



Böschungssicherungen und Vernagelungen mit Mikropfählen TITAN

temporär und dauerhaft

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung /
Allgemeine Bauartgenehmigung Z-34.14-209

Böschungssicherungen und Vernagelungen mit Mikropfählen TITAN

Mikropfähle TITAN nach Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung / Allgemeiner Bauartgenehmigung Z-34.14-209 für den Einsatz bei Böschungssicherungen und Bodenvernagelungen nach DIN EN 14490.

Die Herausforderung

Geländesprünge oder Böschungen können aus unterschiedlichen Gründen ihre Standsicherheit verlieren oder in ihrer Standsicherheit nicht mehr nachgewiesen werden. Gründe hierfür können unter anderem sein:

- Eingriffe in den Bestand
- Verwitterungsprozesse
- Materialumlagerungen
- Zusätzliche Belastungen
- Geänderte Bemessungsvorschriften
- Hydrologische Einflüsse

Gegenmaßnahmen

Herkömmliche **Stützkonstruktionen** nehmen durch Eigengewicht, Fuß- einspannung oder weit in den Boden reichende Verankerungen den Erddruck auf. Für diese Verankerungen werden z.B. Mikropfähle TITAN nach DIN EN 14199 als Zugpfähle eingesetzt (siehe Prospekt Rückverankerungen).

Eine **Bodenvernagelung** mit Mikropfählen TITAN hingegen hat das Ziel, den Boden selbst zu aktivieren und durch den Einbau von Bewehrungen in den gewachsenen Boden dessen Zug- und Scherfestigkeit zu erhöhen. Der dabei entstehende Verbundkörper erhält bzw. erhöht die Standsicherheit des Geländesprungs.

Mikropfahl TITAN – ein (Boden-)Nagel als Bewehrung

Als Bewehrung/Tragglied im Sinne der DIN 4084 wird der Mikropfahl TITAN mit DIBt-Zulassung Z-34.14-209 eingesetzt, der aufgrund des Berechnungsmodells dann auch als „(Boden-)Nagel“ bezeichnet werden kann.

- Maßgebender Vorteil der Bodenvernagelung gegenüber konventionellen Stützkonstruktionen ist, dass bei der Herstellung kein zusätzlicher Bodenaushub hinter der Wand erforderlich ist. Ebenso müssen im Vorfeld des Aushubs keine Verbauten (Bohrpfahlwände, Spundwände, ...) eingebracht werden.
- Hauptsächlich findet die Bodenvernagelung bei der Sicherung von Hanganschnitten und rutschgefährdeten Hängen bzw. Böschungen und bei der Sanierung von Stützmauern.
- Für Baugrubenwände wird der Bodennagel i.d.R. in Kombination mit einer Spritzbetonschale eingesetzt.

Außenhaut/Frontausbildung

Neben dem Verbundkörper aus Boden und Bewehrung benötigt die Bodenvernagelung nach DIN EN 14490 i.d.R. eine Frontausbildung, die aufgrund von Belastungen, Baugrundverhältnissen, Böschungsneigung und optischen Aspekten geplant werden muss. Hierbei wird unterschieden in **starre, bedingt nachgiebige, weiche** und **Ausführungen ohne Frontausbildung**.

- **Starre Frontausbildungen** sind mit den Nägeln fest verbunden und müssen die Böschung/Wand in Kombination mit den Nägeln stabilisieren können. Sie bestehen meist aus Beton (gespritzt, vor Ort gefertigt oder vorgefertigt).
- **Bedingt nachgiebige Konstruktionen** geben dem Baugrund zwischen den Bewehrungselementen halt und dienen als Erosionsschutz, meist sind dies Netze/Gitter aus Stahl oder Kunststoff.
- **Weiche Frontausbildungen** werden i.d.R. als Erosionsschutz und als Schutz gegen Aufreißen der Oberfläche eingesetzt. Die Tragglieder dienen dann häufig nur der Befestigung der Frontausbildung und nicht der Böschungsstabilisierung.
- **Ohne Frontausbildung** werden häufig flach geneigte Hänge und Böschungen, z.B. Bahndämme und Uferböschungen ausgeführt, wenn allein durch die Vernagelung die Stabilität der Böschung gegeben ist und ein Eingriff in die Vegetation vermieden werden soll.

Starre Frontausbildung

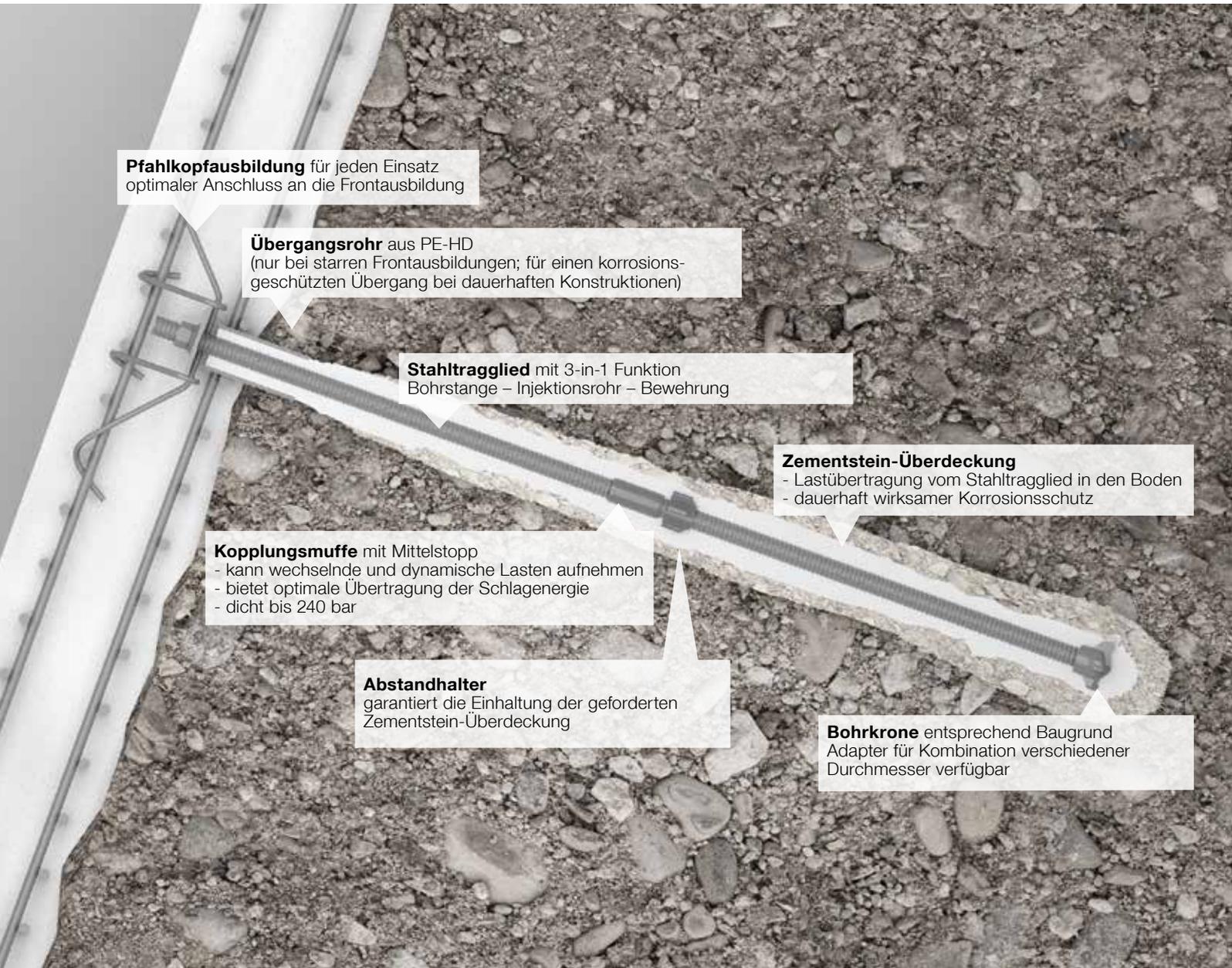
Mit Mikropfählen gesicherte Spritzbetonsicherung und vorgesetzte Ortbeton-Schale.



Böschungssicherung ohne Frontausbildung

BV DB-Strecke Oldenburg–Wilhelmshaven





Pfahlkopfausbildung für jeden Einsatz
optimaler Anschluss an die Frontausbildung

Übergangrohr aus PE-HD
(nur bei starren Frontausbildungen; für einen korrosions-
geschützten Übergang bei dauerhaften Konstruktionen)

Stahltragglied mit 3-in-1 Funktion
Bohrstange – Injektionsrohr – Bewehrung

Zementstein-Überdeckung
- Lastübertragung vom Stahltragglied in den Boden
- dauerhaft wirksamer Korrosionsschutz

Kopplungsmuffe mit Mittelstopp
- kann wechselnde und dynamische Lasten aufnehmen
- bietet optimale Übertragung der Schlagenergie
- dicht bis 240 bar

Abstandhalter
garantiert die Einhaltung der geforderten
Zementstein-Überdeckung

Bohrkrone entsprechend Baugrund
Adapter für Kombination verschiedener
Durchmesser verfügbar

Planungsvorteile

- zugelassene Tragglieder
- vielseitig einsetzbar bei den unterschiedlichsten Sicherungsmaßnahmen
- auch bei schwierigen Randbedingungen
- in allen Bodenarten einsetzbar

Ausführungsvorteile

- einheitliches Verfahren unabhängig von der Anwendung
- einsetzbar auch bei beengten Baustellenbedingungen und schwer erreichbaren Bohransatzpunkten
- schneller Baufortschritt
- unabhängig von wechselnden Böden

Bauherrenvorteile

- keine laufenden Kosten für Überwachungsprüfungen
- dauerhafter Korrosionsschutz
- hohe Ausführungssicherheit
- kein großer Eingriff in den Bestand
- wirtschaftliches System

Systemvorteile:

Temporär und dauerhaft ohne zusätzliches geripptes Hüllrohr



Die Stahlqualität

Der für ISCHBECK Mikropfähle/Bodennägel verwendete Feinkornbaustahl S 460 NH entspricht den Vorgaben an Stahlrohre, die als Bewehrung für Bodenvernagelungen nach DIN EN 14490 eingesetzt werden.

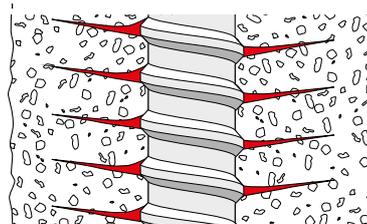
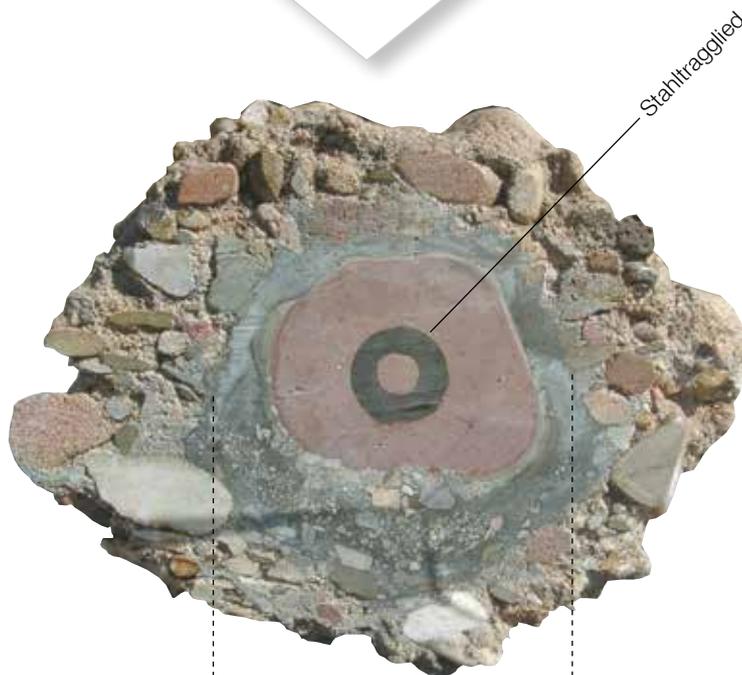
- Dehnsteifigkeit $f_{yk} < 600 \text{ N/mm}^2$ aufgrund der erforderlichen Verbundwirkung zwischen Tragglied und Verpresskörper
- Prozentuale Gesamtdehnung bei Höchstlast (Duktilität): $A_{gt} > 5 \%$
- Entsprechen DIN EN 10210 (warmgefertigte Hohlprofile aus unlegierten Baustählen und Feinkornbaustählen)
- Kerbschlagarbeit (Zähigkeit): $Kv \geq 40 \text{ J}$ (bei -20° C)

Das Gewinde – optimale Verbundeigenschaften

Für das TITAN-Gewinde (Betonstahlgewinde in Anlehnung an DIN 488 bzw. DIN EN 10080) wurden für die Zulassung Rissweiten im Verpresskörper von $< 0,1 \text{ mm}$ nachgewiesen. Außer der Mindest-Zementsteinüberdeckung sind lt. Zulassung keine weiteren Korrosionsschutzmaßnahmen erforderlich.

Dauerhafter Einsatz

Bei Bauvorhaben mit einer Standzeit > 2 Jahre erfolgt der dauerhafte Korrosionsschutz über eine wirksame Zementsteineinhüllung. Hierfür sind die vom DIBt geforderten Rissweiten $< 0,1 \text{ mm}$ im Rahmen unserer Zulassung nachgewiesen worden.



Nachgewiesene Rissweiten $s < 0,1 \text{ mm}$ bei voller Ausnutzung der Stahlspannung

Dauerhafter Einsatz

Für metallische Bewehrungen werden in der DIN EN 14490 unterschiedlichste Möglichkeiten des Korrosionsschutzes vorgeschlagen. Die beiden einzigen vom DIBt zugelassenen Systeme sind:

1. **Zementsteinumhüllung** (unter der Voraussetzung, dass eine Rissweite von $0,1 \text{ mm}$ nicht überschritten wird)
2. Einbau eines **gerippten Hüllrohres** in Kombination mit Zementverpressung

Systeme, deren Dauerhaftigkeit im Bereich der Lasteinleitungsstecke über eine Korrosionszugabe nachgewiesen werden, sind in Deutschland **nicht** zulässig.

Die notwendige Zementsteinüberdeckung wird in der DIBt-Zulassung lastabhängig angegeben.

Zusätzlicher Korrosionsschutz

Bei besonderen Anforderungen, hoch aggressiven Böden, großen Klüften und Hohlräumen oder bei freiliegenden Traggliedern, speziell im Kopfbereich, können die Tragglieder und Köpfe mit einem zusätzlich werkseitigen Korrosionsschutz geliefert werden:



HTV-Feuerverzinkung
gemäß DIN EN ISO 1461



DUPLEX-Schutz
HTV-Feuerverzinkung +
Pulverbeschichtung +
Epoxidpulverbeschichtung
gemäß DIN 55633



Inox-Edelstahl
Nichtrostender Inox-Edelstahl
(Werkstoff-Nr.: 1.4462)

Anwendungsgebiete der „Bodenvernagelung“ nach DIN EN 14490 sind Sicherungen von Böschungen und Dämmen sowie deren Anschnitte, rutschgefährdete Hänge, Tunnelleinschnitte und die Sanierung von Stützmauern.



Böschungssicherungen

- Dämme
- Anschnitte
- Hänge
- Erosionssicherung
- Schutznetze
- Lawinenverbau



Spritzbetonsicherungen

- Baugruben
- Stützmauern
- Tunnelportale
- Tunnelleinschnitte
- Notsicherungen



Stützwandsicherung und -sanierung

- Stützmauern
- Natursteinmauern
- Betonwände
- Krainerwände

Einbauvorteile

Der Einbau kann mit kleinen und flexibel einsetzbaren Anbaulafetten erfolgen, die an die unterschiedlichsten Trägergeräte montiert werden können und so „fast jeden“ Bohransatzpunkt erreichbar machen. Dort wo Trägergeräte nicht eingesetzt werden können, wird mit Handlafetten gearbeitet, die auf Gerüsten oder Dreibeinen befestigt werden.

Der Einbau erfolgt erschütterungsarm und somit schonend, was speziell innerhalb dichter Bebauungen oder in rutschgefährdeten Hängen notwendig ist.



Hang- und Böschungssicherungen mit Netzen

Ausführungsbeispiele

In der Zukunft wird es immer weniger „Neu“-Baumaßnahmen geben, sondern das Arbeiten im Bestand und die Sicherung und Sanierung bestehender Bauwerke wird immer mehr in den Vordergrund rücken. Hierzu bedarf es kleiner sowie flexibel einsetzbarer Technik und Systeme, um ohne größere erdbautechnische Eingriffe Sicherungsmaßnahmen möglichst schonend für die Natur durchführen zu können.



Böschungssicherung mit Netzen

Böschung oberhalb der Bahnlinie Garmisch-München bei Wolfratshausen

Ein Gerät – viele Aufgaben

Bevor die eigentlichen Sicherungsmaßnahmen beginnen konnten, musste der Hang gerodet und von Bewuchs befreit werden. Zusätzlich wurden Bermen und Drainagen eingelegt.

Für derartige Arbeiten im Hang kommen häufig Schreitbagger zum Einsatz, die anschließend mit einer Anbau-Bohrereinheit ausgerüstet die Tragglieder TITAN im Steilhang direkt einbohren können. Alternativ sind auch leichte Hang-Bohrereinheiten möglich.



Oberflächensicherung

Nach dem Einbau der Tragglieder erfolgt die Oberflächensicherung i.d.R. mit hochfesten Drahtgeflechtes (z. B. von Geobruag, Trumer, Maccaferri, Krismer, ...), die über Kugelbundmuttern TITAN in Verbindung mit den Systemplatten der Hersteller auf dem Hang fixiert werden.

Alle „freiliegenden“ Stahlbauteile, im Speziellen auch das Tragglied im Übergang Boden-Luft, sollten aus Gründen des Korrosionsschutzes feuerverzinkt sein.



Beispiele von Systemkrallenplatten der Netzhersteller, mit feuerverzinkter Kugelbundmutter TITAN.

Feuerverzinkte Krallenkalottenplatte TITAN zur Sicherung von „einfachen“ Sechseckgeflechtes.



Netz-Sicherung mit Rückverankerung einer Einschnittböschung

Bahnlinie Nürnberg–Hof bei Röslau
Aufgrund herabfallender Steine musste die Bahnlinie unter laufendem Betrieb gesichert werden.



Verlegen der hochfesten Drahtgeflechte

Für jeden Einsatz das passende Gerät

Je nach Lage von Bohransatzpunkten und örtlichen Gegebenheiten kann unterschiedlichste Gerätetechnik zum Einsatz kommen. Zur Verkürzung von Bauzeiten und möglicherweise anfallenden Sperrpausen können verschiedenste Gerätetechniken auf engstem Raum gleichzeitig eingesetzt werden.

Unterer Böschungsbereich

Einbau mit Minibagger und Anbaulafette vom Gleis auf der vorübergehend einseitig gesperrten Bahnlinie.

Mittlerer Böschungsbereich

Einsatz von Langarmbagger und Anbaulafette von der Dammkrone, um den Hang nicht durch schwere Gerätetechnik zu belasten.

Oberer Böschungsbereich

Rückverankerung durch in der Böschung stehenden Schreitbagger mit Anbaulafette.



Effiziente Baustelleneinrichtung

Für einen reibungslosen und wirtschaftlich optimierten Arbeitsablauf sollte die Baustelleneinrichtung entsprechend den örtlichen Randbedingungen geplant werden.



Nagelwände

Spritzbetonsicherungen mit Mikropfählen

Dauerhafte Baugrubensicherung bis zu 9 m hohe rückverankerte Spritzbetonwand für den Neu- bzw. Umbau des buddhistischen Zentrums Gut Hochreute bei Immenstadt im Allgäu.



Ein Bohrsystem für alle anstehenden Bodenschichten

Bei wechselnden Bodenarten in unterschiedlichen Aushubtiefen bleibt das Bohrsystem identisch, lediglich die Bohrkronen und eventuell der Wasser-Zement-Wert der Bohrspülung müssen angepasst werden.

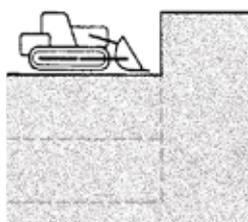


Exaktes Ausrichten der Anbaulafette am Bohrersatzpunkt.

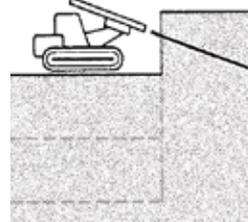


Lagenweiser Aushub und Sicherung der Abschlagshöhe in Abhängigkeit der Standfestigkeit des anstehenden Bodens (i.d.R. ca. 1 – 2 m). Sobald die Rückverankerung und die Spritzbetonschale einer Lage ausgehärtet sind, erfolgt der nächste Aushub.

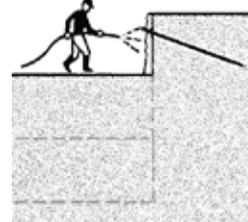
1. Lagenweiser Aushub



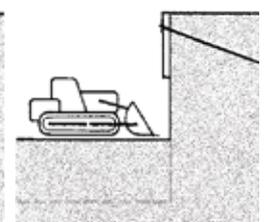
2. Einbau der Tragglieder



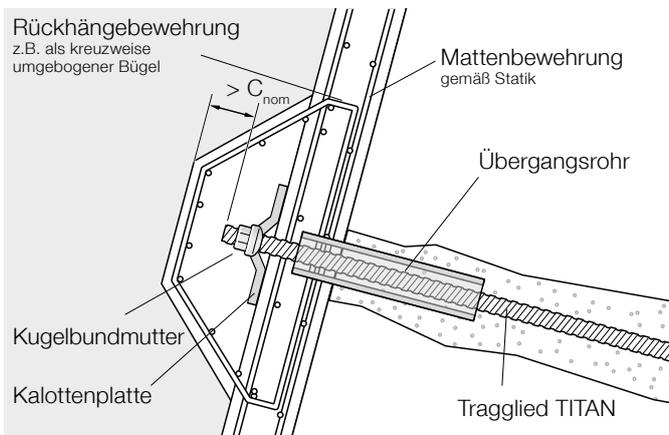
3. Bewehrter Spritzbeton



4. Nächster Aushub

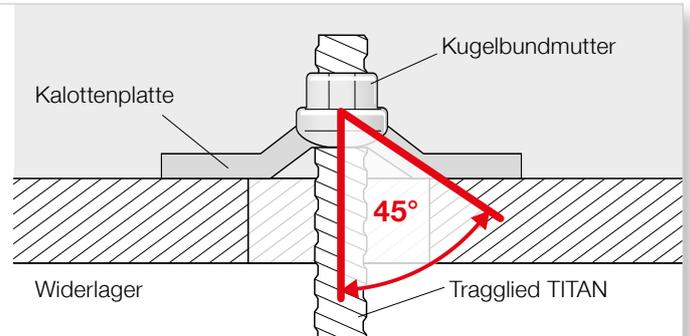


Bei **dauerhaften Spritzbetonsicherungen** erfolgt die Bewehrung der Spritzbetonschale i.d.R. in zwei Lagen. Die Kalottenplatte kann dabei zwischen oder auf den Bewehrungslagen liegen. Grundsätzlich ist der Durchstanznachweis nach DIN EN 1992-1 zu führen, so dass in Abhängigkeit der Unterkopfpresung eine Rückhängebewehrung erforderlich werden kann. Für einen dauerhaften Korrosionsschutz bzw. Schutz vor Beschädigungen bei weiterem Aushub, werden die Köpfe i.d.R. mit einer bewehrten Spritzbetonhaube überspritzt.



Kalottenaufwölbung für optimale Lastübertragung

Belastungsversuche haben gezeigt, dass aufgrund der unter 45° ausgebildeten Kalottenaufwölbung eine optimale Lastübertragung stattfindet und die Verformungen unter Gebrauchslast somit äußerst gering gehalten werden. Dadurch sind geringere Plattendicken bei gleichbleibender Biegung möglich.



Konstruktiver Neigungsungleich



Mit der geformten **Kalottenplatte TITAN** können Neigungen gegenüber dem Widerlager von ca. 5° ausgeglichen werden.

Bei Neigungsunterschieden zwischen Nagel und Gelände bis $\pm 36^\circ$ kann die selbstzentrierende **Ausgleichsscheibe TITAN** eingesetzt werden (hier mit Krallenkalottenplatte).

Bauseitige Neigungsungleiche erfolgen meist über eine Mörtelbett-Unterfütterung.

Sicherung und Sanierung von Stützmauern

Sanierung einer Natursteinbrücke

über eine Runse an der Spitzingsee-
straße, Bayern

Aufgrund von erhöhten Fahrzeugbe-
lastungen, sowie Erosion und Aus-
waschungen musste das gesamte
Bauwerk saniert werden. Die Rück-
verankerungen, teilweise auch als
horizontale Verspannungen, wurden
aus Korrosionsschutzgründen mit
Duplex-Traggliedern (Feuerverzinkung
+ zus. Pulverbeschichtung) ausge-
führt, da aufgrund der zu erwartenden
Hohlräume im Hinterfüllungsbereich
der Brücke ein schützender Verpress-
körper nicht durchgängig garantiert
werden konnte.



Beim **ISCHEBECK-Verfahren** wer-
den die Tragglieder direkt mit einer
verlorenen Krone eing bohrt und die
Bohrlochstabilisierung erfolgt über
die Zementspülung.

Der aufwendige Ein- und Ausbau von
Bohrrohren entfällt, so dass leichtere
Gerätetechnik zum Einsatz kommen
kann.



Der Einbau der Tragglieder TITAN kann
mit Bagger-Anbaulafetten vom Fuss-
punkt des Bauwerkes oder „über Kopf“
von der Fahrbahn aus erfolgen.

Für schwer zugängliche Bohransatz-
punkte können Bohr-Lafetten auf
Hebebühnen montiert werden.



Als vorerst temporäre Sicherung
der Natursteinmauer wurden die
Tragglieder über lastverteilende
U-Gurtungen verbunden.
Der Neigungsausgleich erfolgte
über die Kalottenplatte und Aus-
gleichsscheibe TITAN.

Die zweite zwischen zwei Kugelbund-
muttern eingespannte Kalottenplatte
wurde in die Bewehrung integriert.

Für den dauerhaften Endzustand wur-
de so die neue Ortbeton-Vorsatzschale
über die Tragglieder TITAN mit der Be-
standswand kraftschlüssig verbunden
und rückverankert.



Sicherung eines Geländesprungs

mit einer vorge-setzten und „mitverankerten“ Gabionenwand.



Vernagelung einer bestehenden Stützmauer

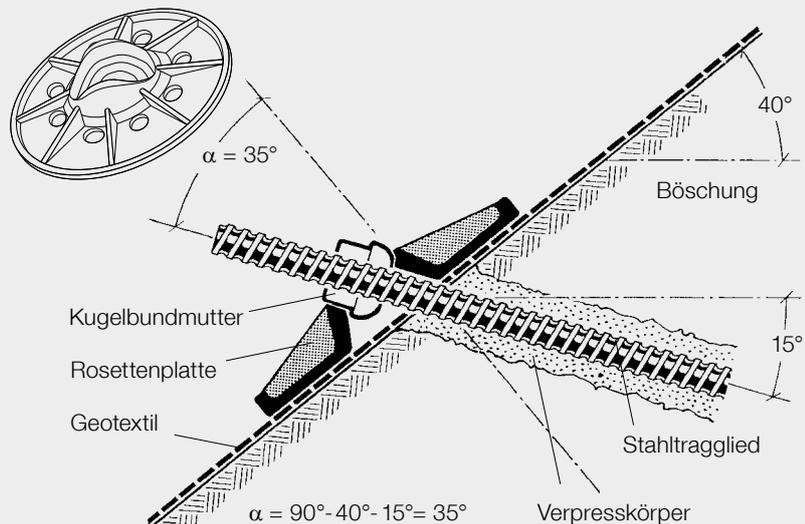
Einbau vom Bachbett aus. Die Armierung der Spritzbetonschale erfolgte in diesem Fall nicht mit einer Stahlbewehrung, sondern einem netzförmigen Geotextil.



Große Lastverteilungsplatte

Für den Einsatz bei Geotextilien und Bruchsteinmauern bietet sich die Rosettenplatte TITAN an:

- **abgerundete Kanten** = verringern die Gefahr der Beschädigung von Geotextilien oder Folien erheblich
- **Durchmesser 285 mm** = geringe Auflagerpressungen (ideal für z.B. dünne Natursteinmauern)
- **integrierte Ausgleichsscheibe** = für Neigungsunterschiede zwischen Pfahlachse und Widerlager bis zu 36° in allen Richtungen
- **verzinkt** = freiliegend dauerhafter Korrosionsschutz

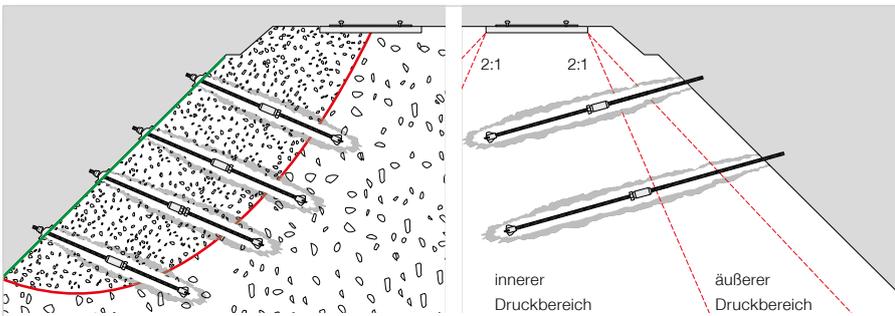


Bahndammstabilisierungen

Bahndämme sind häufig über 100 Jahre alt. Inwieweit beim Bau ein festgeschriebenes Sicherheitsniveau berücksichtigt wurde oder welche Kriterien an die Auswahl des eingebrachten Dammmaterials und dessen Verdichtung gestellt wurden, ist heute nicht mehr bekannt. Durch Witterungseinflüsse und das Ausschwemmen von Feinanteilen, sowie die Tatsache, dass die Gleisnutzung, die Schienenlasten und die Fahrgeschwindigkeiten zugenommen

haben, entsprechen viele Bahndämme nicht den heutigen Sicherheitsstandards und müssen dauerhaft saniert und stabilisiert werden. Neben den zu erwartenden Böschungsbruchproblemen können im Laufe der Zeit jedoch auch Entfestigungserscheinungen im Damm auftreten. Diese führen zu einem erhöhten Schwingverhalten des Dammkörpers, was negative Auswirkungen auf die Ermüdungsfestigkeit der Gleisanlagen und Zugräder haben kann.

Für die hierfür erforderlichen Sicherungsmaßnahmen, die i.d.R. unter laufendem Gleisbetrieb und möglichst kurzen Sperrpausen durchgeführt werden müssen, werden die ISCHEBECK Tragglieder TITAN bis in tragfähige Schichten des Dammes gebohrt, bei entsprechendem Aufbau des Dammes auch bis in den gewachsenen Boden unter dem Damm.



Bahndammsicherung

- aufgrund von möglichen Rutschungen/Verformungen der Böschung
- Lastenleitung erfolgt in tragfähigem Baugrund hinter der Gleitfuge
- i.d.R. mit einer bedingt nachgiebigen Frontausbildung in Form von Drahtgeflechten

Verdübelung des Bahndamms

- zur Stabilisierung des Dammkörpers, um Setzungen und Schwingungen im Gleisbereich zu reduzieren
- sofern keine Erosionsproblematik besteht häufig komplett ohne Kopfkonstruktion

Als **zusätzlicher Erosionsschutz** aufgebraute Netze oder Geogitter werden mit einer Kopfkonstruktion, bestehend aus einer Platte und Kugelbundmutter, gesichert. Wenn es sich jedoch lediglich um eine „Verdübelung“ des Damms handelt, werden die Lasten bereits über Verbund im Boden abgetragen und auf eine Kopfkonstruktion kann komplett verzichtet werden.

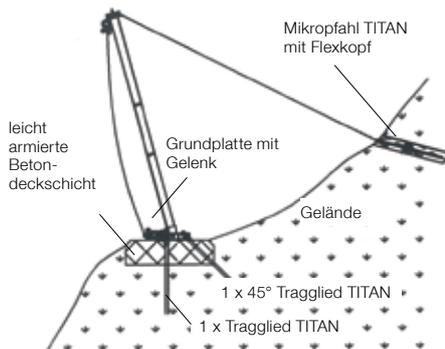


Da der über Jahrzehnte natürlich gewachsene Bewuchs üblicherweise nicht zerstört werden soll und die Hänge ohnehin empfindlich gegenüber zusätzlichen Belastungen sind, erfolgen die Sicherungsarbeiten meist von der Dammkrone oder vom Dammfuß aus.

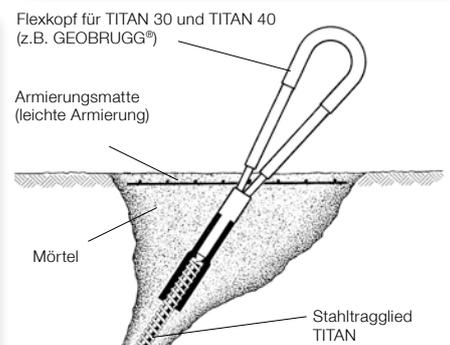
Schutzzäune

Neben der Böschungssicherung und dem Erosionsschutz mit rückverankerten Netzen, sind Straßen, Bahnlinien oder Gebäude unterhalb von Hängen häufig zusätzlich durch Fangzäune vor Steinschlag oder Lawinen zu schützen. Diese sind in Abhängigkeit des Energiepotentials der herabfallenden Steine und Erdmassen zu dimensionieren.

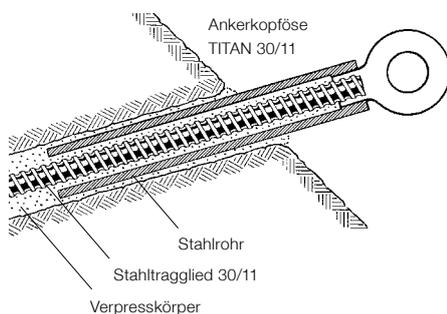
Hierbei müssen einmal die gelenkigen Grundplatten verdrehsicher gegründet werden, was i.d.R. über einen Pfahlbock, bestehend aus zwei axial belasteten Mikropfählen, geschieht.



Darüber hinaus werden die Zäune parallel und senkrecht zur Zaunrichtung über Drahtseile abgespannt. Um zu verhindern, dass der hier verwendete Mikropfahl Querkräfte aufnehmen muss, wird meist eine flexible Seilöse (Flexkopf, kein Bestandteil des ISCHEBECK Lieferprogramms) verwendet, die auf den Mikropfahl TITAN aufgeschraubt werden kann.



Alternativ ist es auch möglich, feuerverzinkte Ankerkopfsen oder Ringmuttern TITAN zu verwenden, bei denen das Stahltragglied bei Querkzug mit einem biegesteifen Stahlrohr verstärkt wird.



Gleisabsperung mit Steinschlagschutz bestehend aus ISCHEBECK-Traggliedern mit Ankerkopfsen und Sechseckgeflechtbespannung

Sicherung von Böschungseinschnitte und Sanierung von Rutschhängen - international

Durch den Einsatz von selbstbohrenden Bodennägeln TITAN können Sicherungsmaßnahmen einfach, effizient und häufig sogar unter laufendem Verkehr gelöst werden.

Schnellstraße S1 (Polen)

Sicherung eines großflächigen Hang-einschnittes mit Bodennägeln TITAN 30/11 in Kombination mit einem hochfesten Schutznetz.



Schnellstraße S7 (Polen)

Sicherung einer steilen Böschung mit Bodennägeln TITAN 30/11 zur Verbesserung der Gesamtstabilität. Durch die Verwendung von Drahtgeflechtes als Außenhaut ist die Böschung „begrünbar“. Bereits nach kurzer Vegetationszeit ist das Bauwerk vollständig bewachsen und die Sicherungsmaße optisch nicht mehr erkennbar. Zudem liefert ein Drahtgeflecht eine wesentlich umwelt-schonendere CO2-Bilanz als z.B. eine Spritzbetonversiegelung.



Schnellstraße S7 (Polen)

Je steiler die Böschung wird, desto größer werden die Quer- und Haltekräfte in den Randseilen. Hier kann der Einsatz eines aussteifenden Betongurtes als Kopfbalken sinnvoll sein, in den die Bodennägel einbinden. Über die aufgeschraubten Ringmuttern können die Netze einfach und sicher befestigt werden.



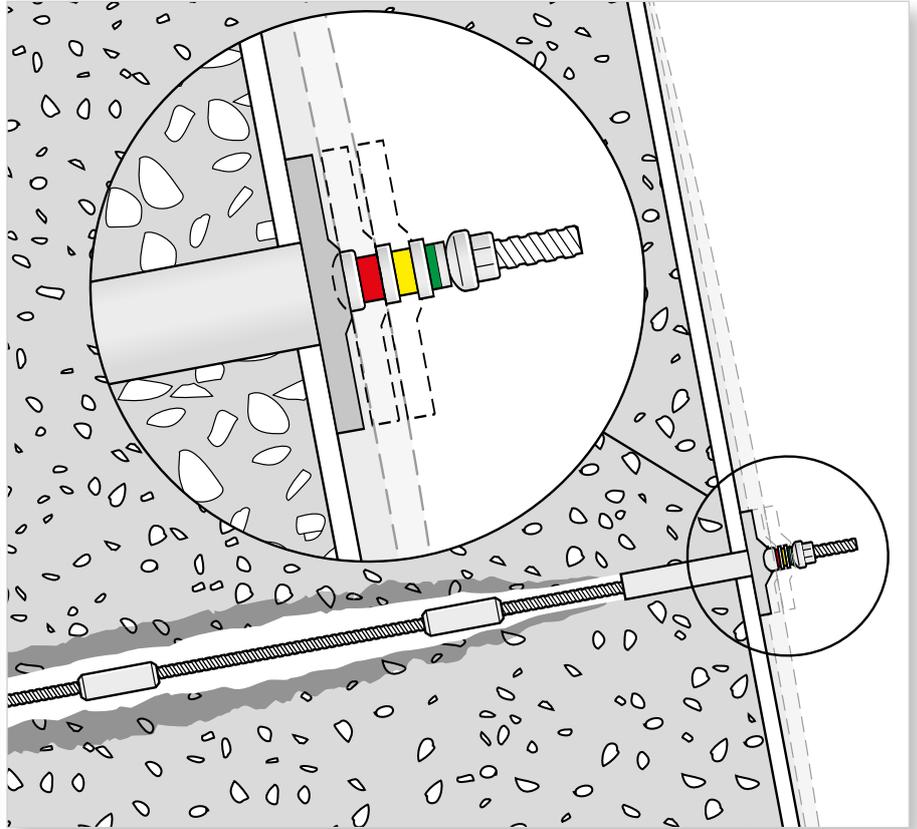
Laststeigerungen schnell erkennen

Zulassung LOBA
18.24.6-28-4



Um Laststeigerungen und die damit verbundenen Verformungen frühzeitig zu erkennen, wird der **Laststufen-Indikator (LSI)** eingesetzt. Er macht Lasterhöhungen ohne aufwendige geodätische Vermessungen in 3 Stufen visuell sichtbar.

- Drei Belastungsstufen
70 kN - 160 kN - 180 kN (TITAN 30/11)
200 kN - 300 kN - 400 kN (TITAN 40/16)
- Verformung bis 30 mm
- Jederzeit visuell kontrollierbar
- Zulassung LOBA 18.24.6-28-4



Stützwandsicherung Damüls, Österreich



Einfache visuelle Kontrolle der Verformungen ohne geodätische Vermessung.

Bemessungsgrundsätze

Böschungssicherungen und Vernagelungen:

Geotechnische Kategorie nach DIN EN 1997-1:

GK 2 Böschungshöhen von i.d.R. bis 10 m

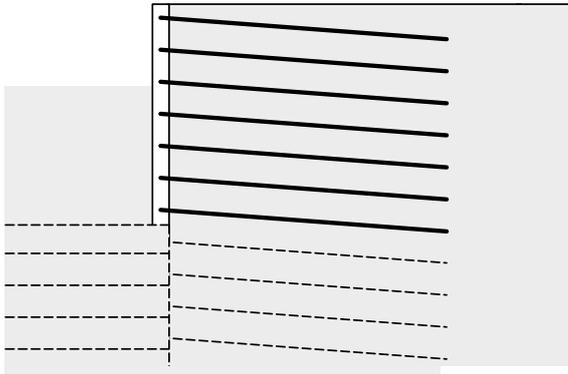
GK 3 allgemein bei mehr als 10 m Höhe

- bei ausgeprägter Kriechfähigkeit des Bodens
- bei Berücksichtigung von Erdbeben
- bei dicht angrenzenden, verschiebungs- und setzungsempfindlichen Bauwerken

Ein einheitliches Regelwerk zur Bemessung und Berechnung von Bodenvernagelungen gibt es bisher nicht. Die Grundsätze der Bemessung können der DIN EN 1997-1 (Bemessung in der Geotechnik) sowie der DIN 4084 (Geländebruchberechnungen) entnommen werden. Die Ausführung von Bodenvernagelungen erfolgt entsprechend der DIN EN 14490.

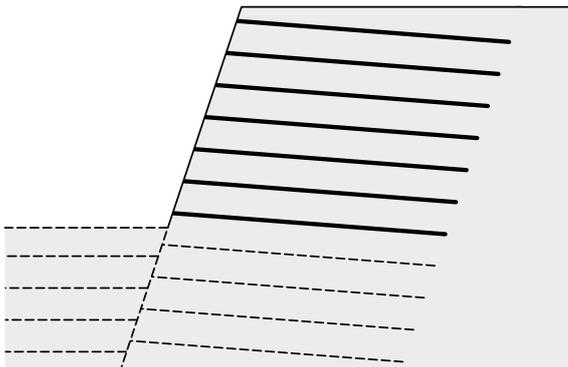
Bei allen Berechnungen von Bodenvernagelungen (Wände oder Böschungen) sind jedoch die Nachweise der inneren und der äußeren Standsicherheit zu führen.

Bei der Bodenvernagelung ist zwischen **Wänden** und **Böschungen** zu unterscheiden.



Wände

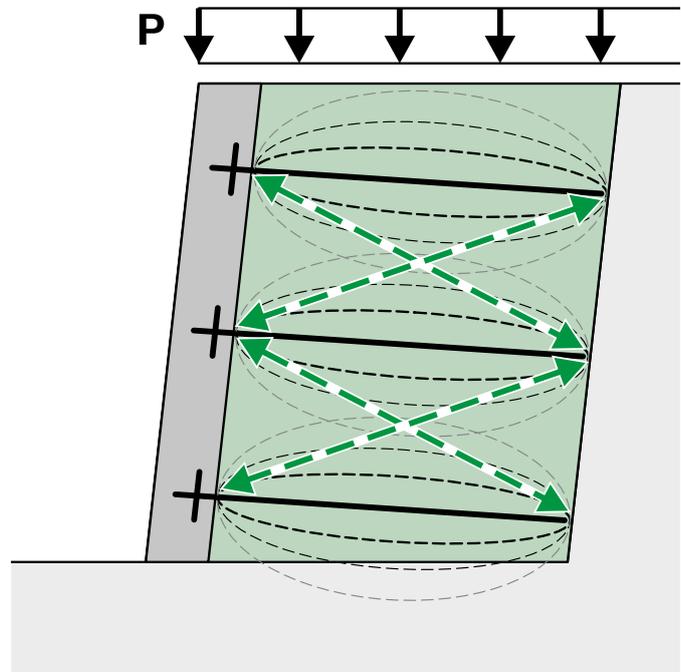
Bei Wänden werden durch lagenweisen Bodenaushub steile Anschnitte erstellt (Neigungswinkel 70° bis 90°) und die Bewehrungen werden mit der Außenhaut, i.d.R. bewehrtem Spritzbeton, kraftschlüssig verbunden. Die Bemessung dieser massiven Ausführungsvarianten beruht auf dem Ansatz, dass auf die Rückwand der Konstruktion, die durch das Ende der Tragglieder definiert wird, ein aktiver Erddruck wirkt.



Böschungen

Böschungen haben flachere Neigungen, so dass das Erddruckproblem eher untergeordnet ist. Vielmehr handelt es sich dann um ein Scherproblem des Bodens. In Abhängigkeit der Bodenverhältnisse und äußeren Belastungen wird die Außenhaut deutlich geringer belastet und kann somit filigraner bzw. nachgiebiger in Form von z.B. Netzen ausgebildet werden. Hierbei empfiehlt sich ggf. eine versetzte Anordnung der Nägel zueinander, damit Gassenbildungen verhindert werden.

Entsprechend dem Grundbautaschenbuch* verhalten sich Bodenvernagelungen bei einer ausreichenden Nageldichte unter äußeren Belastungen aufgrund ihrer Verbundwirkung wie ein Monolith. Dieser kann statisch ähnlich einem vertikalen Fachwerkträger interpretiert werden, bei dem die Nägel/ Mikropfähle die Zuglasten aufnehmen und im Boden dazwischen sich Druckdiagonalen ausbilden.

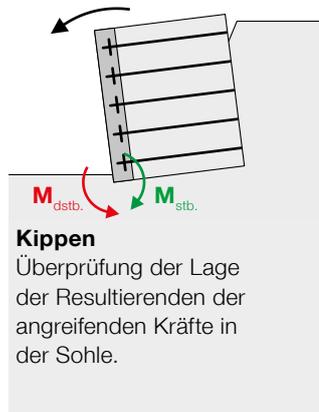
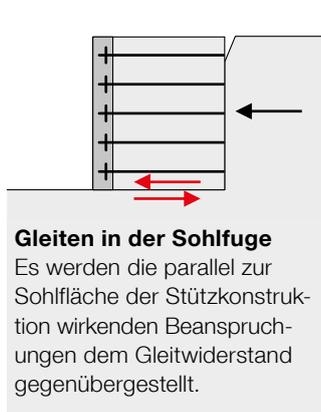


Für den **Nachweis der Gesamtstandsicherheit** von Wänden und Böschungen sind die möglicherweise maßgebenden Bruchmechanismen bzw. deren Gleitflächen im Boden zu untersuchen. Hierbei sind insbesondere die jeweilige Bauweise, Geländeform, Grundwassersituation sowie Betrag und Stellung von äußeren Lasten zu berücksichtigen. Die Gleitflächen können sämtliche oder einen Teil der Tragglieder schneiden oder auch ganz umgehen.

* Grundbautaschenbuch Teil 3 (Dritte Auflage); Ernst & Sohn, Herausgeber Ulrich Smolczyk

Die **äußere Standsicherheit** betrifft das Verhalten des gesamten monolithischen Körpers in der Interaktion mit dem Baugrund und den einwirkenden Lasten. Dabei sind die Nachweise folgender Bruchmechanismen nach DIN EN 1997-1 zu führen, die in der Regel EDV-unterstützt oder über FEM erfolgen:

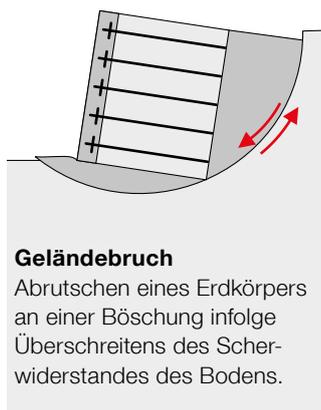
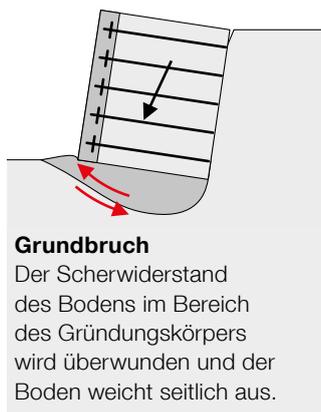
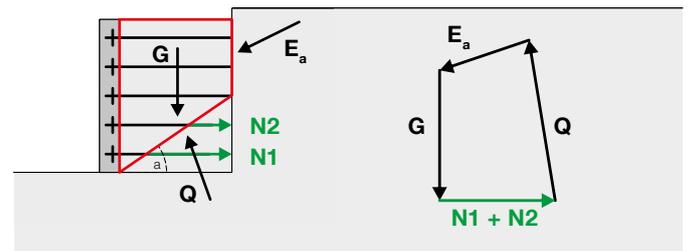
- Gleiten in der Sohlfuge
- Kippen
- Grundbruch
- Geländebruch



Für den Nachweis der **inneren Standsicherheit** wird eine Gleichgewichtsbetrachtung an den möglichen Gleitkörpern unter Variation des Gleitflächenwinkels θ durchgeführt, aus der sich die erforderlichen Nagelkräfte ergeben. Für die Zugglieder ist eine ausreichende Sicherheit gegen Materialversagen (Bauteilnachweis nach DIBt-Zulassung Z-34.14-209 Mikropfähle TITAN) sowie der Herauszieh widerstand außerhalb des Gleitkörpers nachzuweisen.

Teilsicherheitsbeiwert γ_a für den Herauszieh widerstand von Boden- bzw. Felsnägeln nach DIN 1054:2010 Tab. A 2.3:

BS-P	BS-T	BS-A
1,40	1,30	1,20



Überschlägige Annahmen für Nagelwände mit starrer Frontausbildung

Je nach Standfestigkeit des Baugrunds ergeben sich Rastermaße in vertikaler und horizontaler Richtung von i.d.R. 0,7 bis 2,0 m. Die Nagellängen liegen baugrundabhängig üblicherweise in einer Größenordnung vom 0,5- bis 0,7-fachen der Wandhöhe. (Bei rutschgefährdeten Hängen können wesentlich längere Nägel erforderlich werden. Bei hohen Wänden sind Längenabstufungen in den einzelnen Lagen zweckmäßig.)

Gebrauchstauglichkeit (nach DIN 1054:2010 Abschnitt 11.6)

Bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen und mindestens steifen bindigen Böden beinhalten die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessungssituation BS-P in GEO-3 in der Regel auch eine ausreichende Sicherheit gegen den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass aufgrund der Verbundwirkung die Verformungen von Nagelwänden relativ gering sind und entsprechend dem Grundbautaschenbuch in einer Größenordnung von nur 1-3 Promille der Wandhöhe liegen; Nagelwände gehören daher zu den verformungsarmen Verbauten.

Vom bodenmechanischen Standpunkt aus sind mehr Tragglieder von geringerer Tragfähigkeit vorteilhaft, da mit zunehmender Nageldichte die Verbundwirkung des Stützkörpers steigt.

Probebelastungen

Statische Probebelastungen nach DIN EN 14490 bzw. in Anlehnung an Anker nach DIN EN 1537 oder Mikropfähle nach DIN EN 14199.

Grundsätzlich ist in den Projektspezifikationen festzulegen, ob Probebelastungen im Vorfeld der Maßnahme an **Opfernägeln** (Vorversuchsmikropfählen) oder baubegleitend an **Ausführungsnägeln** (Bauwerksmikropfählen) durchzuführen sind. Ebenso müssen der Prüfablauf, die Prüflast und die Prüfkriterien eindeutig definiert werden.



Bei der **Prüfung von Opfernägeln** soll nachgewiesen werden, ob die gewählte Konstruktion in den vorliegenden Baugrundbedingungen überhaupt wirksam ist. Zusätzlich wird die statisch erforderliche Grenztragfähigkeit der Zugglieder im Baugrund und den unterschiedlichen Lasteinleitungsbereichen bestimmt bzw. bestätigt. Die Nägel werden entweder bis zum Bruch gefahren oder bis zu einer Prüflast, die sich aus der Bemessungslast und dem Sicherheitsbeiwert γ_a für den Herauszieh Widerstand von Nägeln nach DIN EN 1997-1 (bzw. DIN 1054) in Abhängigkeit der Bemessungssituation ergibt ($P_p = F_d \cdot \gamma_a$). Die gängige Praxis zeigt, dass Prüfungen an Opfernägeln jedoch die Ausnahme sind und i.d.R. nur Prüfungen zum Nachweis der ausreichenden Leistungsfähigkeit an Ausführungsnägeln durchgeführt werden.

Folgende Randbedingungen sollten bei der **Prüfung an Ausführungsnägeln** berücksichtigt werden:

- Anzahl Prüfungen: GK 2 an 2 %, mind. jedoch n = 3
GK 3 an 3 %, mind. jedoch n = 5
- Prüflast: $F_d \leq P_p \leq \gamma_a \cdot F_d$ ($P_p \leq 0,9 \cdot R_{M,k}$)
- Prüflänge: Verbundstrecke außerhalb des Gleitkörpers im nicht bewegten Boden
- Prüfablauf: mind. 5 Laststufen, i.d.R. in einem Zyklus
- Prüfkriterium: Kriechmaß $k_s \leq 2,0$ mm nach mind. 15 Minuten Haltezeit

Es ist zwingend darauf zu achten, dass zwischen Prüfnagel und Außenhaut kein Kraftschluss besteht.

Ausschreibungstext

Mikropfahl TITAN für Spritzbeton- oder Böschungssicherung (Musterauszug)

Mikropfahl Spritzbetonsicherung Zug TITAN 30/11 dauerhaft

Mikropfahl gemäß DIN EN 14199 / DIBt Z-34.14-209 für Spritzbetonsicherung, Belastung durch Zug, Bemessungswert R_d 177 kN, Tragglied ist ein Stahlrohr mit 30 mm Außen- und 11 mm Innendurchmesser, mit durchgehendem Betonstahlgewinde DIN 488, **Ausgangsmaterial DIN EN 10210 S 460 NH**, ISCHEBECK TITAN 30/11.

Einsatz dauerhaft (über 2 Jahre), Korrosionsschutz mittels Zementsteinüberdeckung min. 30 mm, Baugrund gemäß Gutachten, Verpresskörperdurchmesser 90 mm, mit Abstandhalter im Abstand von max. 3 m, mit Pfahlkopf inkl. Übergangrohr PE-HD gemäß Zulassung, Pfahlkopf gemäß Zeichnung,

Länge in m

Neigung zur Senkrechten in Grad

Herstellung dreh Schlagend gebohrt ohne Verrohrung, Spül- und Stützflüssigkeit aus Zementleim $w/z = 0,4$ bis $0,7$, **dynamisches Verpressen** vom Bohrlochtieftesten mit Zementleim $w/z = 0,4$ bis $0,5$, Verwendung von Portlandzement nach DIN 1164-10 und DIN EN 197-1 unter Berücksichtigung der Expositionsklasse, Führung eines Pfahlprotokolls für jeden Pfahl gemäß DIN EN 14199, das Durchfahren von Hindernissen wird gesondert vergütet,

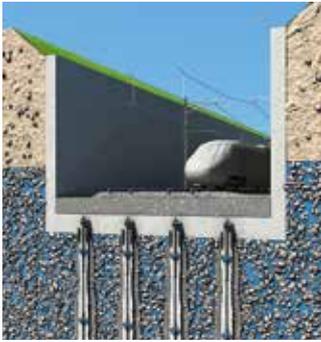
Zementmehrverbrauch in kg/m:

Gegebenenfalls sind weitere Angaben/Positionen notwendig zu:

- Zement- und Zementmehrverbrauch
- eingeschränkte Arbeitshöhe und -breite
- Zugänglichkeit und Lage Bohransatzpunkt
- Verbleib von Bohrgut, Bohrspülung und Verpresssuspension
- besondere Leistungen und Dokumentationen
- Art und Umfang der Probelastungen
- Homogenbereichen (Beschreibung des Baugrundes)

ISCHEBECK-Leistungstexte können Sie mit unserem frei zugänglichen Online-Expertensystem unter <http://ischebeck.bauprofessor.de> sehr einfach fachgerecht selbst erstellen und dann im Text-, Tabellen- oder GAEB-Format zur Weiterverarbeitung herunterladen. Gerne geben Ihnen unsere Fachberater Hilfestellung.





Von der Gründung und Auftriebssicherung bis zur Rückverankerung und zum Tunnelbau – das System TITAN wird vielseitig eingesetzt.



Allgemeine Informationen und Nachweise finden Sie in unserer Broschüre **Mikropfähle TITAN**.

Informationen zu weiteren Anwendungsmöglichkeiten finden Sie in den Anwendungsbroschüren zu **Gründung und Nachgründung**, **Rückverankerung** sowie zum **Tunnelbau**. Ergänzungen zu Kopfkonstruktionen finden sich in der Broschüre **Standard-Pfahlkopf-Varianten**.



Die Fotos in dieser Broschüre stellen Momentaufnahmen von Baustellen dar. Es ist daher durchaus möglich, dass bestimmte Sachverhalte den (sicherheits-)technischen Anforderungen noch nicht in vollem Umfang genügen.



Schalungssysteme



Verbausysteme



Geotechnik

Zertifiziertes Management-System nach DIN EN ISO 9001:2015



FRIEDR. ISCHEBECK GMBH

Geschäftsführer: Dipl. Wi.-Ing. Björn Ischebeck, Dr. jur. Lars Ischebeck
Loher Str. 31-79 | DE-58256 Ennepetal | Tel. +49 2333 8305-0 | Fax +49 2333 8305-55
E-Mail: info@ischebeck.de | <http://www.ischebeck.de>