

BETONEMENT



Expertenforum Beton 2007

***Begrünbare
Stützkonstruktionen
aus Beton***



Expertenforum Beton 2007

Begrünbare Stützkonstruktionen aus Beton

Das moderne Bauwesen strebt im Spannungsfeld von technischen Notwendigkeiten und Eingriffen in den natürlichen Lebensraum zunehmend umweltverträgliche Konsenslösungen an. Im Alpenraum und in den vorgelagerten Hügelregionen sind zum Bau von Verkehrswegen Einschnitte in Berghänge unvermeidlich. Waren es in früheren Zeiten vermutlich die mangelnden Möglichkeiten des Transportes schwerer Bauteile, so ist es heute das Bestreben nach sparsamem Umgang mit Ressourcen, das Ingenieure bei der Konstruktion von technisch einwandfrei funktionierenden Bauwerken begleitet.

Die „Raumgitterwand“, wie begrünbare Stützkonstruktionen auch genannt werden, ist ein ein-drucksvolles Beispiel für die ökologischen und wirtschaftlichen Bestrebungen im Ingenieurbau. Zurückgehend auf einfache „Krainerwände“ aus Baumstämmen vereinigen sie die Anforderungen an Bauwerke unserer Zeit.

Raumgitterwände schonen Ressourcen: Die statisch ausgereiften Betonbauteile sind schlank konstruiert und verbrauchen somit wenig Baumaterial.

Raumgitterwände binden die Umwelt ein: Die räumliche Gitterkonstruktion wird mit natürlichem Material gefüllt und bekommt erst durch dieses Zusammenspiel von konstruktiven mit natürlichen Elementen sein Gewicht und seine Funktion.

Raumgitterwände sind grün: Bedingt durch die Bauweise entstehen an der Oberfläche der „Wand“ genügend Nischen, die bepflanzt werden und so eine „Grüne Wand“ entstehen lassen.

Raumgitterwände sind sicher: Gesicherte Berechnungsmethoden und jahrzehntelange Erfahrung im Umgang mit den Elementen machen die Raumgitterwand zu einer der sichersten Hangstützkonstruktionen.

Im Expertenforum Beton „Begrünbare Stützkonstruktionen aus Beton“ wird der aktuelle Stand einer hochmodernen und doch jahrzehntelang bewährten Technik dargestellt. Einer Technik, in der natürliche Gegebenheiten wie selbstverständlich integriert sind, einer Technik, die sich an die Natur anpasst. Raumgitterwände sind eine Technik, die durch Menschen zum Erfolg wurde, die zur Natur Bezug haben, die Natur in ihr Bauwerk einbinden und dabei der Natur den ihr gebührenden Respekt zollen.

DI Gernot Brandweiner, MBA
Geschäftsführer
Verband Österreichischer
Beton- und Fertigteilwerke

Inhalt

Bodenmechanische Voraussetzungen von Stützbauwerken	3
<i>Dr. Helmut Kienberger</i>	
<i>Zivilingenieur für Bauwesen, Saalfelden</i>	
Dimensionierung und Sicherheitsnachweise	8
<i>Dipl.-Ing. Peter Fuchs</i>	
<i>Zivilingenieur für Bauwesen, Wals</i>	
Anwendungen in der Praxis beim Tiroler Güterwegebau	14
<i>HR Dipl.-Ing. Friedrich Heidenberger</i>	
<i>Abteilung Ländlicher Raum, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck</i>	
Ausgeführte Bauvorhaben und neue Produkte	19
<i>Ing. Walter Herzog</i>	
<i>Betonwerk Rieder, Maishofen</i>	
Raumgitterwandsysteme RUW	27
<i>Ing. Hans Duregger</i>	
<i>SW Umwelttechnik, Linz</i>	
Schallschutztechnische Wirkung von Raumgitterwänden	30
<i>Prokurist Ing. Gerhard Strohmayer und Dipl.-Ing. Heinz Hoislbauer</i>	
<i>TAS SV-GmbH, Linz</i>	
Begrünung von Raumgitterwänden – Möglichkeiten und Grenzen aus der Sicht der Ingenieurbiologie	33
<i>Dipl.-Ing. Rosemarie Stangl</i>	
<i>Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Department für Bautechnik und Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien</i>	

Bodenmechanische Voraussetzungen von Stützbauwerken

Dr. Helmut Kienberger
Zivilingenieur für Bauwesen, Saalfelden

Stützkonstruktion

Stützkonstruktionen dienen zur Absicherung von Geländesprüngen, deren Böschungsneigung steiler ist, als es die Festigkeit des Bodens gestattet.

Geometrie

Man unterscheidet zwischen verschiedenen Geometrieformen des Hanges, z. B. Vorland unterhalb der Stützkonstruktion eben oder geneigt und Geländeform oberhalb der Stützwand eben oder mit Neigung sowie zwischen lotrechten und geneigten Stützkonstruktionen.

Boden

Der „Boden“ ist ein Haufwerk von mineralischen Körnern, entstanden durch Ablagerung (Sedimentierung). Oftmals ist eine Schichtung von unterschiedlichen Bodenarten vorhanden. Man unterscheidet „rollige“ Böden (Rundkorn oder Kantkorn), grobkörnig, wie z. B. Sand, Kies, Steine oder Felsschutt, und „bindige“ Böden (feinkörnig) mit einem Zusammenhalt der Körner untereinander wie z. B. Schluff oder Ton. Je nach Vorgeschichte spricht man von „gewachsenen“ (ungestörten) und „geschütteten“ (gestörten) Böden.

Bodenbezeichnungen:

Ton	Korngröße < 0,002 mm
Schluff	Korngröße 0,002 mm bis 0,063 mm
Sand	Korngröße 0,063 mm bis 2,0 mm
Kies	Korngröße 2,0 mm bis 60 mm

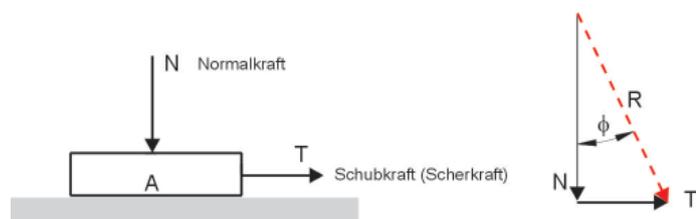
Der Boden weist eine „Struktur“, d. h. ein Baupsystem der Körner (Lage zueinander) auf. Die Struktur ist veränderlich und kann beim Bau beeinflusst werden.

Bindige Böden werden nach der Konsistenz (weich, steif, fest, hart) beurteilt, rollige Böden nach der Lagerungsdichte (locker bis dicht).

Von der Struktur der Böden hängen die Festigkeits- und Verformungseigenschaften ab. Bei bindigen Böden ist auch der Wassergehalt von Bedeutung.

Festigkeitseigenschaften:

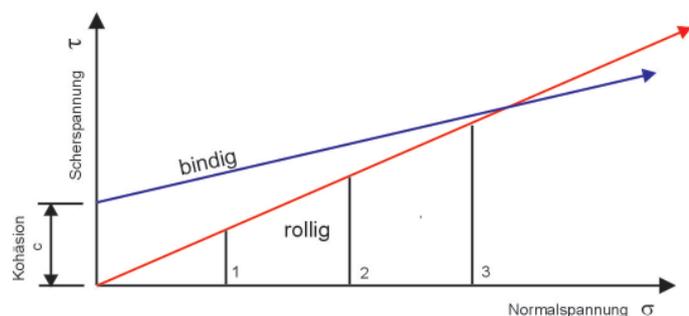
Bruchzustand



Fläche A: Normalspannung $\sigma = F : A \text{ kN/m}^2$
 Scherspannung $\tau = T : A \text{ kN/m}^2$

Ein Bruchzustand erfolgt durch Abscheren, d. h. die Körner gleiten entlang einer (gekrümmten) Fläche aneinander.

Scherdiagramm (Laborversuch):

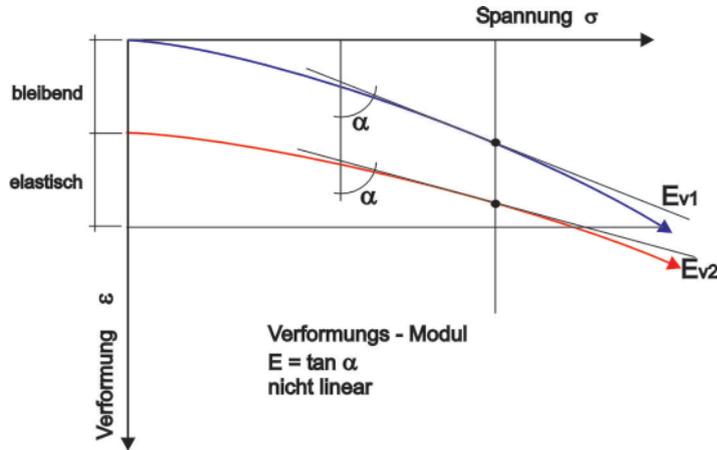


„Rolliger“ Boden: Reibungswinkel größer, keine Kohäsion

„Bindiger“ Boden: geringerer Reibungswinkel, Kohäsion vorhanden

Verformungseigenschaften:

Kompressionsversuch (Labor)



Wasser:

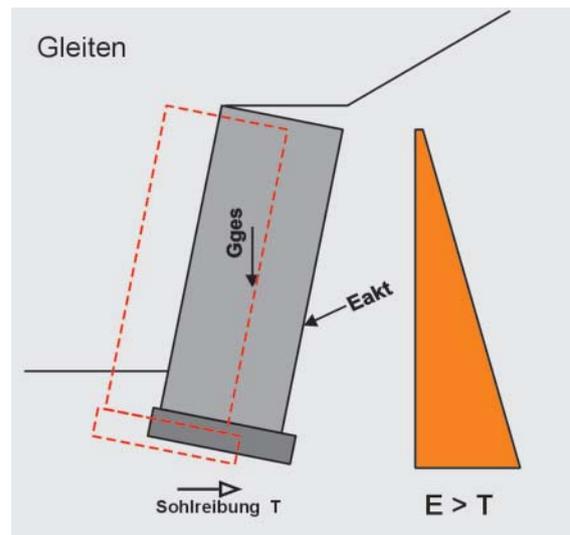
Wasser übt auf die Stützkonstruktionen einen Wasserdruck (Höhe der Spiegeldifferenz) aus und reduziert das Raumgewicht des Bodens (Auftrieb).

Wasser kann die Böden aufweichen und reduziert damit die Festigkeitseigenschaften, ebenso wird ein Porenwasserdruck (Unter-/Überdruck) ausgeübt. Darüber hinaus strömt (sickert) Wasser im Bereich von Stützkonstruktionen und verursacht dabei Oberflächenerosion, Kornumlagerungen, Ausspülung von Fein- und Feinstkörnern sowie unerwünschte Einspülungen.

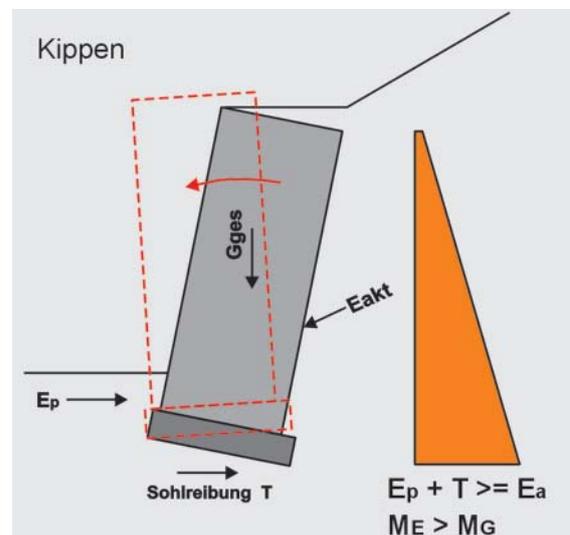
Wenn keine Vorkehrungen dagegen getroffen werden, bewirkt Wasser Veränderungen des Ausgangszustandes.

Versagensmechanismen:

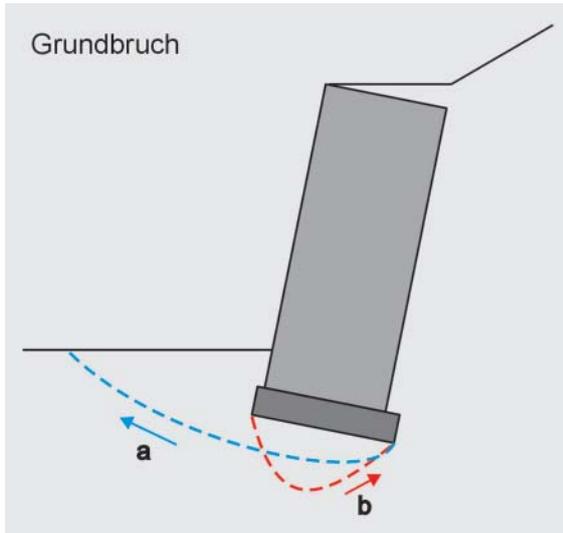
Es gibt bei Stützbauwerken verschiedene Versagensmechanismen wie Gleiten, Kippen, Grundbruch, Geländebruch oder Gefügezerstörung.



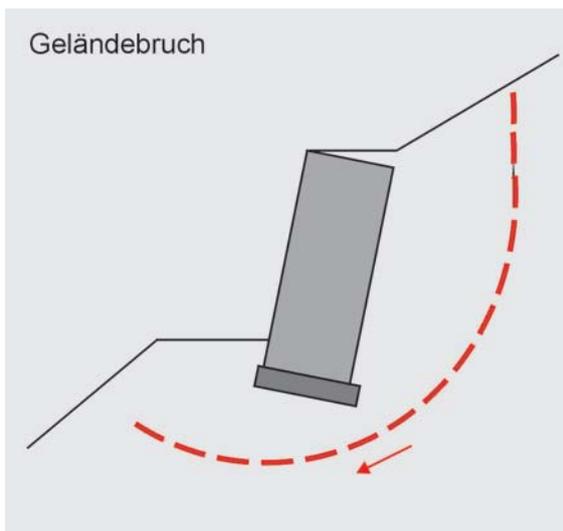
Gleiten einer Stützkonstruktion in der Sohlfuge



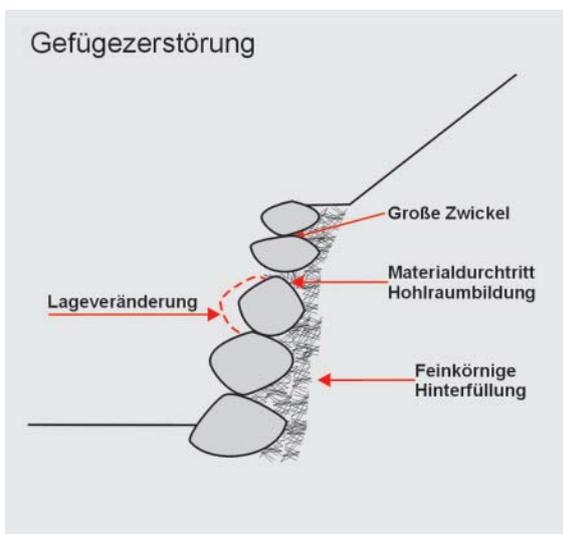
Kippen der Stützkonstruktion um einen Drehpunkt in der Gründungssohle



Ausweichen des Untergrundes in der Gründungssohle durch zu große Sohlpressungen und Überbelastung



Abgleiten der Gesamtkonstruktion entlang einer Gleitfläche und/oder Durchscheren der Wandkonstruktion



Konstruktionsarten:

Für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Stütz-wand-Konstruktionsarten.

Stahlspundwand, Bohrpfahlwand, Schlitzwand

Bei diesen Wänden erfolgt die Abgrabung des Geländesprunges nach der Errichtung der Stützkonstruktion.

Die Konstruktionen werden angewandt, wenn die „Festigkeit“ des Bodens auch kurzfristig nicht ausreicht, eine Steilböschung vor Errichtung des definitiven Stützbaues herzustellen.

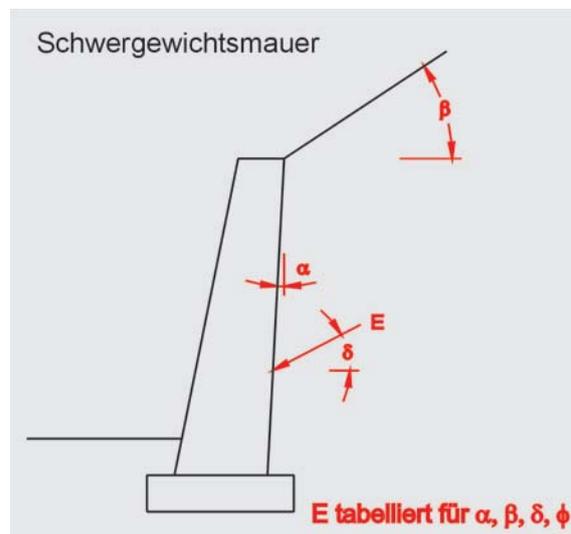
Nagelwand, Ankerwand

Der Boden ist hier unter gewissen Voraussetzungen temporär standfest. Nagelwände sind nur begrenzt dauerhaft (Korrosionsschutz), geeignet für Baugrubensicherungen oder vorauseilend für Ankerwände.

Ankerwände mit vorgespannten Ankern und Dauer-Korrosionsschutz garantieren geringe Verformungen und sind für hohe Abstütungen geeignet.

Schwerkriegtsmauer, Winkelstützmauer aus Ortbeton

In beiden Fällen muss die Baugrube auf die volle Konstruktionshöhe und in großen Abschnitten temporär standsicher sein. Schwerkriegtsmauern werden vor allem bei kurzen Wänden mit stark variierender Höhe, bei beengten Platzverhältnissen und gewünschter glatter Ansichtsfläche angewandt. Voraussetzung ist ein gut tragfähiger Untergrund.

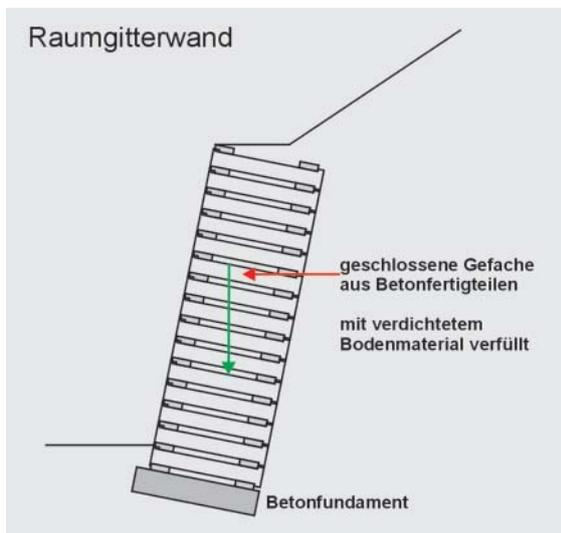


Nachteile bei Winkelstützmauern sind der große Platzbedarf und eine große Abtragskubatur und der lange Bauzustand aus Gründen der Aushärtung (gilt auch für Schwergewichtsmauern).

Raumgitterwände, Krainerwände

Auch hier muss die Baugrube auf die gesamte Wandhöhe temporär standsicher sein. In Längsrichtung ist es möglich, den Aushub durch abschnittsweise Errichtung der Konstruktion zu minimieren.

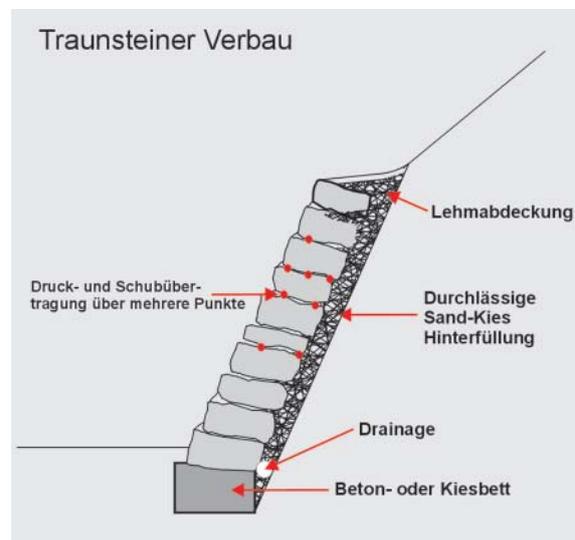
Vorteil bei Raumgitterwänden sind mögliche große Wandhöhen, variable Wandstärken und der rasche Aufbau.



Fällen besteht der Nachteil von geringen möglichen Wandhöhen und geringen Einbautiefen, bei Steinsätzen ist außerdem ein kontrolliertes Versetzen schwer möglich, es entsteht eine mehr oder weniger zufällige Struktur der Stützkonstruktion.

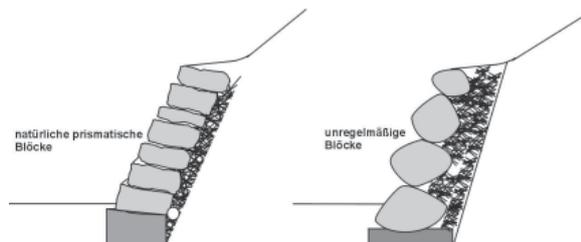
Strukturen von Stützwandsystemen:

Beim Traunsteiner Verbau entsteht bei der ordnungsgemäßen Errichtung eine Struktur, welche die Übertragung von Druck- und Schubkräften über mehrere Punkte gewährleistet.



Steinsätze, Traunsteiner Verbau

Der Aushub kann hier in kleineren waagrecht Abschnitten erfolgen, muss jedoch auf die gesamte Höhe temporär standsicher sein.



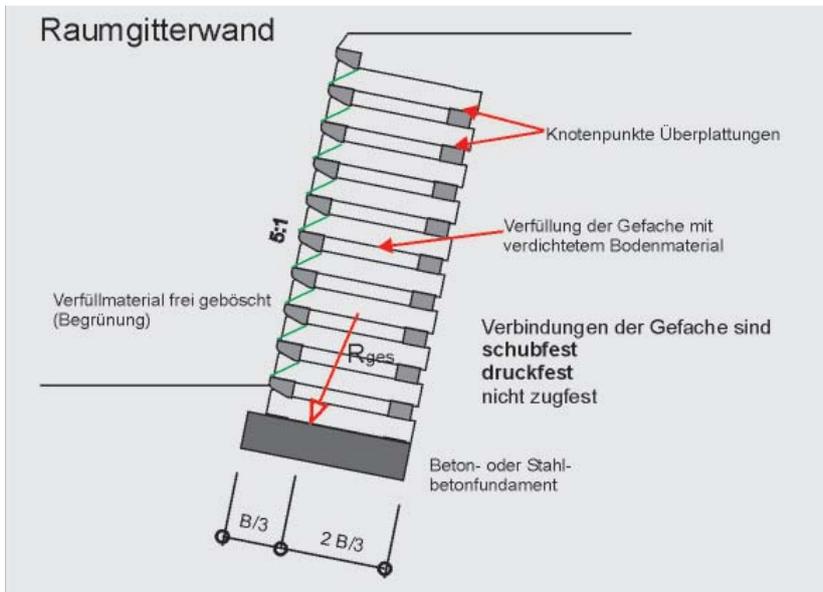
Traunsteiner Verbau

Ein Vorteil bei beiden Konstruktionen ist der rasche Aufbau – auch in relativ kurzen Abschnitten. Beim Traunsteiner Verbau werden natürliche prismatische, beim Steinsatz unregelmäßige Natursteinblöcke verwendet. In beiden

Die Struktur von Steinsätzen entsteht beim Versetzen eher zufällig, eine Druck- und Schubübertragung ist nur über einzelne, nicht zu definierende Punkte möglich.



Steinsatz



Struktur einer Raumgitterwandkonstruktion



Raumgitterwand RGW

Bei der Errichtung von Raumgitterwänden (Kraieinerwänden) entstehen klar definierte Strukturen, die Verbindung der einzelnen Elemente untereinander erfolgt druck- und schubfest. Die auf die Einzelteile und die Gesamtkonstruktion einwirkenden Kräfte können genau berechnet werden.

Dimensionierung und Sicherheitsnachweise

Dipl.-Ing. Peter Fuchs
Zivilingenieur für Bauwesen, Wals

1 Einführung

Stützwände in aufgelöster Bauweise haben in Österreich und im Alpenraum eine lange Tradition. Die Herstellung derartiger Bauwerke aus Stahlbetonfertigteilen und als technisch erfassbare und statisch berechenbare Baukörper beginnt jedoch erst Mitte der 70er-Jahre.

In den Forschungsarbeiten von Prof. Brandl ab 1980 [1] werden Rechenverfahren und Rechenmodelle erstmals beschrieben und festgelegt. Diese Regeln sind bis heute mit geringen Verfeinerungen gültig und in Verwendung.



Bild 1: „Ebenseer Krainerwand“ mit einer Höhe von ca. 6,0 m

2 Problemstellung

Begrünbare Stützkonstruktionen, für die im Heft 141, Bundesministerium für Bauten und Technik, Straßenforschung, erstmals der Überbegriff „Raumgitterwände“ verwendet wird, werden im Allgemeinen als Verbundkörper betrachtet, der aus einer Schichtung von Stahlbetonteilen und dem als Füllung verdichteten Bodenmaterial besteht.

Mehrere Parameter beeinflussen die Belastung von Raumgitterwänden, deren Einzelwirkung oft nur schwer abzuschätzen ist. Gegenüberstellungen verschiedener Werte für Wandhöhe, Geländeneigung, Verkehrslast und Reibungswinkel sollen ein Gefühl für deren Auswirkungen vermitteln.

Aus der großen Zahl von verschiedenen Wandsystemen muss für die Gegenüberstellung der Wirkungen von Parametern ein konkretes System ausgewählt werden.

Eine Stützwand nach dem System „Ebenseer Krainerwand“, eines der ältesten Wandsysteme, hat für Parametervergleiche passende Abmessungen, Dimensionierungen und Sicherheitsnachweise und wird daher in weiterer Folge als Rechenbeispiel herangezogen.

Alle Rechenansätze und Systemabmessungen beziehen sich auf die Ebenseer Krainerwand des Typs S2E mit einer Wandstärke von $B = 1,80\text{ m}$ und einer Wandneigung von 5:1.

Allen Raumgitterwänden ist gemeinsam, dass prinzipiell keine Zugkräfte in den Lagerfugen aufgenommen werden können. Die Gesamterresultierende muss daher die Aufstandfläche im Kern ($B/6$ -Bereich) treffen.

Weiters wird abweichend von Ortbetonwänden mit einem Wandreibungswinkel größer als $2/3$ jedoch maximal dem 1-Fachen des Winkels der inneren Reibung gerechnet:

$$2/3 \cdot \varphi < \delta \leq \varphi \tag{1}$$

3 Tragfähigkeit der Wand

Die Größe und Lage der Summe aller Kräfte, der so genannten Gesamterresultierenden einer Stützwand, wird vom Gewicht der Wandkonstruktion und von der Größe und Lage des aktiven Erddruckes an deren Rückseite beeinflusst.

3.1 Wandgewicht

Das Raumgewicht des Verbundkörpers setzt sich zusammen aus dem Gewicht des Füllbo-

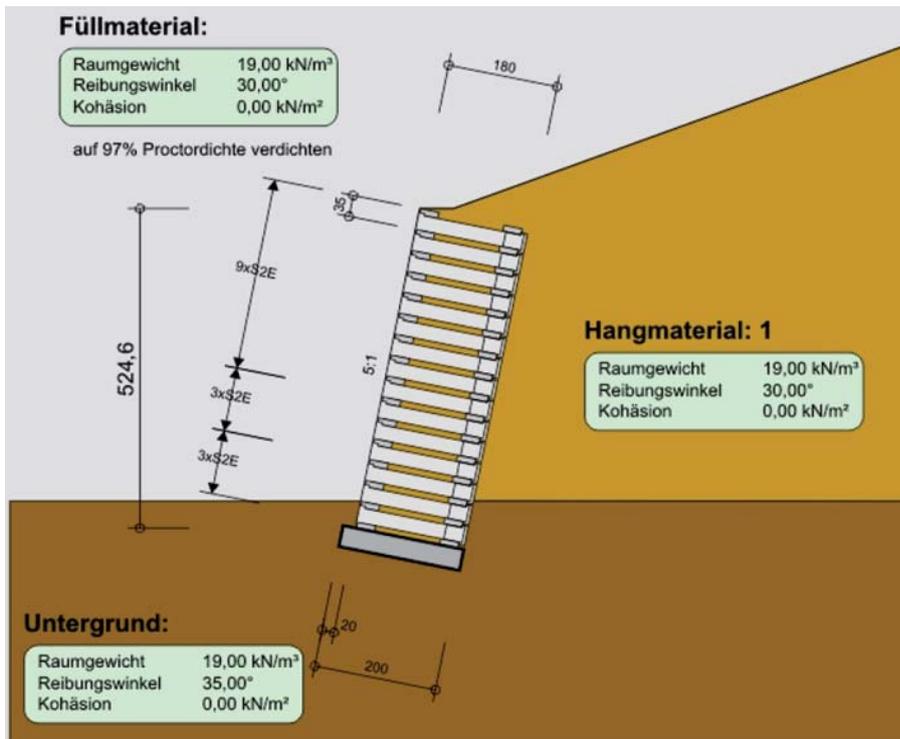


Bild 2: Wandsystem mit Bodenkennwerten

dens, der Betonfertigteile und der unvermeidlichen Hohlräume.

Die Krainerwand besteht aus:

- Füllmaterial 71 %
- Fertigteile 20 %
- Hohlräume 9 %
- mittleres Raumgewicht 18,4 kN/m³

3.2 Erddruckbeiwert

Für normale Fälle wie hier die Rechenbeispiele wird der aktive Erddruck nach der Formel (2) berechnet.

$$\lambda_{ah} = \frac{\cos^2(\rho - \alpha)}{\cos^2 \alpha} \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\rho + \delta) \sin(\rho - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2 \quad (2)$$

Bei unregelmäßig geformtem Gelände, geschichtetem oder kohäsivem Boden und bei großen Einzellasten ist der aktive Erddruck mittels Cullmann-Konstruktion zu ermitteln.

3.3 Parameter Wandhöhe

Das Wandgewicht nimmt linear mit der Höhe der Wand zu, der aktive Erddruck jedoch im Quadrat mit der Höhe.

Somit nimmt nicht nur die Absolutgröße der Gesamtergebnenden überproportional zu, sondern die Lage der Resultierenden verändert sich zusätzlich noch zum Ungünstigen. Bei einer Höhe von 6,0 m ist die Grenzhöhe erreicht.

Wird die Wandhöhe vergrößert, darf man sich nicht vorstellen, dass die Wandkrone nach oben, sondern die Aufstandfläche nach unten verschoben wird; es wird also ein unterer Wandabschnitt hinzugefügt.

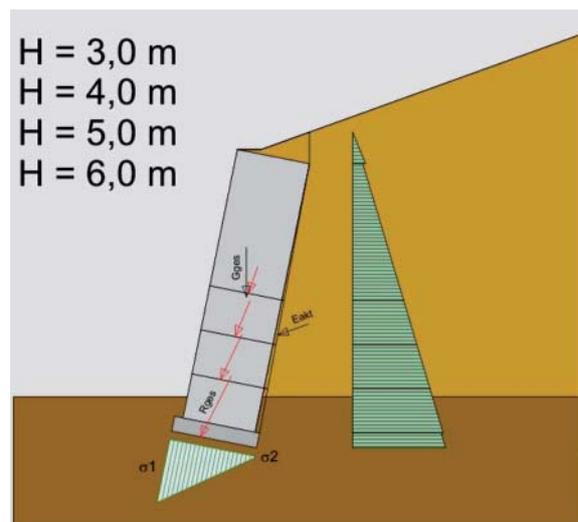


Bild 3: Einfluss der Wandhöhe

3.4 Parameter Geländeneigung

Mit steilerem Gelände oberhalb der Wandkrone nimmt der aktive Erddruck progressiv zu.

Als Beispiel werden 4 Werte für die Geländeneigung gerechnet. Bei Geländeneigungen nahe

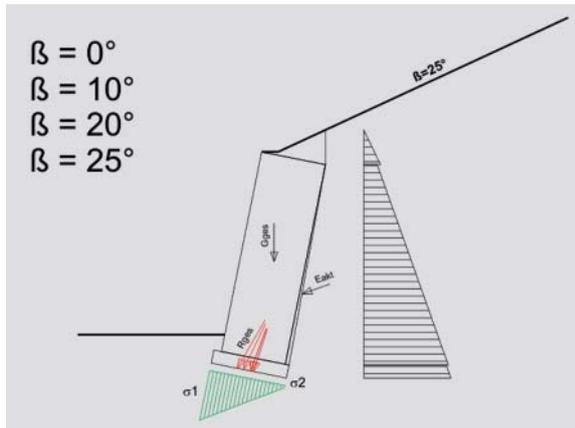


Bild 4: Einfluss der Geländeneigung

dem Winkel der inneren Reibung steigt der aktive Erddruck sehr stark an.

3.5 Parameter Verkehrslast

Verkehrslasten oberhalb einer Stützwand haben erstaunlich wenig Einfluss auf die Standsicherheit.

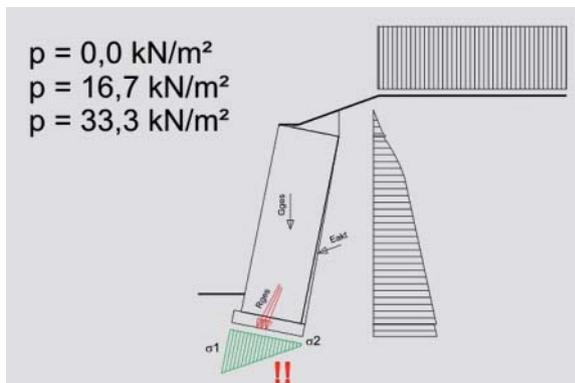


Bild 5: Einfluss der Verkehrslast

Man bekommt einen recht guten Eindruck von der Wirkung einer Verkehrslast, wenn man die Flächenlast wie eine gleich schwere Erdauflast darstellt.

3.6 Parameter Reibungswinkel

Der Winkel der inneren Reibung eines Bodenmaterials beeinflusst die Belastung von Stützwänden ganz wesentlich, da damit auch der Wandreibungswinkel festgelegt wird.

Nicht nur die Größe der Erddruckkraft nimmt mit kleinerem Reibungswinkel zu, sondern auch das aktive Moment wegen der flacheren Erddruckresultierenden.

Im vorliegenden Rechenbeispiel liegt die Gesamterdrückkraft bei einem Winkel der inneren

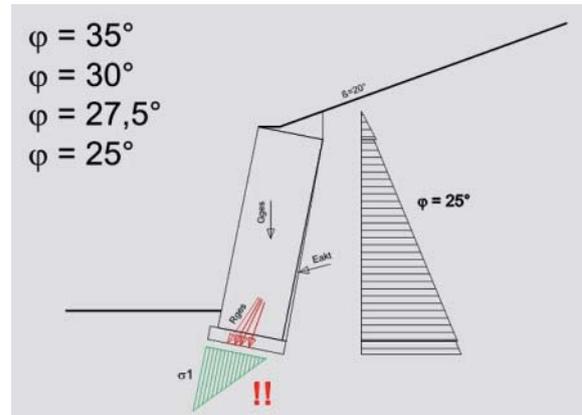


Bild 6: Einfluss des Winkels der inneren Reibung

Reibung von $\phi = 25^\circ$ bereits außerhalb der Kernfläche.

4 Tragfähigkeit des Untergrundes

Alle bisherigen Nachweise sind davon ausgegangen, dass der Untergrund, d. h. der Boden unterhalb der Fundamentsohle, ausreichend tragfähig ist.

Eine Gegenüberstellung der Rechenergebnisse mit verschiedenen Bodenparametern vermittelt ein Gefühl für die Wirkung dieser Parameter.

4.1 Grundbruch nach ÖNORM B 4432

Die Tragfähigkeit des Untergrundes wird nach ÖNORM B 4432 beurteilt.

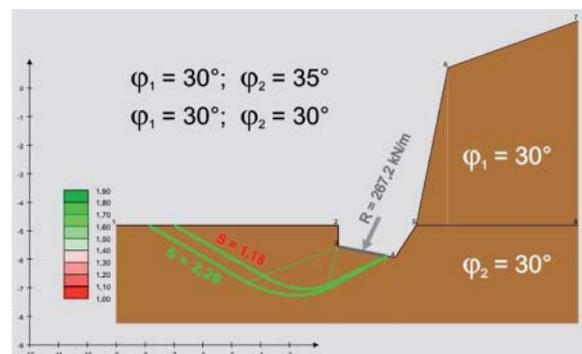


Bild 7: Grundbruch nach ÖNORM B 4432

Die Grundbruchsicherheit ist abhängig von:

- Bodenkennwerten (γ , ϕ , c)
- Größe und Form des Fundamentes
- Gründungstiefe und Form des Vorgeländes
- Neigung und Größe der Resultierenden R

4.2 Geländebruchsicherheit nach ÖNORM B 4433

Gleitkreisuntersuchungen nach ÖNORM B 4433 prüfen die Gesamtstabilität des Hanges einschließlich der Stützkonstruktion vor dem Hang.

Linien gleicher Sicherheit im Hang (Isosicherheiten) sind als Darstellung sehr hilfreich, um die notwendige Einbindetiefe von Stützwänden festzustellen.

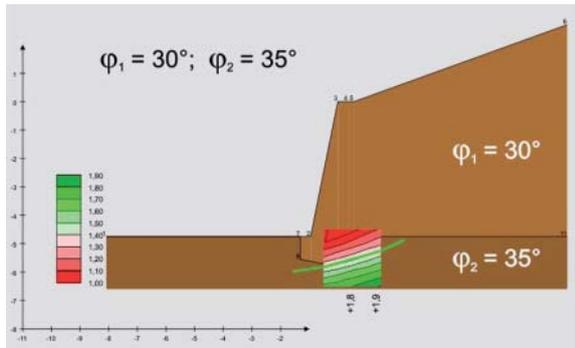


Bild 8: Linien gleicher Sicherheit (Isosicherheiten)

Im vorliegenden Rechenbeispiel wird gezeigt, dass für den angenommenen schlechteren Boden eine um ca. 1,0 m größere Einbindetiefe erforderlich ist, um die geforderte Mindestsicherheit von $s = 1,40$ zu erreichen.

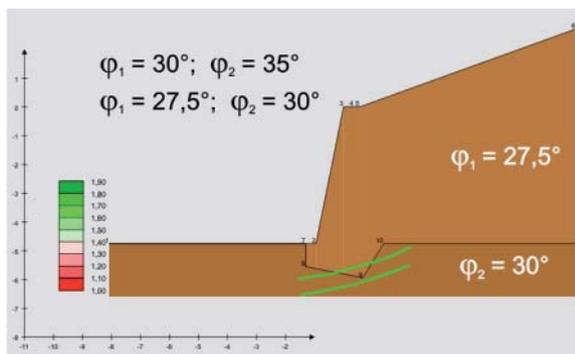


Bild 9: Geländebruchsicherheit nach ÖNORM B 4433

Die Geländebruchsicherheit ist abhängig von:

- Bodenkennwerten (γ , φ , c)
- Geländeform des gesamten Hanges
- Verteilung der Bodenkennwerte
- äußere Lasten auf den Hang

5 Nachweis einer „NEW-Wand“

Am Beispiel einer begrünbaren Stützwand System „NEW-Wand“ werden zusammenfas-

send alle erforderlichen Nachweise geführt und grafisch dargestellt.

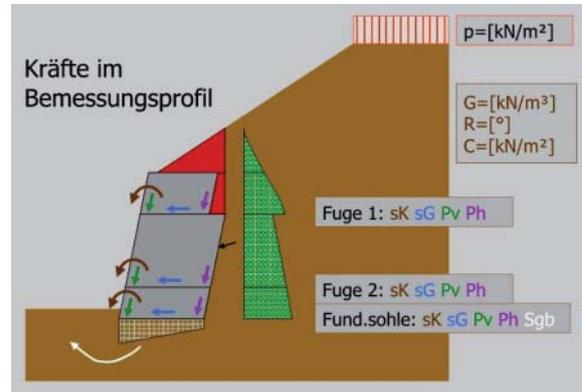


Bild 10: Nachweise einer NEW-Wand

Eine Besonderheit von Stützwänden dieser Art ist, dass der tragende Körper aus einem Verbundkörper aus verdichtetem Boden und Lagen von zugfesten Geogittern besteht. In diesem Fall sind auch Gleitflächen nach ÖNORM B 4433 durch den Verbundkörper der Stützwand zu untersuchen, für die dann die Zugkräfte der Geogitter als äußere Lasten der Gleitkreise zu berücksichtigen sind.

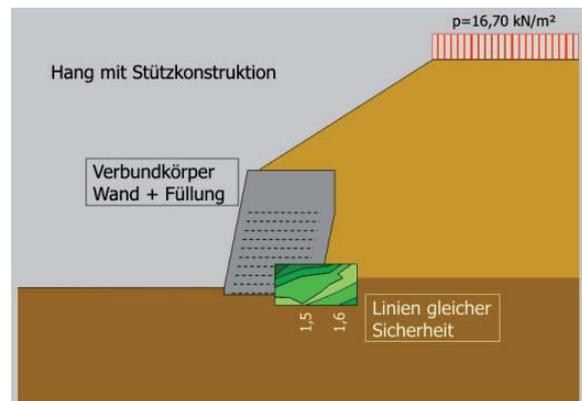


Bild 11: Gleitkreise durch den Verbundkörper

6 Ausführungsbeispiele

Mithilfe der gezeigten Nachweise und diverser anderer Möglichkeiten, optimale Lösungen zu finden, entstand eine große Zahl von begrünbaren Stützwänden innerhalb und außerhalb Österreichs, unter anderem in

- Italien
- Spanien
- Korea.

7 Zusammenfassung

Für begrünbare Stützwände gelten ähnliche Regeln wie für konventionelle Schwerkheitsmauern mit folgenden zusätzlichen Randbedingungen:

1. Der Wandkörper kann keine Zugkräfte in den Lagerfugen aufnehmen. Die Gesamtergebnisierende muss daher die Aufstandfläche im Kern treffen.
2. Wegen der rauen Wandrückseite wird abweichend von Ortbetonwänden mit einem höheren Wandreibungswinkel gerechnet.
3. Bei Wänden nach dem System „NEW“ sind auch Gleitkreise zu untersuchen, die den Wandkörper durchschneiden.

Die Variation mehrerer Parameter soll ein Gefühl für deren Auswirkungen vermitteln.

Einige Ausführungsbeispiele außerhalb Österreichs werden im Folgenden gezeigt.



Bild 12: NEW-Wand in Alicante (Spanien)



Bild 13: RGW-Wand nahe Seoul (Korea)



Bild 12: NEW-Wand in Norditalien

Referenzen

- Borowicka, Hubert, Prof. Dr., Technische Hochschule Wien: Verfahren zur Ermittlung der Standsicherheit einer Böschung – Sonderdruck.
- Brandl, Heinz, Prof. Dr.: Tragverhalten und Dimensionierung von Raumgitterstützmauern (Krainerwänden). Heft 141, Bundesministerium für Bauten und Technik, Straßenforschung, Wien 1980.
- Brandl, Heinz, Prof. Dr.: Raumgitter-Stützmauern (Krainerwände), Großversuche, Baustellenmessungen, Anwendungsbeispiele, Berechnung, Konstruktion, Bauausführung. Heft 208, Bundesministerium für Bauten und Technik, Straßenforschung, Wien 1982.
- Brandl, Heinz, Prof. Dr.; Dalmatiner, Jörg, Dipl.-Ing. Dr.: Stützmauersystem „NEW“ und andere Konstruktionen nach dem Boden-Anker-Verbundprinzip. Heft 280, Bundesministerium für Bauten und Technik, Straßenforschung, Wien 1986.
- Opladen, Klaus, Beratender Ingenieur VBI, BDB, Köln: Aktiver Erddruck und Ruhedruck. Baumeister- und Ingenieurs-Verlags GmbH, Bonn 1964.
- DIN 4048, 1981, Subsoil, Calculations of terrain rupture and slope rupture, Part 1 and Part 2, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- ÖNORM B 4433, 1987, Erd- und Grundbau, Böschungsbruchberechnung, Österreichisches Normungsinstitut, A-1021 Wien.
- Vogeltanz, Rudolf, Dr., Amt der Salzburger Landesregierung, Geologischer Dienst; Fuchs, Peter, Dipl.-Ing.: Baugeologischer Bericht über den Ausbau des Bauloses „Lammeröfen“, Lammertal-Bundesstraße (Salzburg) – Sonderdruck, Salzburg 1975.
- ZULASSUNGSBESCHEID, 1990, Bewehrte Bodenkörper mit Tensar-Geogittern aus HDPE, Institut für Bautechnik, D-1000 Berlin.

ZEMENT

BETON

4/06

Infrastruktur
Architektur
Transportbeton
Fertigteile

Die Fachzeitschrift für Innovation und Anwendung
im Bereich Zement und Beton

Gratisabo
zement@zement-beton.co.at

Anwendungen in der Praxis beim Tiroler Güterwegebau

HR Dipl.-Ing. Friedrich Heidenberger
Abteilung Ländlicher Raum, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck

Der Aufgabenbereich der Abteilung „Ländlicher Raum“ beim Amt der Tiroler Landesregierung erstreckt sich unter anderem auf die Beratung für Erschließungsvorhaben, auf Sanierungs- und Ausbauvorschläge im bestehenden Straßennetz sowie auf die Projektierung und Ausschreibung von neuen Straßen und Güterwegen.

- Notwendigkeit einer flexiblen Anpassung an das Gelände, die Linienführung und Nivelette
- einfache technische Ausführbarkeit
- Einpassung an das Landschaftsbild
- Begrünung und Bepflanzbarkeit gefordert
- modularer Aufbau im Taktverfahren



Hochhäuserstraße, Gemeinde Weerberg

Sanierung einer Gemeindestraße mit starken talseitigen Setzungen auf einer Länge von ca. 110 m, verursacht durch den schlechten geologischen Untergrund, mangelnde Bankette und übersteile talseitige Böschungen.

Die Bauvorhaben werden entweder als Eigenregiebaustellen unter Einbindung der jeweiligen Weggenossenschaft und Interessentenschaft durchgeführt oder an externe Unternehmen vergeben. Bei einer Vergabe werden die örtliche Bauaufsicht und die Abrechnung der Bauvorhaben durch die Abteilung wahrgenommen. Darüber hinaus werden Leistungen im Förderungsdienst erbracht.

Im Jahre 2006 wurden im Rahmen der einzelnen Programme zur Erschließung des ländlichen Raumes mit Gesamtkosten von 14,5 Mio. € insgesamt 24,5 km öffentliche Interessentenstraßen und Güterwege neu errichtet.

Zusätzlich wurden zur Sanierung von Hochweterschäden 40 Bauvorhaben mit Sanierungskosten in Höhe von ca. 3,5 Mio. € abgewickelt.

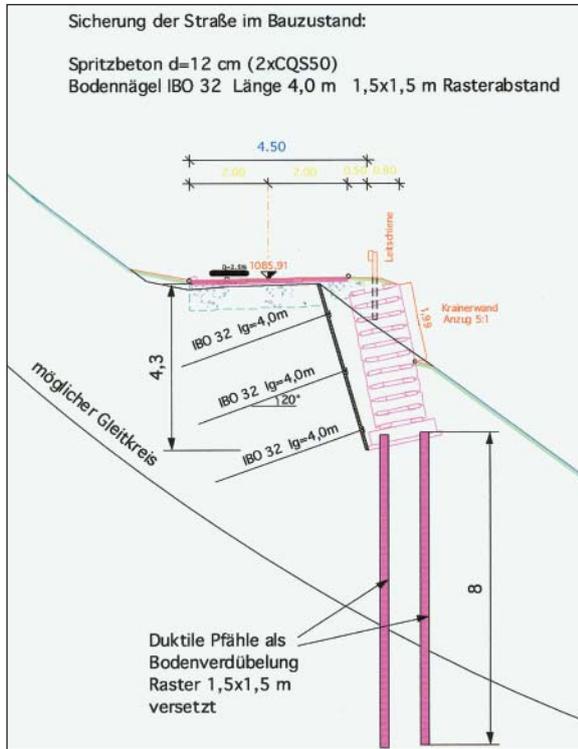
Raumgitterwände (Krainerwände) werden im Zuge von **projektierten Bauvorhaben** vor allem bei Zutreffen der nachstehend angeführten Rahmenbedingungen angewandt:

- talseitige Stützkonstruktion
- geologisch schwierige Verhältnisse



Bisherige Sanierung der Absetzungen durch Aufkeilung des talseitigen Randes mit Profilmischgut, Stärke insgesamt bis zu 80 cm

Die Entscheidung für eine nachhaltige Sanierung erfolgte nach einer Begehung mit Gemeinde, Güterwegebau und Geotechniker im Oktober 2006. Nach der Aufnahme von Querprofilen und der Herstellung eines Probeschurfes wurde ein Sanierungsquerschnitt erstellt und die Regelung der Oberflächenwässer festgelegt. Die Festlegung auf die Verwendung einer Betonkrainerwand als Stützbauwerk wurde im November 2006 vorgenommen, Baubeginn war Anfang März.



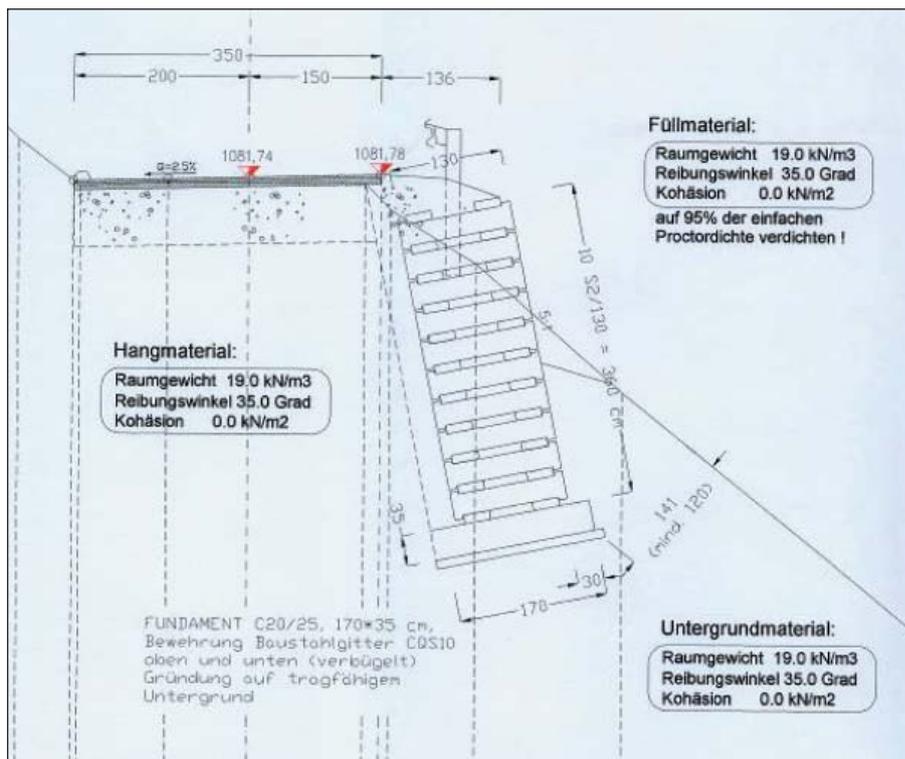
Bauzustandssicherung:
 Planung Dipl.-Ing. Wietek, Sistrans



Offener Abtrag auf ca. 1,5 m Tiefe,
 Baugrubensicherung



Weiterer Abtrag bis auf Sohlentiefe,
 2. Stufe Baugrubensicherung



Regelquerschnitt Rieder
 Krainerwand



Rammen von duktilen Pfählen in der Baugrubensohle



Einbinden der Pfahlköpfe in die Fundamentbewehrung



Betonieren der Fundamentabschnitte
(Länge jeweils 5 m)

Weitere Arbeitsschritte: Aufbau der Krainerwand, Einbau einer Drainage sowie Füllung und Hinterfüllung der Krainerwand

Projekt Hochgenein

Neuerrichtung einer Verbindungsstraße in geologisch schwierigem Gelände – Rutschungsbe-
reich Sumpfkopf.



Auf der geplanten Trasse wurden in insgesamt 3 Abschnitten talseitige Krainerwände errichtet.

Krainerwand 1: Länge 32 m,
maximale Höhe 4,3 m

Krainerwand 2: Länge 145 m,
maximale Höhe 5,55 m

Krainerwand 3: Länge 84 m,
maximale Höhe 6,25 m

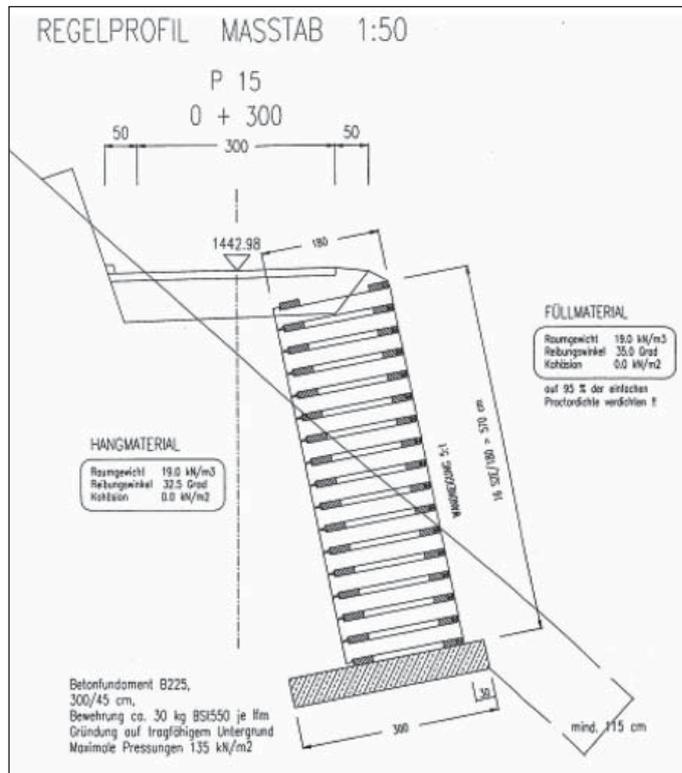
Es kamen Krainerwände mit einem Gesamtaus-
maß von ca. 1.100 m² zur Ausführung.

Aufgrund der unsicheren Untergrundverhält-
nisse wurde im Zuge der Projektierungsarbeiten
ein bodenkundliches Gutachten für die Fun-
dierung und Standsicherheit der Krainerwände
beauftragt.



Abtrag und Baugrubensicherung

Regelquerschnitt Krainerwand 3



Sicherung der Fundamentplatte durch Pfähle GEWI 50 und schräge Anker IBO 38



Voreilende Fundamenterstellung und beginnender Aufbau der Krainerwand



Projekt Hochgenein nach Fertigstellung

Rutschungssanierungen:

Bei der Sanierung von Böschungsrutschungen sind für den Einsatz von Raumgitterkonstruktionen folgende Kriterien maßgebend:

- schnelle Reaktionsmöglichkeit
- sofortige Ausführungsplanung
- schnellstmögliche Ausführung der Sanierung
- flexible Anpassung an das Gelände, die Linienführung und Nivelette
- Errichtung unter Verkehr



Wir bauen bereits seit 35 Jahren Krainerwände nach dem System „EBENSEER“. Die Errichtung erfolgte großteils in instabilem, schwierigem Gelände – trotzdem gibt es keine Schadensfälle.

Aufgrund der durchwegs guten Erfahrungen ist von der Abteilung „Ländlicher Raum“ auch für die Zukunft geplant, Krainerwände der Betonwerk Rieder GmbH zu verwenden.



DIE RIEDER GRUPPE

- > Fertigelemente
- > Raumgitterwände
- > Lärmschutz
- > Pflaster | Großformatplatten
- > Glasfaserbeton (fibre C)



Betonwerk Rieder GmbH | Mühlenweg 22 | A-5751 Maishofen | Tel.: 06542 690 - 0 | Fax: DW - 28 | e-mail:office@rieder.at

Ausgeführte Bauvorhaben und neue Produkte

Ing. Walter Herzog

Betonwerk Rieder, Maishofen, www.rieder.at

Die Betonwerk Rieder GmbH befasst sich seit Jahrzehnten erfolgreich mit der Herstellung, Anwendung und Weiterentwicklung von begrünbaren Stütz- und Lärmschutzkonstruktionen aus Beton.

Die qualitativ hochwertigen Produkte und das langjährige Knowhow auf diesem Gebiet sowie die erfolgreiche Zusammenarbeit mit namhaften Planungsbüros und Auftraggebern versetzen uns in die Lage, Problemlösungen für nahezu jeden Anwendungsfall im Straßen-, Landschafts- und Bahnbau anbieten zu können.

Raumgitterwände sind anspruchsvolle, komplexe Ingenieurbauwerke und erfordern wegen der in der Regel geringen Dimension der Bauteile, der Beanspruchung durch Erddruck und Verkehrslasten eine besondere Sachkenntnis

beim Entwurf, bei der Bemessung und bei der Herstellung der Fertigteile. Rieder bietet daher jeweils ein „Systempaket“ bestehend aus Planung, Herstellung und Lieferung der Fertigteile sowie Anwendungstechnik an.

Die umfangreiche Produktpalette der Betonwerk Rieder GmbH reicht von der seit Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannten „Kraingerwand“ über die Raumgitterwand, Stützwandsysteme nach dem Boden-Anker-Verbundprinzip bis hin zu auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmten Sonderkonstruktionen.

Selbstverständlich unterliegen auch die etablierten Produkte wie zum Beispiel die „Kraingerwand“ einer laufenden Weiterentwicklung und Anpassung an den jeweiligen Stand der Technik.



Bild 1: Stützkonstruktion „Welscher Verbau“, A8 Westtangente Wels. Foto: Darren Penrose

Nachstehend werden einige ausgewählte Stützwandsysteme anhand ihrer typischen Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten vorgestellt.

Krainerwand

Die „Krainerwand“ eignet sich auf Grund ihrer kleinen Fertigteileabmessungen, der geringen Stückgewichte und der optimalen Anpassungsfähigkeit an die örtlichen Gegebenheiten vor allem für kleinere und mittelgroße Stützkonstruktionen. Das System wird hauptsächlich im Forst-

und Güterwegebau, für Wände im innerstädtischen und auch privaten Bereich angewandt.

Raumgitterwand RGW

Das System „Raumgitterwand RGW“ ist eine Weiterentwicklung der herkömmlichen Krainerwand. Die größer dimensionierten Fertigteile ermöglichen Betondeckungen über der Bewehrung von 4,6 cm (Standard) oder größer. Wie auch die Fertigteile aller anderen Systeme werden auch die Raumgitterwandteile in der Beton-



Bild 2: Krainerwand, Straße Hochgmein, Gemeinde Schmirrn/Tirol. Foto: Dipl.-Ing. Heidenberger



Bild 3: Raumgitterwand, A9 Pyhrnautobahn bei Objekt PY 68.1 Teichlbrücke. Foto: Walter Herzog

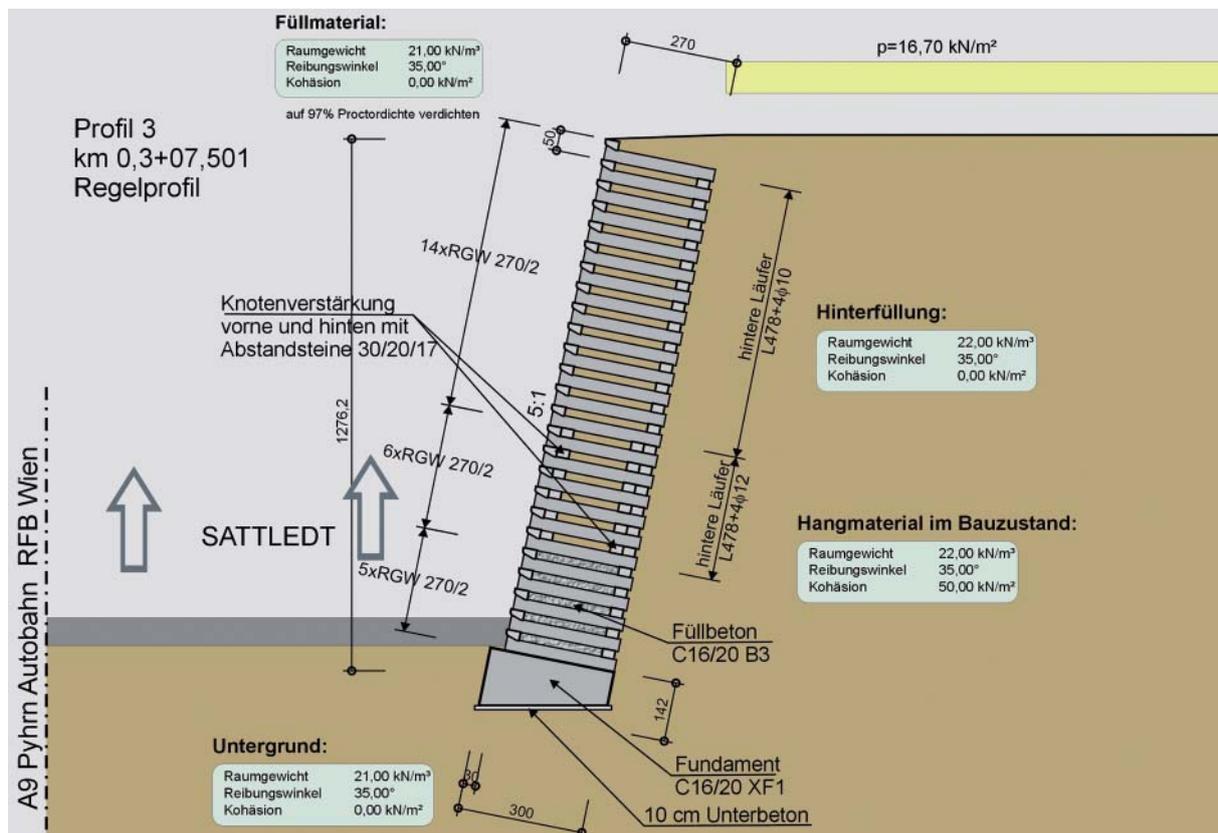


Bild 4: Raumgitterwand A9 Pyhrnautobahn bei Objekt PY 68.1 Teichlbrücke Regelquerschnitt

güte C30/37, XC2, XD1, XF2 hergestellt. Eine laufende Eigenüberwachung und Prüfungen durch staatlich akkreditierte Prüfanstalten gewährleisten eine gleich bleibende Qualität.

Die Raumgitterwand RGW eignet sich vor allem für Stützkonstruktionen im Einschnitt. Auf Grund der Typenvielfalt des Systems können nahezu alle statischen und konstruktiven Anforderungen abgedeckt werden. Die Einbautiefen (Binderlängen) betragen 130, 200, 235 oder 270 cm. Es stehen drei Läufer Typen (278, 398 und 498 cm Länge) zur Verfügung. Somit kann die Raumgitterwand auch in Längsrichtung optimal an die örtlichen Verhältnisse angepasst werden.

Je nach Anlageverhältnissen kann die Raumgitterwand für Höhen bis zu ca. 12,0 m angewandt werden (unverankerter Zustand). Für größere Bauhöhen ist eine Verankerung möglich.

Die konstruktiven Anforderungen des Merkblattes der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (BRD) an Raumgitterkonstruktionen sowie die einschlägigen Normen für Bemessung und Dimensionierung werden vom System RGW erfüllt.



Bild 7: Raumgitterwand, Kreisstraße El 9 Gaimersheim nach Fertigstellung. Foto: Walter Herzog



Bild 5: Raumgitterwand, A9 Pyhrnautobahn bei Objekt PY 68.1 Teichlbrücke, Verlegebeginn Wandtype RGW 270/2-5. Foto: Walter Herzog



Bild 8: Raumgitterwand, A9 Pyhrnautobahn Bereich St. Pankraz. Foto: Walter Darren Penrose



Bild 6: Raumgitterwand, Kreisstraße El 9 Gaimersheim/BRD, Bauzustand. Foto: Walter Herzog

Produktgruppe NEW-Wände:

Bei dieser Produktgruppe handelt es sich um Stützkonstruktionen nach dem Boden-Anker-Verbundprinzip. Die Systeme bieten sich vor allem für den Einsatz im Zuge von Rampenschüttungen bei beengten Platzverhältnissen und dergleichen an.

Die Auswahl reicht von kleingliedrigen Fertigteilen wie z. B. NEW Junior (Rastermaß 125 x 33 cm) über das System NEW Midi (240 x 33 cm) bis hin zu großformatigen Fertigteilen wie den „Welser Verbau“ mit einem Rastermaß von 540 x ca. 150 cm.

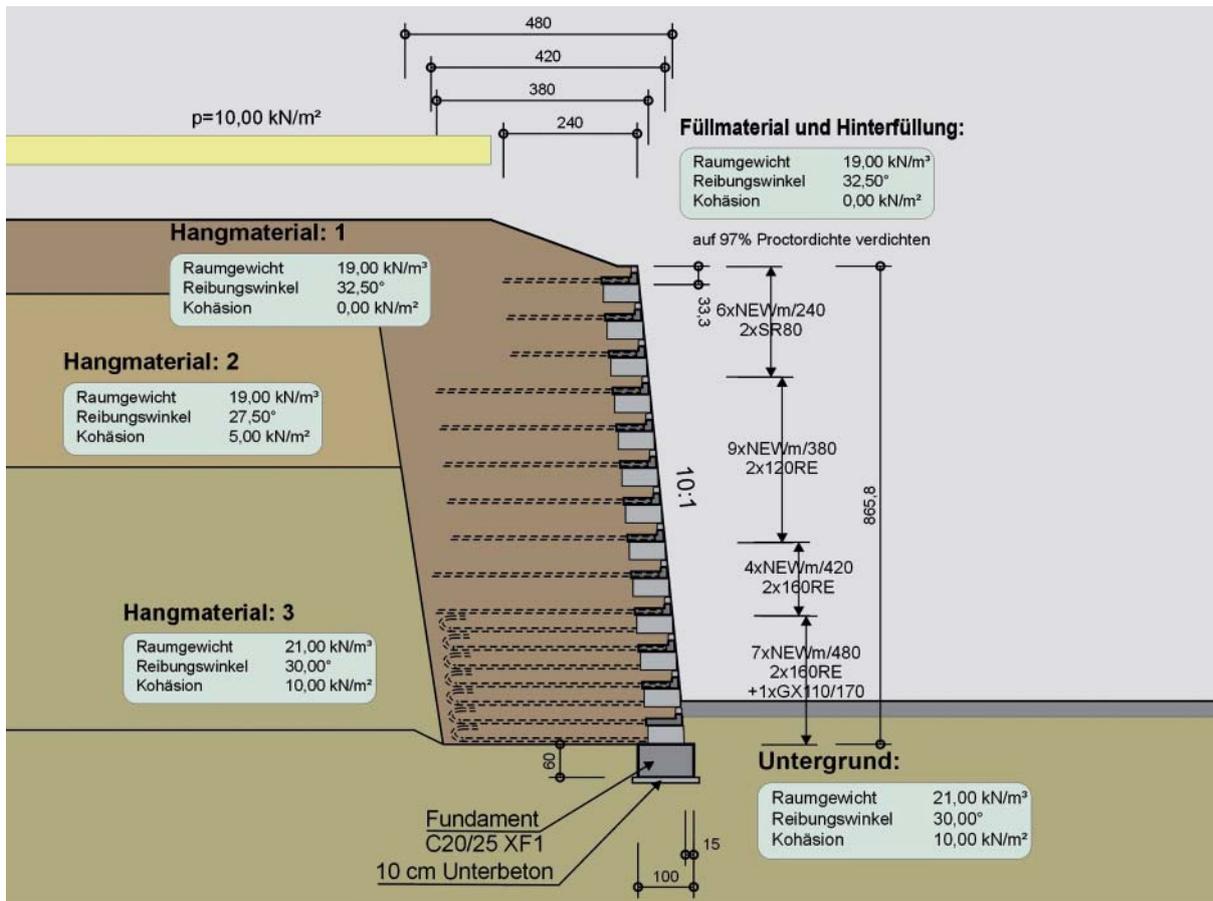


Bild 9: NEW-Midi-Geogitter-Stützwand, Geltingerstraße Markt Schwaben, Regelquerschnitt

NEW-Wände bestehen grundsätzlich aus luftseitigen Stahlbetonfertigteilen und aus in der Hinterfüllung eingebetteten Geogittern. Zur Verwendung gelangen üblicherweise einaxial gereckte Geogitterbahnen aus Polyethylen hoher Dichte. Die Länge der Hauptbewehrung, der Lagenabstand und die Festigkeitseigen-

schaften ergeben sich in Abhängigkeit von den örtlichen Randbedingungen (Wandgeometrie), den Auflasten und den Eigenschaften des anstehenden und für die Schüttung verwendeten Bodens.

Für das im Betonfertigteil eingebaute und verankerte Primär-Geogitter wird jeweils die Type mit der höchsten Festigkeit verwendet. Die Verbindung der eingebauten Geogitter mit der Hauptbewehrung erfolgt mittels einer kraftschlüssigen Steckstabverbindung.

Die drei Hauptkomponenten Frontelement, Bodenbewehrung und Verbindung müssen aufeinander abgestimmt sein.

NEW-Geogitter-Stützwände werden üblicherweise wie auch alle anderen Raumgitterkonstruktionen mit Wandneigungen

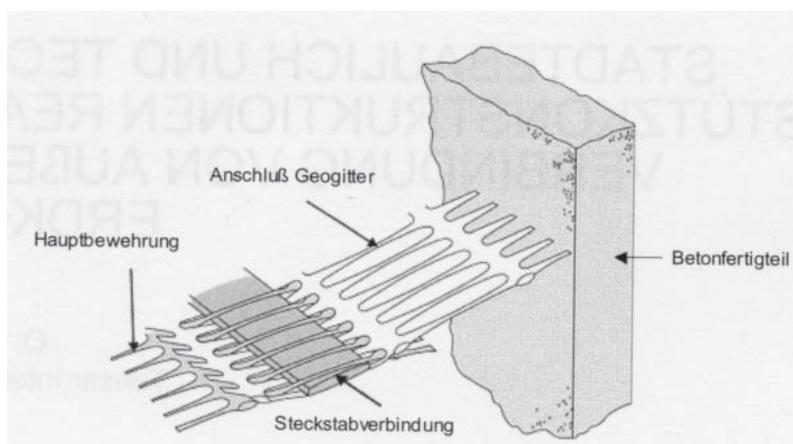


Bild 10: Kraftschlüssige Verbindung der Geogitter – Hauptbewehrung mittels Steckstab

zwischen 4:1 (ca. 76°) und 10:1 (ca. 84°) ausgeführt. Beim Bauvorhaben Geltingerstraße, Markt Schwaben, war es aus abstandstechnischen Gründen notwendig, die Neigungen innerhalb der Wand zwischen 5:1 und 10:1 zu variieren. Durch die geschwungene Grundrissform der Wand stellte diese Ausbildung eine besondere Herausforderung an den Planer bei der Absteckungsplanung und an die ausführende Firma bei der Verlegung dar.



Bild 11: NEW-Midi-Geogitter-Stützwand, Geltingerstraße Markt Schwaben, Bauzustand. Foto: Walter Herzog



Bild 12: NEW-Midi-Geogitter-Stützwand, begrünt Rampen Urreiting BA II. Foto: Walter Herzog

Die Fronten von Stützbauwerken nach dem Boden-Anker-Verbundprinzip werden vereinzelt auch mit anderen Materialien wie z. B. Drahtgitterkörben, Baustahlgitterkonstruktionen oder nach der Umschlagmethode ausgeführt. Der Nachteil dieser Systeme gegenüber der Konstruktion NEW besteht in der Hauptsache aus einer „weichen“ Front und damit verbundenen Verformungen. Diese Verformungen können darüber hinaus zu unerwünschten Setzungen führen.



Bild 13: Verformung einer Stützkonstruktion mit Stahlgitterfront

Weitere Vorteile der NEW-Systeme sind unter anderem wenig Angriffspunkte für Vandalismus, hohe Brandbeständigkeit, UV-Beständigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Frost-Tausalz-Beständigkeit und gute Begrünbarkeit.

Welser Verbau

Alle vorstehend angeführten Vorteile vereint das System „Welser Verbau“ in sich, welches erstmals an der A8, Westtangente Wels, als Variante zum Amtsentwurf im Ausmaß von ca. 17.000 m² ausgeführt wurde.

Im Urprojekt waren verankerte Bohrpfehlwände mit besonders gestalteten Verkleidungsfertigteilen geplant. Gemeinsam mit der ausführenden Firma wurde ein kostengünstigerer Sonder-vorschlag in Anlehnung an die Architektur des Amtsentwurfes ausgearbeitet.

Zur Ausführung gelangten letztendlich großformatige Stahlbetonfertigteile, welche in Verbindung mit den im Schüttmaterial eingebetteten Geogittermatten eine Stützkonstruktion nach



Bild 14: Stützkonstruktion „Welser Verbau“, A8 Westtangente Wels. Foto: Darren Penrose

dem Boden-Anker-Verbundprinzip bilden. Selbstverständlich wurden alle architektonischen und vor allem technischen Vorgaben des Auftraggebers penibel eingehalten. In kleinen Teilbereichen der Wände war es aus

Gründen der Belastung durch oberhalb der Stützwand befindliche Bauwerke nicht möglich, gänzlich auf eine Absicherung durch eine aufgelöste, verankerte Bohrpfehlwand zu verzichten.

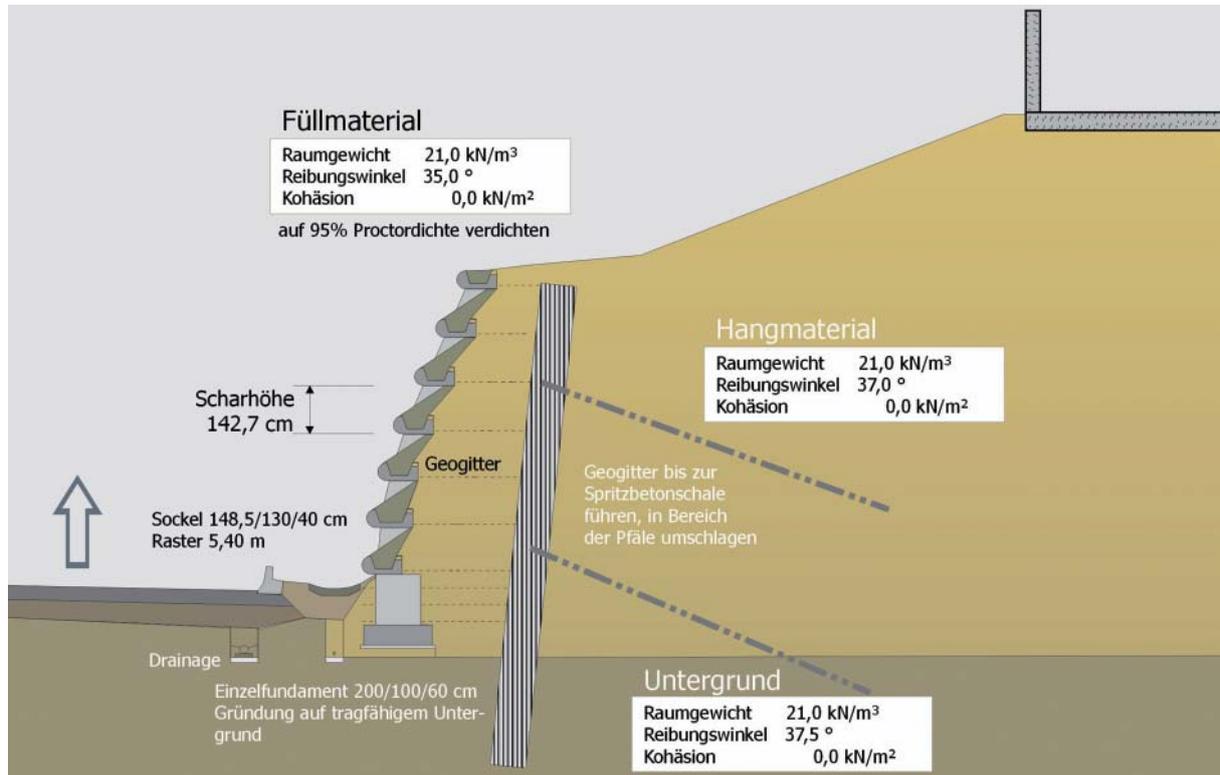


Bild 15: Regelquerschnitt „Welser Verbau“ mit verankerten Bohrpfehlen

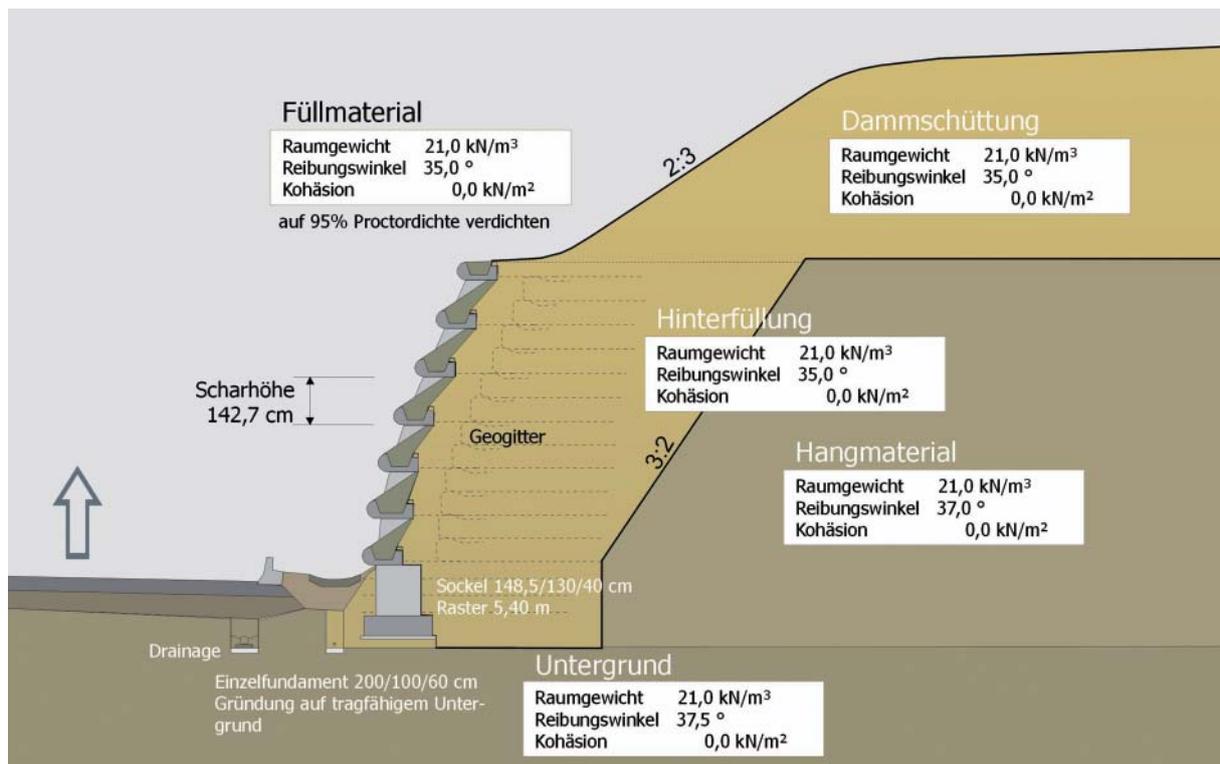


Bild 16: Ausgeführter Regelquerschnitt „Welser Verbau“

Rieder Paneelwand

Beim Bauvorhaben „Rampe Selzthal“, welche zum kreuzungsfreien Ausbau eines Eisenbahnüberganges dient, wurden unter engsten räumlichen Verhältnissen 4 Stützbauwerke unter



Bild 17: „Rampe Selzthal“, NEW-Junior-Stützwand nach Fertigstellung. Foto: GTB Anif

Verwendung von Betonfertigteilen und Geogittern errichtet.

Zur Ausführung gelangten drei Wände aus rückverhängten Stahlbetonpaneelen sowie eine Stützwand nach dem System NEW Junior.

Die Paneelwände haben eine Höhe von bis zu 7 m und wurden mit einer Neigung von ca. 88° erstellt und weisen an der Sichtseite eine sickenartige Brettstruktur auf. Es ist bei den Paneelen jede vom Planer erwünschte Oberfläche machbar, unter anderem können bei Bedarf auch Lärmschutzabsorber aus Holzbeton zur Ausführung gelangen.

Das begrünbare System NEW Junior ist zur Bebauung hin situiert und weist ebenfalls eine Höhe von bis zu 7 m bei einer Wandneigung von 10:1 (ca. 74°) auf.

Beide Systeme benötigen eine relativ sparsame Flachfundierung aus bewehrten Streifenfun-

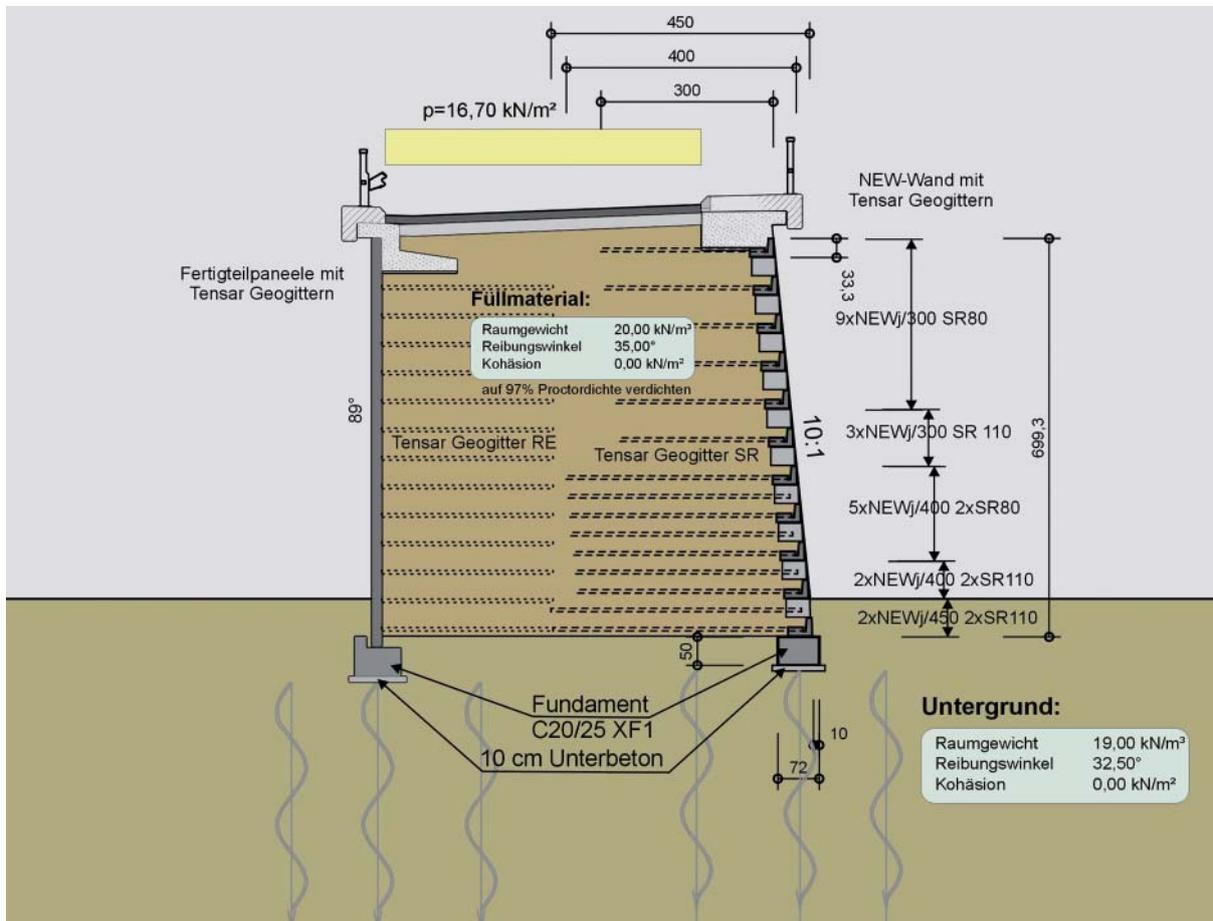


Bild 18: Regelquerschnitt „Rampe Selzthal“, NEW-Junior- und Paneelwand

damenten. Um unerwünschte Setzungen zu vermeiden, werden im konkreten Fall zusätzlich untergrundverbessernde Maßnahmen in Form von Rüttelstopfsäulen vorgenommen.



Bild 19: NEW-Junior-Stützwand und Paneelwand im Bauzustand. Foto: GTB Anif

Raumgitterwandsysteme RUW

Ing. Hans Duregger
 SW Umwelttechnik, Lienz, www.sw-umwelttechnik.at

Die Fertigteilstützwand mit dem größten Grünanteil hat sich bei vielen Hangverbauungs- und Böschungssicherungsmaßnahmen bestens bewährt.



Raumgitterwand: Umfahrung Zell am See

Unser Werk in Lienz stellt seit ca. 30 Jahren Stützwandkonstruktionen her und aus der allseits bekannten Beton-Krainerwand, abgeleitet aus der alten Holzkastenkonstruktion, wurden weitere Verbauungssysteme entwickelt.



So entstand aus der Läufer-Binder-Konstruktion ein H-Rahmen, das sehr massive Kastenkrainerelement – bereits mit dem statischen Vorteil der



steifen Rahmenkonstruktion, aber mit großen Betonansichtsflächen. Dieses System findet trotzdem Anwendung bei Güterwegbauten und Sanierungen, im talseitigen und somit nicht sofort augenscheinlichen Böschungsbereich.

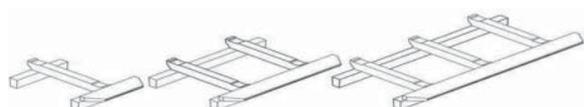
Ein weiterer Schritt in diese Richtung war dann die Entwicklung der Raumgitterwand RUW. Die ursprüngliche Idee der Krainerwand wurde in ein Rahmenelement eingebunden. Das heißt, an die großzügig dimensionierten Läufer- und Binder-Elemente werden bis zu 3 Stk. Binderelemente anbetoniert.

Die Fertigung erfolgt in Stahlschalungen, der dabei verwendete Beton ist ein C30/37, XC2, XD1, XF4.

Die Betonelemente werden lt. Angaben der Systemstatik bewehrt ausgeführt und dabei wird auf die normgerechten Betonüberdeckungen besonderes Augenmerk gelegt.

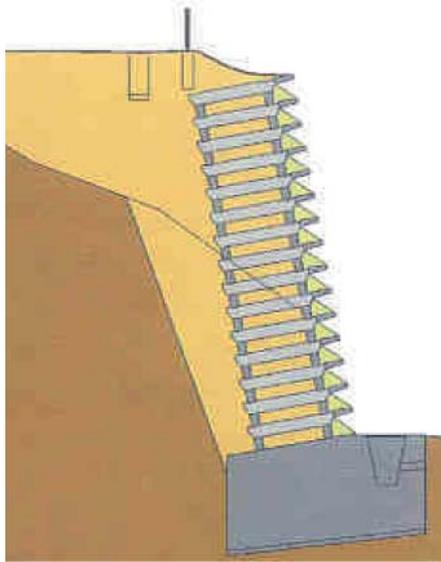


Die Elementlängen sind so abgestuft, dass doppelzellige und einzellige Rahmen, aber auch Einzelteile entstehen und dadurch ein Verlegen im Verband, sowie eine gute Längenanpassung möglich werden. Um den unterschiedlichen Anforderungen aus der Einbausituation und den verschiedenen statischen Anforderungen gerecht zu werden, wird die Raumgitterwand zusätzlich noch in zwei verschiedenen Einbautiefen gefertigt.



Ein dem Rahmenteil vorgesetztes Humuspaneel ermöglicht eine ausgezeichnete Begrünung der Wandansichtsfläche und trennt außerdem das vegetationsfähige Humusgemisch an der Wandvorderseite vom hinteren statisch wirksamen und mit sickerfähigem Bodenmaterial gefüllten Wandbereich.

Das Wandsystem kann selbstverständlich auch ohne Humusbrett geliefert werden.



Die Garantie für einen ordentlichen Bewuchs bildet die Verbindung der mächtigen Pflanzkammer mit dem wasserableitenden statischen Wandteil.

Neben einer begrüneten Ansichtsfläche ergibt sich daraus noch der Effekt der Verhinderung von Lärmreflexionen zur gegenüberliegenden Landschaftsseite.

Anwendung findet dieses Hangverbauungssystem bei Stützmaßnahmen sowohl berg- als auch talseitig für Straßenbauten sowie für Baumaßnahmen im Bahnbereich. Weiters wurde diese Raumgittermauer bei Verblendungs- und Begrünungsprojekten von bestehenden Ortbetonmauern oder Tunnelportalen sehr erfolgreich eingesetzt.



Raumgitterwand: Klausnertunnel

Im Gegensatz zu den anderen Systemen werden hier großformatige Rahmenteile, in vielen Fällen direkt vom Transport-LKW, unmittelbar auf der jeweiligen Baustelle versetzt. Dieser Vorteil spiegelt sich in einer ausgezeichneten Verlegeleistung wider – so kann mit einer eingearbeiteten Mannschaft eine Wandfläche von bis zu 80 m² per Arbeitstag montiert werden.



Raumgitterwand: Verlegung beim Semmeringtunnel



Raumgitterwand: Arriacher Landesstraße



Raumgitterwand: Arriacher Landesstraße

Wandhöhen bis zu 8,0 m können bei entsprechender Fundierung und Bemessung problemlos ausgeführt werden. Höhere oder besonders belastete Stützwände können natürlich auch in geankelter Form hergestellt werden.

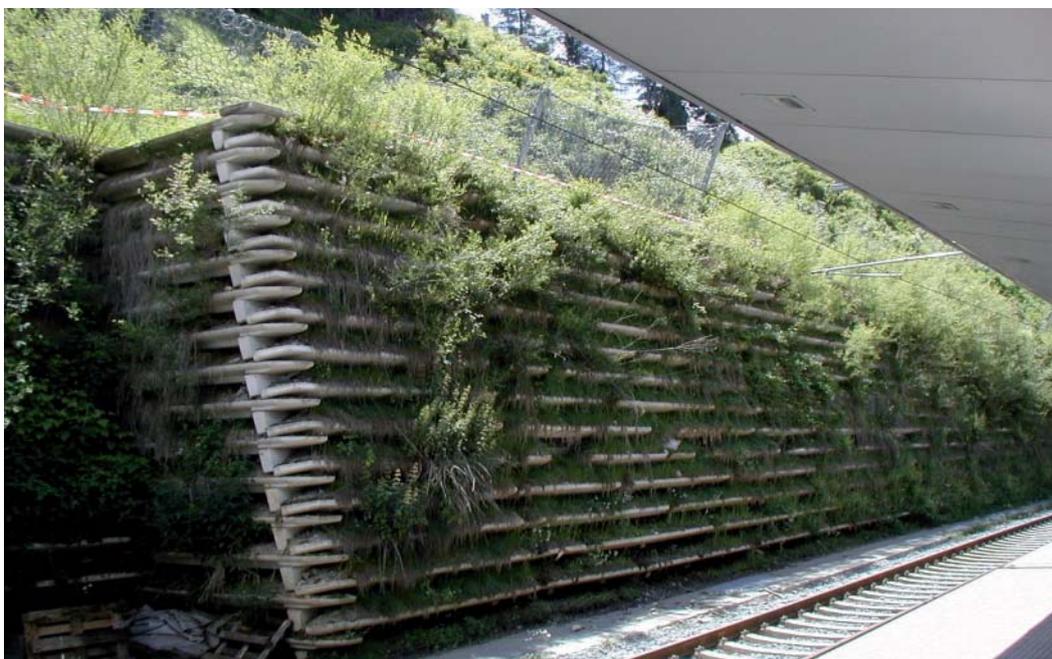
Ein wesentlicher Vorteil für den Auftraggeber liegt darin, dass wir jede von uns gelieferte Stützwand von einem Zivilingenieur nach den geltenden bodenmechanischen Richtlinien und Normen untersuchen lassen und unser Kunde somit einen Nachweis der Standfestigkeit bekommt. Der ausführende Bauunternehmer erhält dadurch auch einen entsprechenden Fundament- und Verlegeplan.



*Hangmauer:
Klausner
Tunnel*



*Hangmauer:
Klausner
Tunnel*



*Einsatz im
Bahnbe-
reich: neuer
Bahnhof
St. Anton*

Schallschutztechnische Wirkung von Raumgitterwänden

Prokurist Ing. Gerhard Strohmayer und Dipl.-Ing. Heinz Hoislbauer
TAS SV-GmbH, Linz

Stützkonstruktionen an Verkehrswegen sind einer ständigen Beschallung durch den Verkehrslärm ausgesetzt. Je nach der akustischen Wirkung von solchen Stützkonstruktionen können diese mehr oder weniger starke Schallreflexionen verursachen, welche in gegenüberliegenden Gebieten zu unerwünschten Schallpegelerhöhungen führen können. Deshalb sollte beim Bau von Stützkonstruktionen auch auf deren lärmtechnische Bedeutung Bedacht genommen werden.

Im Vortrag „Schallschutztechnische Wirkung von Raumgitterwänden“ wird unter Zugrundelegung allgemeiner Betrachtungen zur Schallausbreitung und Schallreflexion die schalltechnisch

zu erwartende günstige Wirkung von Raumgitterwänden mit der schalltechnischen Wirkung von Steinschichtungen verglichen.

Es werden weiters verschiedene Varianten von Raumgitterwänden und ihr Betonanteil angeführt. Darüber hinaus werden kurz Messmethoden vorgestellt, mit denen die Schallabsorption als Kenngröße für die akustische Wirkung von Raumgitterwänden sowie von Steinschichtungen ermittelt werden kann. Die schallabsorbierende Wirkung einer Ebenseer Krainerwand wird anhand eines Prüfergebnisses im Hallraum dargestellt. Weiters wird anhand von Fallbeispielen die lärmenschutztechnische Bedeutung der Reflexion betrachtet.

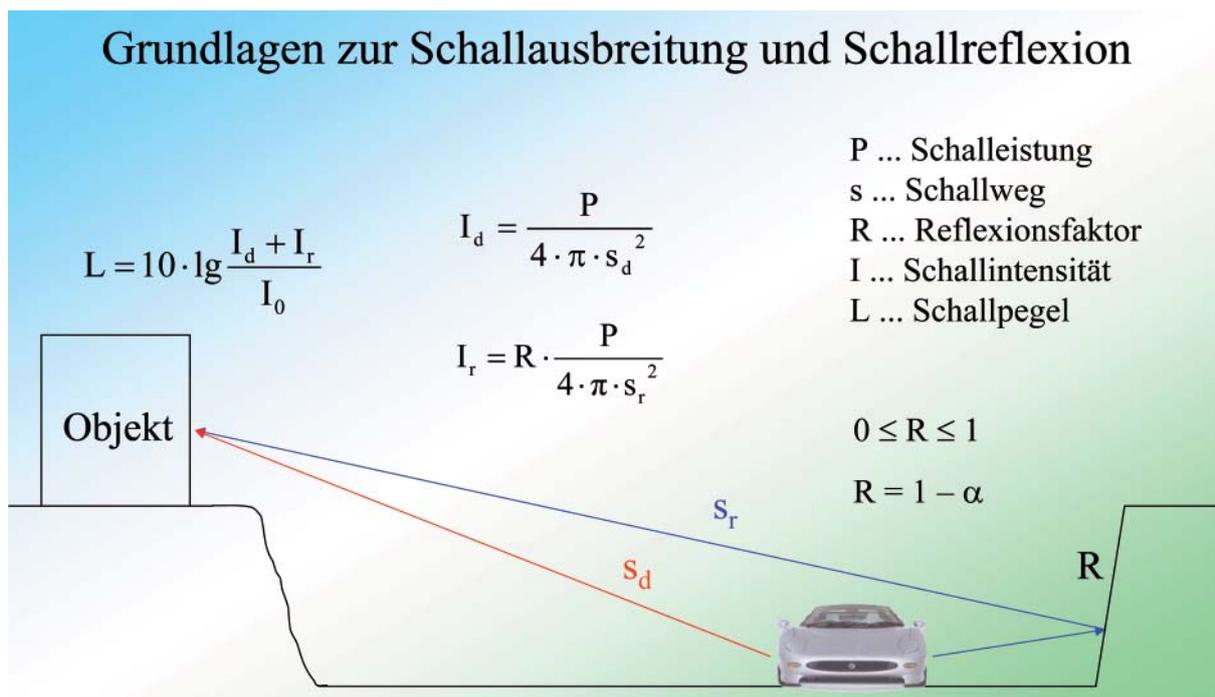


Bild 1: Darstellung der grundsätzlichen Berechnung der Schallausbreitung bzw. der Reflexion

Akustische Wirkung einer homogenen Fläche:

(akustischer) Reflexionsfaktor R

R = 0 ... voll absorbierend

R = 1 ... voll reflektierend

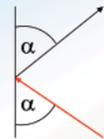
Beispiele

- *reflektierend:* Stein, Asphalt, Beton, Glas
- *absorbierend:* poröse Materialien, Boden

Bild 2: Beschreibung des akustischen Reflexionsfaktors + Beispiele für absorbierende bzw. reflektierende Materialien

Akustische Wirkung der Oberflächenstruktur:

➤ glatte Flächen reflektieren gemäß Reflexionsgesetz



➤ unebene Flächen reflektieren in alle Richtungen



Bild 3: Beschreibung der akustischen Wirkung der Struktur einer schallreflektierenden Oberfläche

Akustische Gesamtwirkung einer Fläche:

- Reflexionsfaktoren R der Einzelflächen
- Oberflächenstruktur
- vertikale Neigung der Gesamtfläche

Anteil reflektierender bzw. absorbierender Flächen maßgeblich

Bild 4: Beschreibung der akustischen Gesamtwirkung einer schallreflektierenden Fläche



Bild 5: Steinschichtung

Steinschichtung

- *Einzelflächen bestehen vorwiegend aus Stein (>90 %)*
 - Reflexionsfaktor für Stein R = 1 (voll reflektierend)
- *Oberflächenstruktur leicht uneben*
 - Reflexion des Schalls nach Reflexionsgesetz bei tieferen Frequenzen
 - Streuung des Schalls in alle Richtungen bei höheren Frequenzen
- *Vertikale Neigung der Gesamtfläche leicht nach oben*
 - Schall, der nach Reflexionsgesetz reflektiert wird, wird eher nach oben reflektiert

Bild 6: Beschreibung der zu erwartenden akustischen Wirkung einer Steinschichtung

Raumgitterwand (47,5 % Betonfläche)



Bild 7: Raumgitterwand

Krainerwand (36,6 % Betonfläche)



Bild 8: Krainerwand

NEW Midi (36,6 % Betonfläche)



Bild 9: NEW-Midi-Wand

Resümee

- Die akustische Wirkung von Raumgitterwänden ist jedenfalls günstiger als von Steinschichtungen.
- In bestimmten Situationen (Topographie, Lärmschutzwände, ...) kann die akustische Wirkung einen erheblichen Einfluss auf die Umgebungssituation haben

Raumgitterwände

- *Einzelflächen bestehen vorwiegend aus bepflanzttem Erdreich*
Reflexionsfaktor für Erdreich $R \ll 1$ (absorbierend)
- *Oberflächenstruktur hat bei absorbierenden Oberflächen eine untergeordnete Bedeutung*
- *Vertikale Neigung der Gesamtfläche ist von geringerer Bedeutung*

Bild 10: Zu erwartende akustische Wirkung einer Raumgitterwand

Messmethoden zur Messung der Schallreflexion

- *Hallraummessung nach ÖNORM EN 1793-1*
 - Messung der Nachhallzeit eines Hallraums mit und ohne Probekörper
 - Bestimmung des Absorptionsgrades des Probekörpers
- *In-situ-Messung nach ÖNORM CEN/TS 1793-5*
 - Reflexionsmessung vor Ort mittels Korrelationsmesstechnik

Bild 11: Beschreibung von Messmethoden zur Messung der Schallreflexion: Hallraummessung nach ÖNORM EN 1793-1. In-situ-Messung nach ÖNORM CEN/TS 1793-5

konkretes Messergebnis zur Schallabsorption einer im Hallraum gemessenen Ebenseer Krainerwand

Frequenz [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Schallschluckgrad	0,99	1,11	1,22	1,04	0,94	0,61

$\Delta L_{A,\alpha,Str} = 10 \text{ dB} > 8 \text{ dB} \Rightarrow$ hochabsorbierend

Bild 12: Darstellung des Schallabsorptionsgrades einer Ebenseer Krainerwand, welche mittels der Hallraummethode gemessen wurde

Begrünung von Raumgitterwänden – Möglichkeiten und Grenzen aus der Sicht der Ingenieurbiologie

Dipl.-Ing. Rosemarie Stangl

Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Department für Bautechnik und Naturgefahren,
Universität für Bodenkultur Wien

1 Die Ingenieurbiologie als Komplementärdisziplin

Die Ingenieurbiologie ist eine Begrünungstechnik, die biologische Komponenten für die Ingenieurtechnik im Zuge von Hang- und Böschungssicherungen und Erosionsschutz integriert. In Kombination mit mechanischen oder technischen Strukturen werden Pflanzen und/oder Pflanzenteile als lebende Konstruktionselemente verwendet, die im Zuge ihres Wachstums dauerhafte Stabilität gewährleisten.

Zu betonen ist die Komplementärfunktion zur konventionellen Bautechnik. Der biotechnische Ansatz initialisiert die Etablierung von Pflanzengesellschaften zur Unterstützung rein technischer Systeme. Das Ziel ist die Rehabilitation von zerstörtem Gelände oder Landschaften, unabhängig von ihrer Ursache wie etwa Naturgewalten oder im Zuge der Erschaffung von Infrastrukturen.

In Zeiten von hohen Energiekosten und erschöpften Ressourcen stellen ingenieurbiologische Methoden sinnvolle, kosteneffiziente Ergänzungen, keinesfalls jedoch einen Ersatz für rein technische Sicherungsbauweisen dar. Neben einer raschen Geländestabilisierung durch die unbelebten Baustoffe werden Strukturen geschaffen, deren ästhetischer Wert durch die Pflanzentfaltung steigt. Mit zunehmendem Alter entwickeln die künstlichen Systeme eine dynamische Selbstregulierung und erlangen damit eine natürliche Stabilität.

Eine Reihe von standortspezifischen und Umweltfaktoren beeinflusst den Erfolg oder das Versagen der biologischen Komponenten und erschwert die Einschätzung ihrer Entwicklung und der damit verbundenen Schutzfunktion. Die Wissenschaft ist bemüht, die Defizite in der Kenntnis der technischen Eigenschaften von Pflanzen und Pflanzensystemen auszugleichen und die zugrunde liegenden dynamischen Prozesse der Entwicklung von künstlichen

Beständen zu erfassen. Der Fokus liegt im nachhaltigen Fortschritt im technischen Einsatz von Pflanzen für Ingenieurzwecke sowie in der Verbesserung bzw. Erweiterung von standardisierten Normen zur Erleichterung der Applikation sowie zur Erfolgsgewährleistung.

2 Die Voraussetzung für ingenieurbiologische Methoden

Die Fähigkeit mancher Arten zur Adventivwurzelbildung ist als eine der wichtigsten Eigenschaften von Gehölzen im ingenieurbiologischen Arbeitsbereich zu sehen. Die Bildung von Wurzeln entlang von Sprossen oder Ästen wird ausgenutzt, um neben herkömmlichen Pflanzungen auch Ast- oder Stammteile zur Bewehrung des Bodens einbringen zu können. Zusätzlich von Vorteil ist die damit verbundene vegetative Vermehrbarkeit. Die Pflanzen treiben – häufig mehrstämmig – neu aus, die sich entwickelnden Wurzelsysteme bieten weitere Stabilisierung und Schutz vor Oberflächenerosion.

Die Ausbildung von Adventivwurzeln durch äußere Einflüsse wie Verletzungen und Übererdung wird hormonellen Vorgängen zugeschrieben. Die Fähigkeit zur Adventivwurzelbildung ist äußerst unterschiedlich ausgeprägt. Am Institut für Ingenieurbiologie wurden diesbezüglich zahlreiche heimische Gehölzarten auf ihre Eignung zum Einsatz in der Ingenieurbiologie getestet (FLORINETH, 2004). Untersuchungen an verschiedenen ingenieurbiologischen Bautypen (Stangl & Scarpatetti, 2005, Stangl & Gallmetzer, 2004) haben gezeigt, dass die quer in den Hang eingelegten Gehölzsprossen, deren Durchmesser im Lauf der Jahre durch Dickenwachstum zunehmen, die Rolle einer Hauptwurzel mit zentraler Funktion übernehmen. Durch ihre horizontale Position wird eine sehr gute Tiefenbewehrung bis etwa 2 m quer in den Hang hinein erreicht, die das artspezifische Wurzelnetz zusätzlich in ihrer stabilisierenden

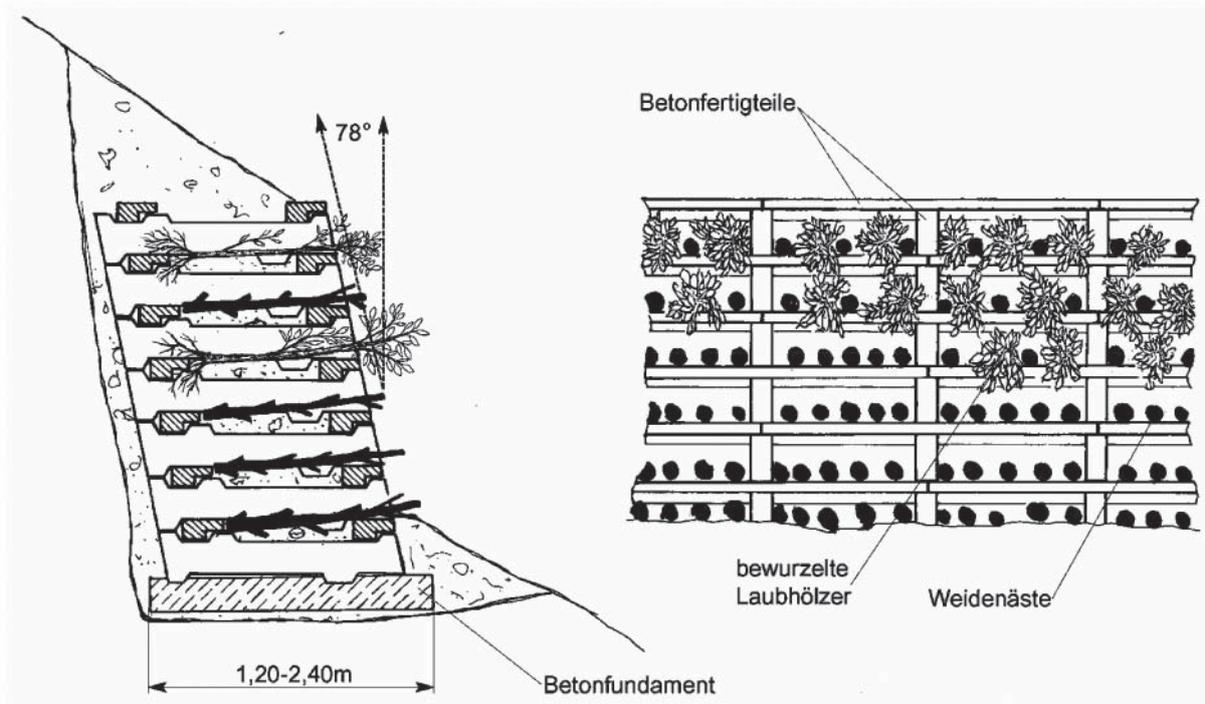


Abb. 1: Schema einer bepflanzten Betonkrienerwand mit Gehölzeinlagen



Abb. 2: Mit Weidensteckhölzern bepflanzte Betonkrienerwand

Wirkung unterstützt. Durch häufige Wurzelverwachungen bilden sich beeindruckende Wurzelkollektive, die einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der unterirdischen Biomasse leisten.

Die Adventivwurzelbildung stellt die bedeutende Voraussetzung für die Verwendung von Pflanzenteilen im Konstruktionsbau dar. Durch die so genannten Lagenbauweisen (Gehölzeinlagen in oder ohne Kombination technischer Stützelemente) wird das Spektrum des einsetzbaren Pflanzenmaterials erweitert. Neben der Pflanzung von bewurzelten Gehölzen, die im Regelfall von Baumschulen bezogen werden müssen und deren Kosten mit zunehmender Pflanzengröße steigen, bietet die Verwendung von Ast- oder Stammteilen die Möglichkeit, kostengünstiges heimisches Gehölzmaterial aus der Umgebung zu verwenden (primär Weiden). Vor allem bei Bautypen, bei denen den Pflanzen wesentliche Bedeutung in der stabilisierenden Funktion zukommt und daher eine hohe Pflanzendichte gefordert ist, ist dies ein fundamentaler Aspekt. Aber auch bei der Kombination mit technischen Stützelementen, bei denen den Pflanzen eher ästhetische Zwecke zuzuordnen sind, bietet die Verwendung von Pflanzenteilen den Vorteil, die Pflanzdichte kostenextensiv zu erhöhen und damit die Begrünung zu beschleunigen bzw. deren Erfolgchancen zu verbessern.

3 Möglichkeiten zur Begrünung von Raumgitterwänden

Zur Begrünung von Raumgitterwänden und anderen Betonelementen kann grundsätzlich jede Art von biologischen, lebenden Baustoffen Verwendung finden. Dazu zählen Samen (Gräser, Kräuter, Gehölze) und bewurzelte Sträucher oder Bäume ebenso wie vegetativ vermehrbare Pflanzenteile von Gehölzen (Triebstecklinge, Astwerk, Stechhölzer) oder von Kräutern und Gräsern (Wurzelstecklinge, Ausläuferteile) sowie Vegetationsstücke samt durchwurzeltem Boden (Rasenziegel, Kräuter-, Zwergstrauch- und Gehölzgesellschaften). Die Wahl des Pflanzenmaterials bzw. ihrer Größe ist in erster Linie abhängig von der Form und Beschaffenheit der Betonfertigteile und der damit verbundenen Platzverfügbarkeit für die Pflanzen sowie von der Kostenverfügbarkeit und natürlich der Intention der Begrünung.

In vielen Fällen dient die Begrünung einer ästhetischen Aufwertung der Baukonstruktionen, weswegen herkömmliche Pflanzungen bewurzelter Strauchgehölze wohl am gängigsten sind. Vor allem Kletterpflanzen (Efeu, Wilder Wein, Hopfen, Schlingknöterich etc.) kommt diesbezüglich besondere Bedeutung zu, da sie den Vorteil bieten, vertikale Strukturen wie auch Wände und Fassaden flächendeckend zu überwachsen. Ähnliche Effekte können mit Boden bedeckenden Gehölzen, wie diverse Cotoneaster-Arten, erzielt werden.

Die Pflanzung hoch wachsender Bäume ist für Raumgitterwände meist aus platztechnischen Gründen von geringer Relevanz. Umso attraktiver ist die Verwendung von Gehölzeinlagen (Ast- oder Stammteile bzw. das Einlegen von bewurzelten Gehölzen mit Fähigkeit zur Adventivwurzelbildung). Vor allem in Böschungen mit hohen Neigungen eröffnet das horizontale Einbringen von Gehölzen neue Möglichkeiten, wodurch gleichzeitig ein zusätzlicher Verankerungs- und Verdübelungseffekt erzielt wird.

4 Limitierende Faktoren bei der Begrünung von Betonelementen

Der Begrünungserfolg von Betonelementen ist leider häufig eingeschränkt. Betonstrukturen sind als Extremstandorte für Pflanzen jeder Form einzustufen, was auf folgende Faktoren zurückzuführen ist:

- Ungünstiges Mikroklima: Innerhalb der Betonelemente herrschen aufgrund der hohen Wärmespeicherung wüstenklimatische Verhältnisse. Zudem saugt der Beton viel Wasser, bindet es jedoch, wodurch es für Pflanzen nicht mehr verfügbar ist.
- Schlechte Substratbedingungen: Zu bindiges Substrat führt häufig zu Verschlammungen, während gröbere Körnungen meist das Problem von zu hoher Durchlässigkeit mit sich bringen. In beiden Fällen ist trotz vorsichtiger Substratwahl die Bodenbildung zwischen den Betonteilen stark eingeschränkt, was auch auf längere Sicht ungünstige Wachstumsbedingungen zur Folge hat.
- Substratverlust: An der Frontseite von vertikalen Strukturen wird sandiges Material durch Regen leicht ausgewaschen

und abgeschlämmt, womit auch häufig ein Verlust von Saatgut bzw. jungen Keimlingen verbunden ist. Solange die Pflanzen zu wenig Wurzeln gebildet haben, um das Substrat zurückzuhalten, ist ihr Anwachsen gefährdet.

- Beschränkter Wurzelraum: Betonteile sind meist als Elemente räumlicher Struktur ausgeführt, womit der durchwurzelbare Raum begrenzt ist. Sobald der verfügbare Bereich ausgeschöpft ist, wird die Wurzelneubildung unterdrückt. Folglich sind die Pflanzen auch in der oberirdischen Entwicklung stark gehemmt und reagieren häufig mit Triebverlusten und Ausfall.

Die Folge dieser einschränkenden Wachstumsbedingungen ist, dass bepflanzte Betonstrukturen meist sehr pflegeintensive Standorte darstellen. Durch Düngung, Bewässerung bzw. Nachpflanzen bei Ausfällen können die Defizite zwar erfolgreich ausgeglichen werden, jedoch schnellen die Erhaltungskosten enorm in die Höhe.

5 Conclusio

- Neben der ästhetischen Bedeutung ist der Begrünung von Raumgitterwänden eine wichtige ökologische Funktion zuzuschreiben. Die Pflanzen üben eine regulierende Wirkung aus. Durch Beschattung und Durchwurzelung wird das Mikroklima verbessert und damit der Besiedelungsraum der Betonkonstruktionen für viele Lebewesen aus dem Faunenbereich erweitert.
- Raumgitterwände sind vertikale Strukturen, was für herkömmliche Bepflanzungen stark hinderlich ist. Ingenieurbiologische Systeme wie die Lagenbauweisen bieten durch die horizontale Einbringung von Gehölzen rasche Begrünungserfolge. Die Kombination mit Jute- oder Kokosnetzen verhindert Substratverluste.
- Ingenieurbiologische Methoden sind pflegeextensiv, da das Ziel darin besteht, heimische, den jeweiligen Standorten angepasste Arten zu verwenden. Kostenintensive Düngungen und Bewässerungen entfallen.

- Zu beachten ist, dass die Pflanzen während des Aufbaus der Betonelemente eingelegt werden müssen, da ein nachträgliches Einfügen nur bedingt möglich und selten erfolgreich ist. Generell ist für den Begrünungserfolg von Raumgitterwänden eine fundierte Sortenwahl aufgrund der Extrembedingungen erforderlich. Die Verwendung von Gehölzeinlagen setzt Arten mit hoher Eignung zur Adventivwurzelbildung voraus.

6 Literatur

- FLORINETH, F. (2004): Pflanzen statt Beton. Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik. Berlin/Hannover (D), Patzer Verlag.
- STANGL, R.; GALLMETZER, W. (2004): Zustandsanalyse ingenieurbiologischer Maßnahmen an Hängen von Wildbacheinzugsgebieten in Nord- und Südtirol. Ingenieurbiologie. Mitteilungsblatt 2/04, S. 73-79.
- STANGL, R.; SCARPATETTI, M. (2005): Wurzelcharakteristik von Gehölzeinlagen zur ingenieurbiologischen Hangstabilisierung. Ingenieurbiologie. Mitteilungsblatt 3+4/05, S. 28-34.

Weitere Informationen rund um das Thema Beton und Zement

BETON
ZEMENT

www.zement.at
www.voeb.com





www.zement.at

