkeit zeigt auch hier die Erdox® - Technologie ihre Vorteile, da die Elemente sofort nach dem Hinterfüllen tragfähig sind. Die modulare Bauweise ermöglicht auch die oftmals erforderliche flexible Anpassung an die lokalen und in der Umsetzungsphase angetroffenen Bodenverhältnisse.

Auf jeden Fall sind – bei zur Verfügung stehender Zeit – neben der augenscheinlichen (und somit nur oberflächlich möglichen) Bodenansprache und Beurteilung weiter ´Tiefenerkundungen´ sehr sinnvoll. Bei kleinräumigen Rutschungen werden hier die Durchführung von schweren Rammsondierungen bzw. Baggerschürfe empfohlen, um Aufschluss über die anstehende Felskante bzw. Lagerungsdichte und (Grund-)Wasserverhältnisse zu Erlangen. Je länger Baggerschlitze ´offen´ bleiben können, desto zuverlässiger die Aussagekraft hinsichtlich der Wasserverhältnisse und der scheinbaren Kohäsion (´freie Standhöhe´). Achtung auch bei der Bewertung der freien Standhöhe (welche zu dem Rechenparameter ´Kohäsion´ führt) – diese kann bei Herstellung der Baugrube deutlich von der geometrisch ´günstigen´ Situation eines schmalen Baggerschurfes abweichen. Bei großflächigen Rutschungsereignissen sind Bohrerkundungen unerlässlich.

Anwendungsmöglichkeiten

Die Verfüllung mit Erdmaterial oder dem Baustoff Schnee ermöglicht eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten. Die Elemente können dabei temporär oder dauerhaft eingesetzt werden.

Extrem leichtes Gewicht (Hubschraubertransport möglich), Wasserdurchlässigkeit, geringer Platzbedarf in Lagerung und beim Transport, äußerst kurze Bauzeit, anspruchsloses Hinterfüllmaterial sind dabei die wichtigsten Vorteile

- Hochwasserschutz : Verstärkung von Dämmen und Deichen
- Lawinenschutz : auch temporär, da im Sommer leicht demontierbar (Hangflächen bleiben so bewirtschaftbar)
- Hangstabilisierung nach Erdbeben
- Forstwegebau
- Radwegebau / Straßenverbreiterung
- Steilböschungen in Deponien
- Geschiebesperre / Murgangssperre
- Erosionsschutz vor Sohleintiefung
- Stützmauer : Alternative zu Stahlbetonmauern, Steinschichtungen, Bewehrte-Erde-Körpern, (Holz-)Krainervänden
- Verstärkung und Sicherung bestehender Holzkrainervände
- Leiteinrichtung / Sperrbau
- Steinschlagschutz(-dämme) / Lärmschutzdämme (mit Betonoberfläche statt Stahlnetz)
- (temporärer) Schiwegebau mit dem Baustoff Schnee
- Baugrubensicherung statt Spritzbeton mit Verankerung
- Kraftwerksbau – Druckrohrverlegung
- Geschiebe-Murgangssperre

Je nach Verwendungszweck und Einsatzgebiet sind mehr oder weniger umfangreiche geologische Basisdaten erforderlich. Gleiches gilt für die notwendigen Berechnungen um normkonforme Bauwerke errichten zu können.

Fallbeispiele

Wildbachsperre Erlbach, WLV Osttirol

Von der WLV (Wildbach- und Lawinenverbauung / Gebietsbauleitung Osttirol) wurde im Bereich des Erlbaches oberhalb der Gemeinde Abfaltersbach ein Projekt mit erdox® Elementen als Erosionsschutz (Sohleintiefung) im Herbst 2015 umgesetzt.



Abb. 4: Vermeidung von Sohleintiefung

Durch Murereignisse infolge von Starkniederschlägen, aber auch schon durch den gewöhnlichen Abfluss (Sohlgefälle ca. 20 Grad) kam es in den letzten Jahren im gegenständlichen Bereich zur Ausschwemmung von Geröllmassen und somit zu einer fortschreitenden Eintiefung der Gewässersohle. Diese wiederum verursachte das Nachbrechen der an den Bach anschließenden steilen Seitenflanken, womit die Gesamtstabilität der Hänge immer weiter reduziert wurde und ein Gesamtversagen nicht mehr ausgeschlossen werden konnte.

Zwischen den bereits bestehenden massiven Betonbauwerken ('Murbrechern'), welche etwa 150m voneinander entfernt sind, wurden insgesamt zwanzig erdox® - terra Elemente eingebaut. So entstehen vier kaskadenartige Überfallkonstruktionen, d.h. fünf Elemente sind quer zur Fließrichtung jeweils nebeneinander angeordnet.

Die Einzelelemente sind jeweils 3,1m breit und 3,6m hoch. Es ergibt sich eine Konstruktionsbreite der Überlaufstufen von 15,5m (5 mal 3,1m). Die beiden mittleren Elemente sind etwa 1,2m tiefer versetzt als die äußeren. Das rücklaufende Rohr jedes Elementes weist eine Länge von 4,0m auf. Dieses ist an einer Betonplatte befestigt und gewährleistet neben den vier Seilen mit die Stabilität des Einzelelementes.

An der Oberseite (Überlaufkrone) wurde ein unverzinktes, gekantetes Stahlblech mit 8mm Wandstärke angebracht. Dieses dient dem Schutz des oberen Randseiles, besonders bei Murereignissen. Die statische Berechnung erfolgte für eine einwirkende Last von 160 KN (16 to) in Feldmitte (Spannweite ca. 3,1m).

Dieses Kantblech kann auch schräg im Uferbereich montiert werden, um das gewünscht Abflussprofil einfach zu realisieren. Auch können durch das modulare Baukastensystem unterschiedliche Gerinnebreiten (ab ca. 3,0m) vor Ort realisiert werden. Beide Möglichkeiten kamen hier nicht zur Anwendung.



Abb. 5: Kantenschutz mit unverzinktem Blech – modulare Bauweise

Die Elemente wurden nach vorne leicht überhängend eingebaut, damit eine mechanische Beanspruchung der (Netz-) Oberfläche durch Geröll vermieden wird. In der statischen und geotechnischen Berechnung wird dieser Umstand durch den Ansatz des dadurch etwas erhöhten Erddruckes berücksichtigt. Systembedingt (Wasserdurchlässigkeit der Netzoberfläche) ist der Ansatz eines Wasserdruckes nicht erforderlich.

Bei diesem Projekt zeigen sich eine Vielzahl der Vorzüge des erdox® - Systems im Bau-und Endzustand:

- Geringes Gewicht – leichter Transport (auch per Hubschrauber möglich)
- Vormontiertes System – mit wenigen Handgriffen einsatzbereit – extrem kurze Bauzeit
- Versetzen auch im Fließgewässer möglich
- Permanente Wasserdurchlässigkeit
- Stabilität und Dauerhaftigkeit
- Sehr gute Anpassung an das Landschaftsbild

Der Nutzungsgrad dieser Kaskadenkonstruktion, d.h. die Bewertung der eingesetzten (verbauten) Masse (erdox® Schirme) im Verhältnis zur Wirkung (Aufnahme großer Erdruckkräfte, Schutz vor weiterer Sohleintiefung, Vermeidung von Geröllausschwemmung), ist wesentlich günstiger als z.B. bei Betonkonstruktionen.

Bedenkt man noch die Kürze der Bauzeit sowie die Transportmöglichkeiten auch in schwer zugängliches Gelände, wird die Nachhaltigkeit des erdox® Systems deutlich.

Verbundkraftwerk Reisseck, Kärnten

Die zwei Hangrutschungen (Schadensereignis Sommer 2014) im Bereich der Höhenbahn sollen saniert werden, um die Errichtung beziehungsweise den Betrieb einer Zufahrtsstraße statt der bereits stillgelegten Höhenbahn zu ermöglichen.

In Zusammenarbeit mit der Fa. Felbermayr Spezialtiefbau, Salzburg, erfolgte die Wiederherstellung des Gleisbereiches im Sommer 2016.

Durch ein extremes Niederschlagsereignis bedingt, wurden an zwei Stellen die noch vorhandenen Gleise der sich außer Betrieb befindlichen Höhenbahn unterspült.

Im Bereich des Profils 30 sind zwei ERDOX® TERRA-Elemente (permanent wasserdurchlässige Außenfläche 3,1m mal 3,6m) vorgesehen, bei Profil 31 C in der unteren Reihe drei Stück, darüber fünf Elemente, wobei im Übergangsbereich von unterer zu oberer Reihe eine nahezu horizontale Berme mit 2,5m ausgebildet wird.

Wie gewohnt werden diese verzinkten und dauerhaft tragfähigen Stahlelemente mittels einer Fundierungsplatte verbaut.

Nach der Hinterfüllung mit wasserdurchlässigen Material (z.B. Geröll, Felsbruch) werden die Elemente zusätzlich mit Injektionsbohrankern rückerverankert, um einerseits die Geländebruchsicherheit zu erhöhen und andererseits negative Auswirkungen eines nicht ausschließbaren weiteren extremen Niederschlagsereignissen auf die Stabilität im Fußbereich der Elemente möglichst zu vermeiden.

Je ERDOX® TERRA – Element sind dabei zwei Anker (insgesamt 20 Stück) mit einer Bruchlast von je 360 KN vorgesehen. Die Injektionsbohranker sollen mindestens 3m in das bestehende Gelände einbinden, somit ergibt sich eine Länge von etwa 8 bis 10,0 m.

Die IBO-Anker können mit speziellen Stahlteilen an den ERDOX® - Elementen befestigt werden. Alternativ ist auch die Verwendung von Spritzbeton denkbar, auf ausreichende Wasserdurchlässigkeit ist dabei zu achten.

Die bestehenden – und beschädigten – Ausflussrohre im Bereich der beiden Schadstellen sind durch die ERDOX® Elemente durchzuführen und mit einem ausreichenden Überstand (‘Überlauf’) auszuführen.

Im Bereich der Abflusszone an der Oberkante des bestehenden Geländes ist möglichst eine ‘Befestigung’ vorzusehen, um eine ‘planmäßige’ Erosion (‘Sohleintiefung’) möglichst zu vermeiden.

Zur Modellbildung und für die rechnerische Nachweisführung (‘Tragsicherheit – Standsicherheit’) der Konstruktion wird für das Hinterfüllmaterial ein Reibungswinkel von 30 Grad angesetzt. Bei Verwendung von ‘Felsbruch’ liegt dieser Wert auf der sicheren Seite.

Alle für die Standsicherheit erforderlichen Nachweise werden erbracht und sind erfüllt.

Da das abgerutschte Gelände mit den ERDOX® - Elementen nahezu gleich wieder aufgebaut wird, wird gegenüber dem ursprünglichen Zustand keine Zusatzauflast auf den Hang aufgebracht.



Abb. 6: Fertiges Bauwerk

Baugrubensicherung Zedlach, Osttirol

Zur Errichtung eines Einfamilienhauses war die Herstellung einer bis zu etwa 10m tiefen Baugrube erforderlich. Die Hangneigung des anschließenden Geländes betrug ca. 33 bis 40 Grad. Die geologischen Grundlagen und Bodenansprachen erfolgten durch das Büro ibg, Salzburg.

Im Zuge der Bauausführung wurde die große vorhandene scheinbare Kohäsion (freie Standhöhe der obersten Bodenschichten etwa 4,5m) genutzt um 5 Erdox® - terra Elemente statt der ursprünglich vorgesehenen Spritzbetonschale einzubauen (Abb. 1).

Gleichzeitig übernehmen diese Elemente im Endzustand die Funktion einer Steinschichtung (Abb. 7). Stark auf der sicheren Seite liegend, wurden die rechnerischen Nachweise mit einem Reibungswinkel von 30 Grad geführt. Alle Nachweise wurden erbracht, die Konstruktion in äußerst kurzer Zeit errichtet.



Abb. 7: Kellergeschoss fertiggestellt

Radweg Heiligenblut, Kärnten

Im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Fa. Felbermayr Spezialtiefbau, Salzburg, wurde im Bereich der Großglocknerhochalpenstraße eine Fahrbahnverbreiterung vorgenommen (Abb. 8).



Abb. 8: Fahrbahnverbreiterung

Die talseitige Verbreiterung der B107 um ca. 2,85m wird auf eine Straßenlänge von etwa 100m mit der erdox® -Technologie realisiert. Der Einsatz der erdox® junior Elemente (Ansichtsfläche 2,1m * 2,5m) ermöglicht minimale Erdarbeiten in der bestehenden Böschung (Neigung ca. 25 bis 34 Grad).

Eine Drainage ist nicht erforderlich, da diese verzinkten und mit einer Begrünungsmatte versehenen Elemente dauerhaft wasserdurchlässig sind.

Im Bauzustand (d.h. während der Hinterfüllung der Konstruktion) erfolgt die Fixierung der erdox® Schirme mittels Fundamentplatte.

Für den Endzustand werden Injektionsbohranker in Elementmitte angebracht (Länge 7,0m / Bruchlast 360 KN). Dabei kann entweder jedes oder auch nur jedes zweite Element rückverankert werden.

Nach dem Hinterfüllen und Ankern erfolgt der weitere Straßenaufbau (Gehweg) in gewohnter Weise.

Zur Modellbildung und für die rechnerische Nachweisführung ('Tragsicherheit – Standsicherheit') der Konstruktion werden die Bodenkennwerte des Urgeländes mit einem Reibungswinkel von 32,5 Grad und einer (Verzahnungs)kohäsion von 3 KN/m² angenommen (Abb. 3).

Alle für die Standsicherheit erforderlichen Nachweise werden erbracht und sind erfüllt.

Die talseitige Zusatzaufast (Schüttmaterial) führt zu einer Deformation ('Setzung') des Urgeländes welche rechnerisch in einer Größenordnung von 0,5 bis 2,0 cm (je nach Zusammendrückbarkeit des Urgeländes) liegt. Ungewöhnliche Auswirkungen auf die Bestandsstraße sind nicht zu erwarten.

Durch die große Flexibilität der Konstruktionselemente führt auch ein (späteres) leichtes Nachgeben der Außenfläche durch derzeit noch nicht vorhersehbare (Umwelt-)Ereignisse (geringe Gründungstiefe) nicht zu einer Beeinträchtigung der Standsicherheit.

Ersatz einer Stützmauer / Hochbehältersicherung, Mürztal-Steiermark

In Zusammenarbeit mit der Abteilung 14 des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung wurde im Mürztal eine Stützmauer durch erdox®-junior-Elemente ersetzt. Die geologischen Grundlagen wurde vom Büro geolith, Graz, erstellt. Auch die Sicherung eines Hochbehälters erfolgte mit diesen Elementen.



Abb.9: Einbau der junior-Elemente

Zusammenfassung

Mit der Erdox® - Technologie ist es möglich, vielfältigen Anforderungen und Aufgaben des Bauens in Gebirgsregionen zu erfüllen. Innerhalb kürzester Zeit können dauerhafte oder temporäre Schutzbauwerke errichtet werden. Hangstabilisierungen, das Herstellen von Wegen und Straßen in Hanglagen sind ebenso einfach und rasch möglich.

Die Tragwirkung der Erdox® - Elemente verbindet das 'alte' Prinzip der Möglichkeiten einer Totmannkonstruktion mit der Wirkungsweise 'moderner' Ankertechnik.

Das modulare Baukastensystem, die Wasserdurchlässigkeit, die große Tragwirkung bei sehr geringem Eigengewicht der Konstruktion sind neben der kurzen Bauzeit die wichtigsten Vorteile, welche dauerhafte, kostengünstige und somit nachhaltige Bauwerke ermöglichen.