



Alexander S. Eder, BSc

Untersuchungen zu ausbaubaren Ankern mittels Quellsprengstoff durch Labor- und Feldversuche

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Univ. Prof. Dipl.- Ing. Dr.techn. Roman Marte

Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik

Dipl.- Dipl.- Ing. Dr.techn. Matthias J. Rebhan, BSc. BM

Graz, April 2020

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Arbeit identisch.

.....
Datum

.....
Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Masterarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Roman Marte und Herrn Dipl.- Dipl.- Ing. Dr.techn. Matthias Rebhan vom Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik, für die Betreuung der vorliegenden Arbeit sowie die mir entgegengebrachte Geduld und Aufmerksamkeit.

Des Weiteren darf ich der Firma ANP-Systems, insbesondere Herrn Dipl.-Ing. Harald Fuschelberger und Herrn Bruno Meyerhans der KUBATEC BMT AG für ihre Zusammenarbeit und vor allem für die Bereitstellung der für die Versuche notwendigen Mittel und Materialien, danken.

Meinen Freunden des Wasserbauzeichensaales der TU Graz spreche ich hiermit einen großen Dank, für sämtliche Erlebnisse und gemütlichen Stunden, die ich mit ihnen verbringen durfte, aus. An dieser Stelle dürfen auch meine Mitbewohner Dragan, Johannes und Maximilian, mit denen ich den Großteil meiner Studiendauer verbracht habe, erwähnt werden.

Besonderer Dank gebührt meiner näheren Familie, insbesondere meinen Eltern Siegfried und Evelyn, meinem Bruder Philipp, meiner Schwester Theresa sowie meiner Freundin Theresa, die mich meine gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützte und mit nahezu endloser Geduld meinen erfolgreichen Abschluss ermöglichte.

Kurzfassung

Untersuchungen zu ausbaubaren Ankern mittels Quellsprengstoff durch Labor- und Feldversuche

Anker kommen als temporäre Sicherungsmaßnahmen immer häufiger an Stelle von Aussteifungen oder anderer Verbaumethoden zur Anwendung. Da im innerstädtischen Bereich die Nutzung von Grundstücken und Flächen mit einem hohen Kostenfaktor verbunden sein können, spielen gerade nach einer Bauphase im Boden zurückbleibende Materialien bzw. Bauteile eine große Rolle. Beispielsweise sind Besitzer bzw. Eigentümer von Nachbargrundstücken – sofern sie dem Einbau von Ankern in ihrem Grundstück zustimmen – i.A. zu entschädigen, falls Verankerungen oder Teile davon unter ihrem Grundstück verbaut werden und in diesem auch dauerhaft verbleiben. Um diesen Kostenfaktoren entgegen zu wirken, werden oftmals ausbaubare Ankersysteme verwendet. Diese Masterarbeit befasst sich mit der Betrachtung der Problematik von ausbaubaren Ankern und ihren derzeit am Markt vorhandenen Produkten. In weiterer Folge wird auch ein Konzept für einen neuen Ansatz für den Ausbau von Ankern anhand von Labor- und Feldversuchen untersucht und validiert.

Dieses neue Konzept zum Ausbau von Ankern basiert auf dem Einsatz von explosionsfreiem Quellsprengstoff. Dabei wird untersucht, ob es grundsätzlich möglich ist, Temporäranker mittels Quellsprengstoff vollständig auszubauen, bzw. wie sich der Untergrund aber auch der Verbundkörper bei einem derartigen Ausbau verhält.

Dazu werden Labor- sowie Feldversuche mit unterschiedlichen Ausführungsvarianten des Konzeptes durchgeführt. Die Laborversuche werden unter Zuhilfenahme eines Ankerprüfrahmens im Labor des Instituts für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik durchgeführt. Für die Feldversuche konnte an der Neubaustrecke der „S7 – Fürstenfelder Schnellstraße“, (Bereich Tunnel Rudersdorf) ein Versuchsfeld genutzt werden, um hier Bodennägel zu installieren, welche den Bereich der Haftstrecke eines ausbaubaren Ankers simulieren sollen.

Die Labor- und Feldversuche zeigten, dass durch den Einbau von explosionsfreien Quellsprengstoffen prinzipiell eine Herabsetzung des Verbundes zwischen Zugglied (Ankerstab) und Verpresskörper erzielt werden kann. Dadurch kann dieses unter Aufbringung einer Zugbeanspruchung aus dem Verpresskörper und damit aus dem Untergrund entfernt werden. Hiermit wird ermöglicht, dass keine metallischen Bauteile im Untergrund zurückbleiben, welche eine Beeinflussung dieses darstellen bzw. für nachfolgende Baumaßnahmen problematisch sein könnten.

Abstract

Investigations on removable anchors using non-explosive expanding material through laboratory and field tests

Anchors are increasingly used as temporary support measures for excavation pits instead of struts or other support methods. Since the use of neighbor plots in inner-city areas can be associated with a high cost factor, materials or components left in the ground play a major role, especially after a construction phase. For example, owners of neighbouring properties must be compensated if anchors or parts thereof are installed under their property and remain there permanently. To counteract these cost factors, removable anchor systems are often used. This master thesis deals with the problem of removable anchors and their current products on the market. Subsequently, a new concept for the production of removable anchors will be investigated and validated by laboratory and field tests.

This new concept for the removal of anchors is based on the use of non-explosive expanding material. It will be investigated whether it is generally possible to completely remove temporary anchors using expanding material and how the ground and the composite body behave in such a removal.

For this purpose, laboratory and field tests with different design variants of the concept are performed. The laboratory tests are carried out with the help of an anchor test frame in the laboratory of the Institute for Soil Mechanics, Foundation Engineering and Numerical Geotechnics. The new section of the “S7 - Fürstfelder Schnellstraße”, (area of the Rudersdorfer tunnel), has been used to install soil nails, which simulate the area of the bonding length of a removable anchor.

The laboratory and field tests showed that by installing non-explosive expanding materials, a reduction in the bond strength between the tension member (tie rod) and the grout body can be achieved in principle. As a result, the tension bars can be removed from the grout body and thus from the subsoil by applying a tensile load. As a result, no metallic components remain in the subsoil which could influence it or be problematic for subsequent construction measures.

Inhalt

1	Einleitung & Zielsetzung	1
2	Ankertechnik	3
2.1	Allgemeines	3
2.1.1	Entwicklung der Ankertechnik	3
2.1.2	Arten der Ankertechnik	5
2.2	Ausbaubare Anker	9
2.2.1	Ausbau der Freispielstrecke – Werkstoff Stahl	9
2.2.2	Ausbau des gesamten Zugelementes – Werkstoff Stahl	11
2.2.3	Alternative Ausbaumethoden / Ankersysteme	12
2.3	Ankerkonstruktionen aus Kunststoff	14
2.3.1	Gesamter Verpressanker aus GFK	14
2.3.2	Zugglied aus GFK, Kopf aus Stahl	15
2.3.3	GFK – Verpressanker System Porr	15
3	Untersuchungen zu ausbaubaren Ankern	17
3.1	Konzept	17
3.1.1	Funktionsweise und Beschreibung von Quellsprengstoffen	17
3.1.2	Kurzbeschreibung Konzept zu ausbaubaren Ankern mittels Quellsprengstoff	19
3.2	Versuchsreihe 1	20
3.2.1	Versuchsplanung	21
3.2.2	Versuchsdurchführung und Dokumentation	23
3.2.3	Auswertung und Ergebnisse	25
3.3	Versuchsreihe 2	28
3.3.1	Versuchsplanung	28
3.3.2	Versuchsdurchführung und Dokumentation	30
3.3.3	Auswertung und Ergebnisse	31
3.4	Versuchsreihe 3 - Feldversuche	32
3.4.1	Versuchsplanung	32
3.4.2	Versuchsdurchführung und Dokumentation	36
3.4.3	Auswertung und Ergebnisse	38

3.5	Weiterentwicklung Ankerprüfrahmen	42
3.5.1	Bestehender Ankerprüfrahmen	42
3.5.2	Weiterentwicklung / Umbau	42
3.6	Messtechnik / Messeinrichtungen	43
3.6.1	Druckmanometer mit Handpumpensatz	43
3.6.2	Wegaufnehmer	44
3.6.3	Digitales Kraftmessgerät	44
4	Resümee und Ausblick	45
5	Literaturverzeichnis	47
6	Anhang	49

Abkürzungen

BMVIT	[-]	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
CFK	[-]	Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
DIN	[-]	Deutsches Institut für Normung
EC	[-]	Eurocode
EN	[-]	Europäische Normen
EPS	[-]	Expandiertes Polystyrol
GFK	[-]	Glasfaserverstärkter Kunststoff
PVC	[-]	Polyvinylchlorid
XPS	[-]	Extrudierter Polystyrol

1 Einleitung & Zielsetzung

Mit dem Beginn der Energiewende haben Themen wie die Nachhaltigkeit bzw. die Schonung von Ressourcen auch im Bauwesen Einzug gehalten. In einer Zeit, in der ein Umdenken in Bezug auf Wiederverwendbarkeit und ressourcenschonende Rohstoffverwendung besteht, sollen auch im Bauwesen diese Gedankengänge eine größere Rolle spielen. Dabei muss die Sicherheit von Bauwerken und Konstruktionen jedoch immer oberste Priorität haben. Ein substanzieller Beitrag zum Energiebedarf der Gesellschaft wird aber auch in der Geotechnik geleistet. (Triantafyllidis, 2019)

Ebenso befinden wir uns zum jetzigen Zeitpunkt im Zeitalter der Digitalisierung, diese hat beinahe in alle Bereichen unseres Alltags Einzug gefunden. Doch gerade auf der Baustelle, sind es vermehrt noch altbewährte Systeme, die zum Einsatz kommen, da eben auf jahrelange Erfahrungen gebaut werden kann. Trotzdem finden Verbesserungen und Neuentwicklungen, die den Arbeitsaufwand erheblich minimieren und sicherer sowie ökonomischer gestalten, immer stärker Gehör.

Seit vielen Jahren wird in der Geotechnik an der Weiterentwicklung bzw. Verbesserung von bestehenden geotechnischen Systemen und Bauverfahren gearbeitet. Gerade temporäre Konstruktionen wie beispielsweise Verankerungen für die Herstellung von Baugruben erfordern z.B. durch die Vorgabe ressourcenschonender Bauweisen oder die möglichst geringe Beeinflussung von Nachbargrundstücken Optimierungspotential. Im Laufe der Zeit wurden unterschiedlichste Systeme ausbaubarer Anker entwickelt, welche einen vollständigen oder fast vollständigen Ausbau der Zugglieder ermöglichen. Die gegenständliche Masterarbeit setzt sich mit der Thematik ausbaubarer Zuelemente auseinander, wobei im Detail folgende Fragestellungen abgehandelt werden:

- In Form einer Literaturrecherche werden bisher bekannte Systeme zu ausbaubaren bzw. wiedergewinnbaren Ankern aufbereitet;
- Die Entwicklung eines neuartigen Systems für ausbaubare Stabanker wird mittels Labor- und Feldversuchen eingehender untersucht;
- Die erforderlichen Weiterentwicklungsschritte für die Verwendung des entwickelten Systems zu ausbaubaren Ankern werden aufgezeigt.

Ziel dieser Masterarbeit ist die Entwicklung und Untersuchung eines ausbaubaren Ankersystems, welches auf der Anwendung von Quellsprengstoff basiert. Dieses nicht-explosive Gemisch aus Calciumoxid und Portlandzement wird dazu verwendet, um den Verbund zwischen Zugglied und Verpresskörper derart zu reduzieren, dass ein Herausziehen des Zuggliedes ermöglicht wird.

Hierzu wird einleitend ein kurzer Einblick in die Ankertechnik gegeben. Wobei die Entstehung von Ankern, deren Weiterentwicklung und die gebräuchlichsten

Ankertypen bis hin zu den derzeitig bekannten Systemen ausbaubarer Anker beschrieben werden.

Darüber hinaus, wurde ein Konzept mit entsprechenden Versuchsreihen zu einem alternativen ausbaubaren Stabankersystem entwickelt. Mithilfe von Ausziehversuchen wird in Labor- und Feldversuchen die Ausbaubarkeit dieses Ansatzes nachgewiesen.

In weiterer Folge werden zudem die möglichen Schritte einer Weiterentwicklung dieser Methodik aufgezeigt, um darauf aufbauend die praktische Umsetzbarkeit dieses Systems, aber auch eine Anwendbarkeit der vorgestellten Methoden auf Litzenanker zu ermöglichen.

2 Ankertechnik

Anker oder generell Zugelemente kommen in der Geotechnik sehr häufig zur Anwendung. Diese Bauelemente werden unter anderem verwendet um Hangsicherungen, Baugrubenumschließungen oder Stützkonstruktionen herzustellen. Nachfolgend soll eine kurze Einleitung in die Ankertechnik gegeben werden, um anschließend auf zwei spezielle Fragestellungen bei der Anwendung derartiger Bauelemente einzugehen.

2.1 Allgemeines

Bei aktuellen Bauvorhaben im Hoch- und Infrastrukturbereich ist die Ankertechnik auf kaum einer Baustelle mehr wegzudenken. Um Erddruckkräfte aufnehmen zu können, wurde beispielsweise noch zu Beginn der Sechzigerjahre vorwiegend mit Aussteifungssystemen gearbeitet. Diese resultierten zum einen in einer konstruktiven Problemstellung (z.B. Knicken) zum anderen ergaben sich daraus oftmals auch erhebliche Einschränkungen in Bezug auf den Bauablauf und den Baubetrieb. Somit ähnelte solch ein Baugrube eher einer Stahlbaustelle (Abb. 1, links), mit eingeschränktem Arbeitsräumen für größere Geräte. Nach und nach wurden diese Steifen durch Verpressanker ersetzt. (Abb. 1, rechts) (Witt, 2018)



Abb. 1: Baugruben, links: ausgesteift (Bauer Spezialtiefbau 2019), rechts: geankert (IBG, 2019)

2.1.1 Entwicklung der Ankertechnik

Bereits in den Vierzigerjahren begann die Entwicklung von vorgespannten Verpressankern in Frankreich. Die Firmen „Rodio“ und „Sondages, Étanchement, Consolidation“ (heute Solétanche Bachy) bewältigten als erste die

Schwierigkeiten der Verankerungen eines Stahlzugglieds im Kopfbereich und im Bereich der Verpresskörper. In ersten Versuchen konnten Ankerkräfte von bis zu 12 MN erreicht werden, welche zu beachtlichen Dimension der Ankerkonstruktion führten. Die Verankerungstrecken dieser Anker lagen vorerst nur im Festgestein (Fels) oder dem Massenbeton von Staumauern. Erst gut 20 Jahre später wurde mit der Entwicklung von Verpressankern im Lockergestein begonnen. Hierzu trug die Firma „Bauer“ maßgeblich durch die Entwicklung des Ankers, beim Bau eines Gebäudes des Bayerischen Rundfunk (Abb. 2) bei. In weiterer Folge musste das Problem der Korrosion adressiert werden, um aus den ursprünglichen Temporärankern mit kurzer Nutzungsdauer, Daueranker zur dauerhaften Einleitung von Zugkräften in den Untergrund, zu entwickeln. Zusätzlich wurde eine Bauaufsichtliche Regelung der Ankertechnik erforderlich, welche den Weg für die DIN 4125-1 (1972) ebnete, im Jahr 1976 erschien Teil 2 (DIN 4125-2, 1976) der Norm für Daueranker. In weiterer Folge wurde mit Erscheinen der DIN EN 1537 (2014) im Januar 2001, die DIN 4125 (1976) aufgrund europäischer Vereinbarungen zurückgezogen. (Witt, 2018)



Abb. 2: Baugrube des Bayerischen Rundfunks (BR – Archiv, 2019)

In Österreich ersetzt die ÖNORM B1997-1-1 (2013) die bis dahin gültige ÖNORM B1997-1-1 (1997). Hauptbestandteil der Änderungen betrifft das Kapitel 4.6 Verankerungen, welches Regelungen für die Bemessung der drei Kategorien: Verpressanker, Verpresspfähle und Nägel beinhaltet. (Marte, 2018) Zudem sind in Österreich bei der Planung und Herstellung geankerter Konstruktionen noch andere technische Regelwerke wie etwa die EN 1537 (2015), EN 14199 (2016), EN 14490 (2010) bzw. die zugehörigen RVS Richtlinien für die Prüfung und Beurteilung derartiger Konstruktionen aber auch die Planung gültig.

In Österreich existiert eine Liste (Abb. 4) von zugelassenen Systemen für den Bereich Bundesstraßen (Republik Österreich) auf der Homepage des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. (Horvatits, 2019)

2.1.2 Arten der Ankertechnik

In folgendem Unterkapitel wird auf die drei übergeordneten Arten (Verpressanker, Verpresspfähle und Nägel) der Ankersysteme eingegangen und diese näher beschrieben, wobei sich die Definitionen auf den Eurocode 7 (2014) beziehen.

2.1.2.1 Verpressanker

Im Allgemeinen kann zwischen vorgespannten und nicht vorgespannten Systemen unterschieden werden. Die geplante Lebensdauer eines Ankers hat eine Auswirkung auf den geforderten Korrosionsschutz bzw. die allgemeine Anwendbarkeit eines Systems. Als Definition für Kurzzeitanker wird eine Lebensdauer von maximal 2 Jahren angegeben, für Daueranker dementsprechend über 2 Jahre.

Prinzipiell besteht ein Verpressanker (Abb. 3) aus drei Hauptteilen, dem Stahlzugglied, dem Ankerkopf und dem Verpresskörper. Wobei das Stahlzugglied in der Regel in Längsrichtung frei beweglich ist und nach Erhärten des Verpresskörpers vorgespannt wird, wodurch sehr verformungsarme Stützsysteme hergestellt werden können.

Üblicherweise werden vorgespannte Verpressanker bei Stützkonstruktionen verwendet, um Verformungen zu minimieren beziehungsweise gering zu halten. Konstruktionen die mittels Verpressanker gesichert sind, bedürfen eine regelmäßige Nachprüfung der Vorspannkraft und des Korrosionsschutzes. (Marte, 2018)

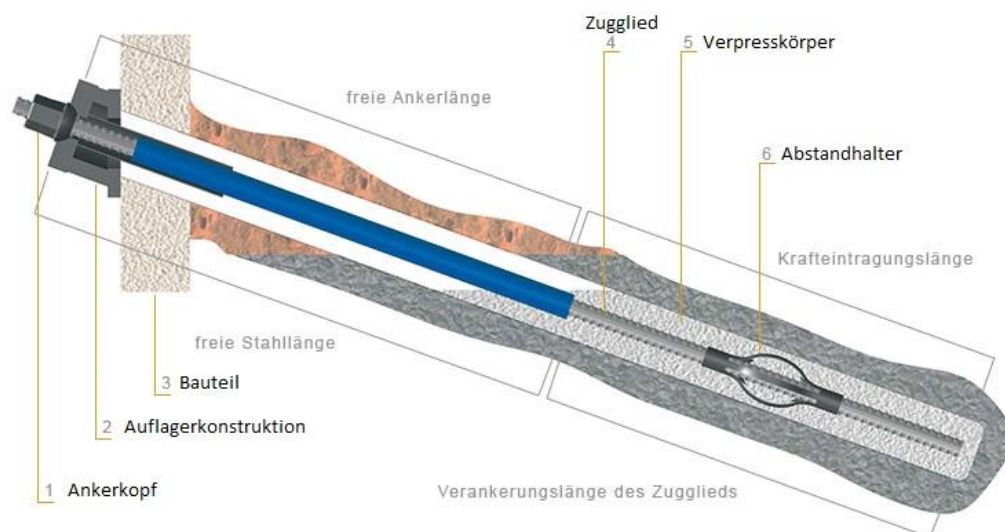


Abb. 3: Schemabild Verpressanker Dywidag (DSI, 2019)

Die in Österreich maßgebende Bezugsnorm für die Ausführung von Verpressankern ist die ÖNORM EN 1537 (2014), sie regelt ebenso die Prüfung dieser. Neben diesen technischen Regelwerken ist in Österreich für Ankersysteme auch eine Zulassung erforderlich. Ein Auszug des Letztstandes zu diesen ist in Abb. 4 zu erkennen.

Stand: 03. April 2019

ANKER: ZULASSUNGEN								
Antragsteller/ Hersteller	Produktname	Produktdetails	Geschäftszahl der Zulassung	Genehmigung	Geltungsdauer	Überwacher	Bezug	Bemerkung
ANP - SYSTEMS GMBH	ANP - Litzenanker; Kurzzeitanker, erweiterter Kurzzeiteinsatz, kontrollierbarer Daueranker; optional Stufenanker	Zugglied: Spannstahlstütze Y 1770S7-15,3/15,7 und Y 1860S7-15,3/15,7 (140 und 150 mm ²) mit 2 bis 15 Litzen	BMVIT-327.120/0008- IV/ST2/2018 Nachfolge von BMVIT-327.120/0018- IV/ST2/2014	13. Sep. 18	13. Sep. 23	TÜV AUSTRIA TVFA	ÖNORM EN 1537, ÖNORM B 1997-1-1, ETAG 113	Spannverfahren nach ETA-08/0012 Cerema
ANP - SYSTEMS GMBH	ANP - Einstabanker SAS 950; Kurzzeitanker, erweiterter Kurzzeiteinsatz, Daueranker	Zugglied: Spannstahlstab Y1050H mit Gewinderippung, Ø 18, 26,5, 32, 36, 40, 47 mm	BMVIT-327.120/0003- IV/IVVS2/2019 Nachfolge von BMVIT-327.120/0011- IV/IVVS2/2018	11. Mrz. 19	11. Mrz. 24	TÜV AUSTRIA TVFA	ÖNORM EN 1537, ÖNORM B 1997-1-1, ETAG 013	Spannverfahren SAH nach ETA- 05/0122 OIB
ANP - SYSTEMS GMBH	ANP - Einstabanker SAS 670 für Boden und Fels; Kurzzeitanker, erweiterter Kurzzeiteinsatz, Daueranker	Zugglied: Stabstahl (Betonstahl) für die Geotechnik S 670/800 mit Gewinderippung, Ø 18, 22, 25, 28, 30, 35, 43, 50, 57,5, 63,5, 75 mm	BMVIT-327.120/0015- IV/ST2/2015 Nachfolge und Erweiterung von BMVIT-327.120/0012- II/ST2/2011	30. Jun. 15	30. Jun. 20	TÜV AUSTRIA TVFA	ÖNORM EN 1537, ÖNORM B 1997-1-1	Systemzu- lassung
DSI Underground Austria GmbH	Ausbaubarer DYWIDAG- Litzendruckrohranker QuickEx® als Kurzzeitanker und mit erweitertem Kurzzeiteinsatz	Zugglied: Spannstahlstütze Y 1770S7-15,3/15,7 und Y 1860S7-15,3/15,7 (140 und 150 mm ²) mit 2 bis 7 Litzen	BMVIT-327.120/0003- IV/IVVS2/2017 Nachfolge von BMVIT- 327.120/0028- IV/IVVS2/2015	13. Jun. 17	24. Feb. 18	TÜV AUSTRIA TVFA	ÖNORM EN 1537, ÖNORM B 1997-1-1, ETAG 013	Spannverfahren DSI nach ETA-13/0815 OIB Spannverfahren SUSPA DSI nach ETA 06/0025 OIB
DSI Dywidag- Systems International GmbH	Stabspannstahlanker; Kurzzeitanker, erweiterter Kurzzeiteinsatz, Daueranker	Zugglied: Spannstahlstab Y1050 H mit Gewinderippung, Ø 17,5, 26,5, 32, 36, 40, 47 mm	BMVIT-327.120/0006- IV/ST2/2015 Nachfolge und Erweiterung von BMVIT-327.120/0053- IV/ST2/2011	15. Jun. 15	29. Jun. 18	TÜV AUSTRIA TVFA	ÖNORM EN 1537, ÖNORM B 1997-1-1, ETAG 013	Spannverfahren DSI nach ETA-05/0123 OIB
DSI Underground Austria GmbH	Nachspannbarer DYWIDAG-Litzenanker; Kurzzeitanker, erweiterter Kurzzeiteinsatz, Daueranker; optional Stufenanker	Zugglied: Spannstahlstütze Y 1770S7-15,3/15,7 und Y 1860S7-15,3/15,7 (140 und 150 mm ²) mit 2 bis 15 Litzen	BMVIT-327.120/0017- IV/IVVS2/2018 Nachfolge von BMVIT-327.120/0008- IV/ST2/2015	3. Apr. 19	3. Apr. 24	TÜV AUSTRIA TVFA	ÖNORM EN 1537, ÖNORM B 1997-1-1, EAD 160004-00- 0301 (früher ETAG 013)	Spannverfahren DSI nach ETA-13/0815 OIB Spannverfahren SUSPA DSI nach ETA-13/0839 OIB
Keller Grundbau Ges.m.b.H.	KELLER-Litzenanker; Kurzzeitanker, erweiterter Korrosionsschutz, kontrollierbarer Daueranker; optional Mehrfachanker	Zugglied: Spannstahlstütze Y 1770S7-15,3/15,7 und 1860S7-15,3/15,7 (140 und 150 mm ²) mit 2 bis 15 Litzen	BMVIT-327.120/0004- IV/IVVS2/2016 Nachfolge von BMVIT-327.120/0041- IV/ST2/2012	2. Dez. 16	2. Dez. 21	TÜV AUSTRIA TVFA	ÖNORM EN 1537, ÖNORM B 1997-1-1, ETAG 013	Spannverfahren CCL nach ETA- 07/0035 Cerema

Abb. 4: zugelassene Ankersysteme in Österreich (BMVIT, 2019)

2.1.2.2 Verpresspfähle

Gemäß der ÖNORM EN 14199 (2016) sind Verpresspfähle (Abb. 5), verpresste Mikropfähle oder verpresste Verdrängungspfähle gemäß ÖNORM EN 12699 (2015). In der Regel sind dies einzeln wirkende Konstruktionselemente, welche über die gesamte Länge verpresst sind und über die gesamte Länge des Zugglieds in Verbund mit dem Untergrund stehen. Aus diesem Grund werden diese nicht vorgespannt und ihre Bewehrung (Spannstahl oder Betonstahl) wird in die rückzuhaltende oder stützende Konstruktion mit Bewehrungsübergriffen

eingebunden. Zusätzlich kann auch eine Spaltzugbewehrung im Pfahlkopf erforderlich sein. (Marte, 2018)

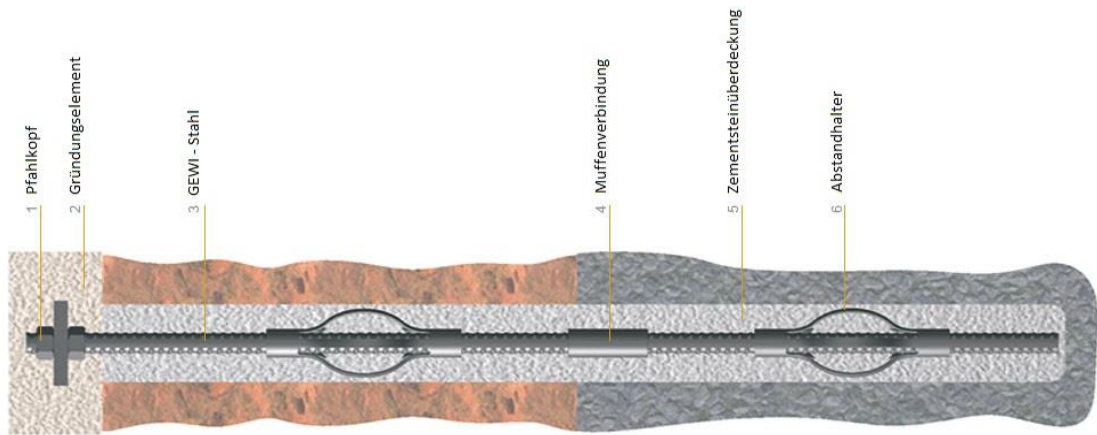


Abb. 5: Schemaskizze Verpresspfahl Dywidag (DSI, 2019)

Die erste Verwendung von Verpresspfählen dürfte zu Beginn der Fünfzigerjahre stattgefunden haben. Fernando Lizzi setzte in Italien Wurzelpfähle oder Mikropfähle (Abb. 6) für Nachgründungen ein. Mit der im Jahr 1983 erschienenen DIN 4128 (1983) „Verpresspfähle (Ortbeton- und Verbundpfähle) mit kleinem Durchmesser – Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung“ vergrößerten sich die Mengen, von in Deutschland eingebauten Verbundpfählen. Mittlerweile gilt die DIN EN 14199 (2012) „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Mikropfähle, deutsche Fassung EN 14199 (2015)“ (Witt, 2018)

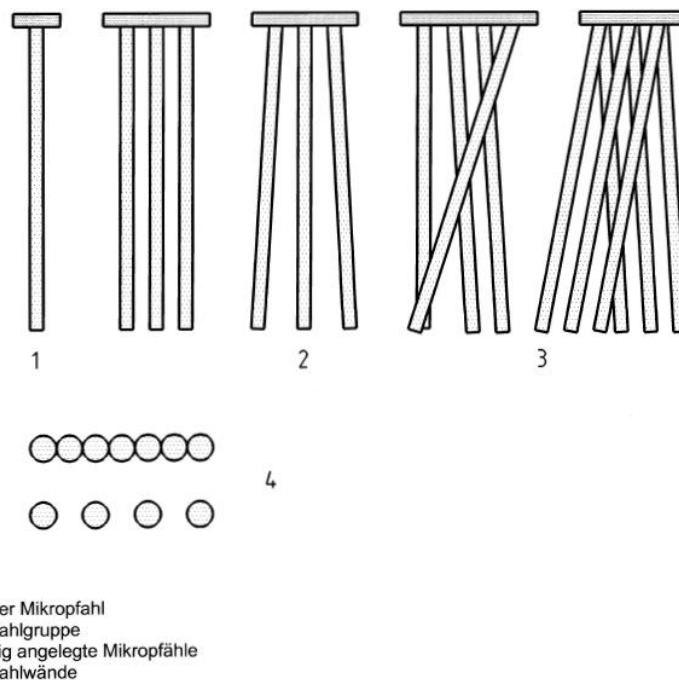


Abb. 6: Beispiel für Mikropfahltragwerke (ÖNORM EN14199)

Die in Österreich maßgebenden Bezugsnormen für die Ausführung von Verpresspfählen sind die ÖNORM EN 14199 (2016) und die ÖNORM EN 12699 (2015), sie regeln ebenso die Prüfung dieser. Gemäß dieser Normen müssen mindestens 3 % der Verpresspfähle, beziehungsweise mindestens drei Verpresspfähle einer Belastungsprüfung unterzogen werden.

2.1.2.3 Nägel

Nägel sind stabförmige Konstruktionselemente, die einen Verbundkörper mit dem umgebenden Baugrund bilden und generell im Kollektiv wirken. Diese Bauweise wird als Bodenvernagelung bezeichnet. Der Einbau kann einerseits in einem Bohrloch versetzt oder selbstbohrend eingebracht werden. Andererseits ist es jedoch auch möglich den Nagel über die gesamte Länge verpresst sowie unverpresst oder mittels Verdrängungsverfahren einzubringen, wobei diese Methode jedoch häufiger bei Mikropfählen zum Einsatz kommt. In der Regel werden Vernagelungen (Abb. 7) zur Herstellung von Baugrubenböschungen oder anderen Einschnitten, der Sicherung von rutschgefährdeten Hängen aber auch zur Sanierung schadhafter Stützbauwerke verwendet.

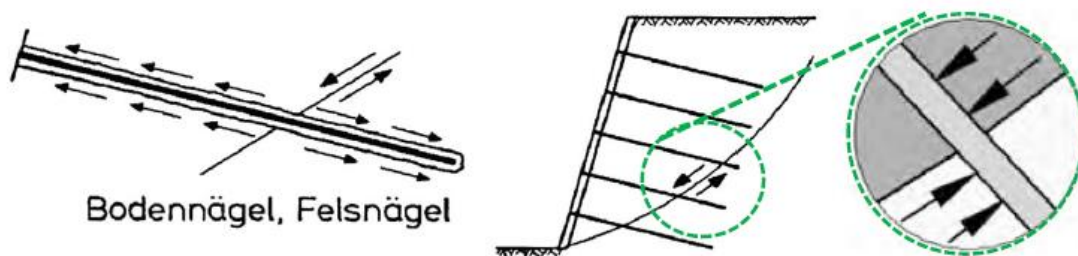


Abb. 7: Wirkungweise von Bodennägeln (L. Wichter & W. Meininger, 2000)

Mit dem Herstellen einer vernagelten Steilböschung im Jahr 1973 in Frankreich, begann die Geschichte der Vernagelung in der Geotechnik. 1984 erhielt die Firma Bauer Spezialtiefbau die erste allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Institut für Bautechnik. Durch die Einführung der DIN 1054 (2005) wurden Angaben zur Bemessung von Bodenvernagelungen gegeben. Seit 2010 gibt es die europäische Norm DIN EN 14490 (2010) „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bodenvernagelung“ wobei die deutsche Fassung mittlerweile zugelassen ist. (Witt, 2018)

Die in Österreich maßgebende Bezugsnorm für die Ausführung von Nägeln ist die ÖNORM EN 14490, sowie die französische Empfehlung Clouterre 1991 (Schlosser, 1991). Hinsichtlich der Eignungsprüfung wird gemäß der ÖNORM EN 14490 (2010) in den Schadensfolgeklassen unterschieden. In der Schadensfolgekategorie CC 1 und CC 2 sind mindestens 2 % beziehungsweise mindestens drei Nägel zu prüfen, wohingegen in der Schadensfolgekategorie CC 3

mindestens 3 % beziehungsweise mindestens 5 Nägel einer Prüfung zu unterziehen sind.

2.2 Ausbaubare Anker

Immer kleiner werdende Baulücken im innerstädtischen Bereich und die Erfordernisse von Verankerungen bei der Herstellung dieser, führen in den meisten Fällen zur Inanspruchnahme von Fremdgründen oder der in der Einleitung zu dieser Arbeit bereits angeführten Aussteifung der Baugrube. Jedoch besteht beispielsweise auf die Nutzung von Fremdgrund, bis auf wenige Ausnahmen mit öffentlichem Interesse, kein Rechtsanspruch. Daher sind entsprechende Vereinbarungen mit den Eigentümern der Fremdgründe zu treffen. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Vereinbarungen ist das hindernisfreie Hinterlassen, der in Anspruch genommenen Grundstücke, sprich Zugglieder aus Stahl sind nach Fertigstellung des Bauwerkes zu entfernen. Sollten Teile dieser Verankerungen nicht rückgebaut werden, so ist es üblich, eine Ablösesumme (pro Laufmeter oder je Stück Zugglied) zu vereinbaren, um etwaige Behinderungen bei künftigen Bauprojekten, wie zum Beispiel Tunnelbauten, zu berücksichtigen. (Buchacher, Gutsche, 2017)

Im Grunde gibt es verschiedene Systeme zu ausbaubaren Ankerlösungen. Zum einen werden diese Anker anhand ihres Werkstoffes (Stahl, Kunststoff) unterschieden, zum anderen wird zwischen der Ausbaulänge (nur Freispielstrecke oder gesamte Zuggliedlänge) unterschieden. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Möglichkeiten zu ausbaubaren Ankern beschrieben.

2.2.1 Ausbau der Freispielstrecke – Werkstoff Stahl

Um den Rückbau der Freispielstrecke von Stabankern überhaupt zu ermöglichen, ist eine Muffenverbindung am Übergang zwischen Freispielstrecke zur Haftstrecke nötig. Siehe dazu Abb. 8, in welcher die Freispielstrecke mit L_{free} gekennzeichnet ist. Wenn der Anker seine Aufgabe erfüllt hat, wird er entspannt und kann anschließend durch Drehen des Stabes aus der Muffe geschraubt werden. Im Grunde ein recht einfaches System, welches beim Einbau jedoch große Sorgfalt erfordert. Es muss darauf geachtet werden, dass kein Kontakt zwischen Muffe und Zementstein des Verpresskörpers besteht, welcher den Drehverschluss blockieren könnte.

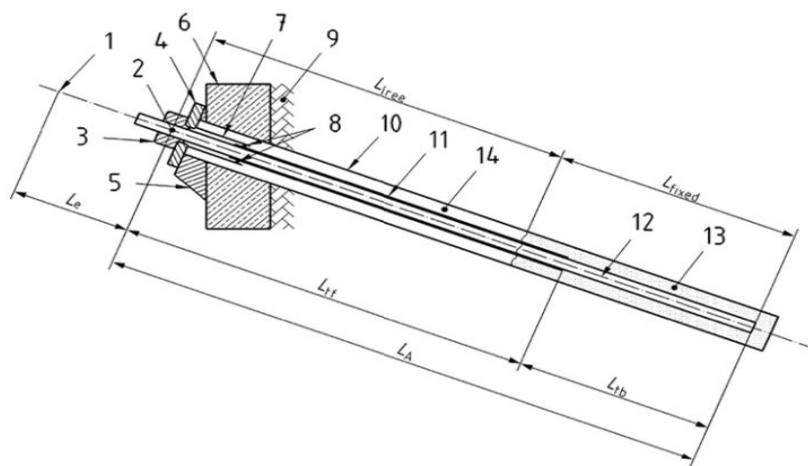


Abb. 8: Systemskizze Verbundanker (ÖNORM EN 1537, 2015)

Nachfolgend wird das System Dywidag Systems International – „*Kurzzeitanker mit Ausbaubarer Freier Länge*“ (Dywidag Systems International, 2020) dargestellt (siehe Abb. 9). Dieses System zeichnet sich durch die spezielle Ausbaumuffe im Übergangsbereich, zwischen Haftlänge und freier Stahlänge aus. Wie bereits erwähnt, muss bei der Herstellung auf eine klare Trennung des Zementleims vom Verpresskörper und der Ausbaumuffe geachtet werden, um einen reibungslosen Ausbau zu ermöglichen.

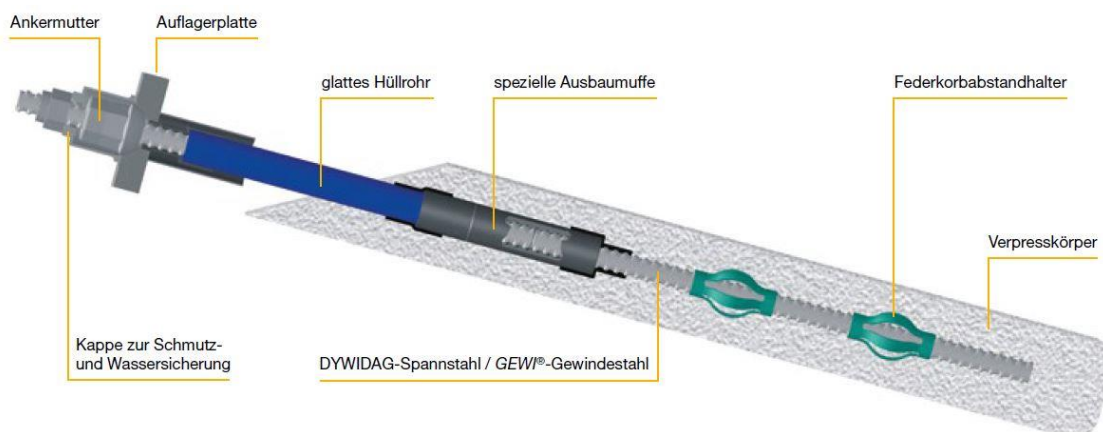


Abb. 9: Kurzzeitanker mit Ausbaubarer Freier Länge (Dywidag Systems International, 2020)

Die Methodik funktioniert ähnlich bei Litzenankern, wobei hier die Abtrennung mittels einer Sollbruchstelle erzeugt wird. Hierzu werden die einzelnen Litzen an der Sollbruchstelle werkseitig durch induktives Erwärmen geschwächt, woraus eine geplante Schädigung des Werkstückes, in Form einer Reduktion der Zugfestigkeit entsteht. Zum Ausbau werden die Litzen mittels hydraulischer Spannpressen bis zum Bruch belastet. (Buchacher, Gutsche, 2017) Anschließend kann der Bereich der Freispielstrecke des Ankers aus dem Bohrloch gezogen werden und stellt somit keine Beeinträchtigung des Untergrundes mehr dar.

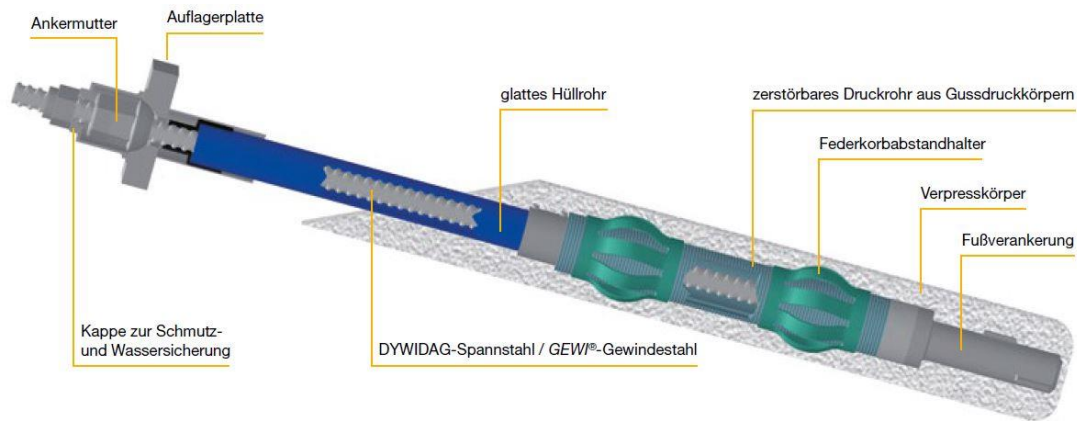


Abb. 11: Kurzzeitanker, Kompletter Ausbau (Dywidag Systems International, 2020)

Wenn Litzen als Zugglieder verwendet werden, unterscheidet sich die Ausbaumethode hingegen deutlich, da die Verwendung von Sollbruchstellen bei Litzenanker nicht gänzlich risikofrei ist.

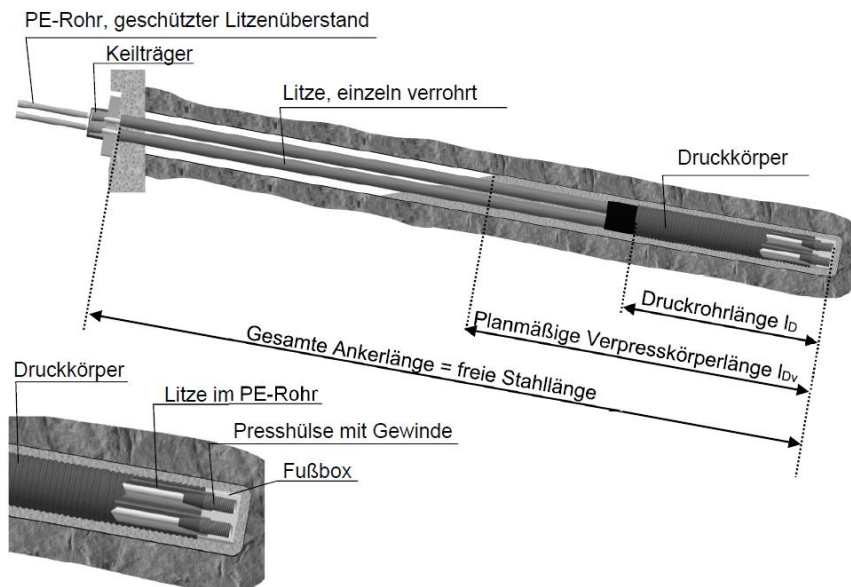


Abb. 12: Ausbauprinzip DSI QuickEx® Systems (DSI, 2019)

Die einzelnen Litzen werden dabei in je einem Schutzrohr geführt, um eine Verbindung mit Zementstein zu verhindern. Beim Ausbau müssen die Litzen als Erstes entspannt werden, um im Anschluss aus ihren Verankerungen geschraubt werden zu können. Wird der Einbau ordnungsgemäß durchgeführt, kann der Ausbau mit einer Zange händisch erfolgen. Da jede einzelne Litze ein eigenes Schutzrohr benötigt, erhöht sich dadurch auch der Querschnitt des Ankertyps (Abb. 12), woraus ein größerer Bohrdurchmesser resultiert. (Buchacher, Gutsche, 2017) (Dedic, Wörle, 2017)

2.2.3 Alternative Ausbaumethoden / Ankersysteme

Das „wiedergewinnbare Litzenanker System Keller“ (Keller-MTS AG, 2020) verwendet einen Umlenksattel, welcher die Litzen wieder bis zum Ankerkopf

führt. Nach Entspannen des Ankers mittels geeigneter Hohlkolbenpressen, können nahezu alle Stahlteile, bis auf den Umlenksattel, rückgebaut werden. Für diesen Vorgang wird eine speziell konstruierte Winde benötigt (siehe Abb. 13). Die Ausziehkräfte der einzeln umgelenkten Litzen werden mit etwa 10 Tonnen beziffert. Der Platzbedarf beim Ausbau dieses Ankers ist im Vergleich zu andern System sehr gering. Eine hohe Belastbarkeit von bis zu 150 Tonnen und die verlässliche Rückbaubarkeit des gesamten Spannstahles wird als Vorteil gesehen. Als negativer Aspekt dieses Systems wird die Wirtschaftlichkeit nur bei vergleichsweise geringen Ankerlasten genannt. (P. Stockhammer, 1995)

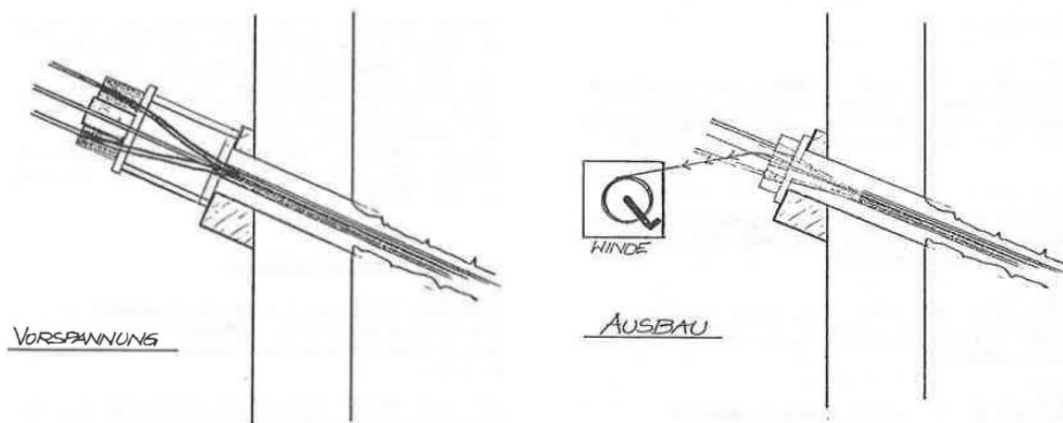


Abb. 13: Ausbau des wiedergewinnbaren Litzenanker System Keller (P. Stockhammer, 1995)

Als radikal andere Lösungsansatz lässt sich die Spaltung des Verpresskörpers, um den Verbund zu lösen, bezeichnen. Hierbei wird bei Verwendung von Litzenankern, am Bohrlochtiefsten einer nichtgenutzten Litze ein Konus befestigt. Dieser Konus wird mithilfe einer hydraulischen Presse durch den Verpresskörper ausgezogen, wodurch der Zementstein zerstört wird.

Ein ähnliches System steckt auch hinter der sogenannten Schockmethode, welches auf eine Zerstörung des Verpresskörpers hinausläuft. Mittels einer Sprengschnur die in einem zentral und freien Kunststoffrohr geführt wird, soll eine gezielte Sprengung die Stahlteile vom Verpresskörper trennen, um diese in weiterer Folge ausbauen zu können. Nachteil dieser Methode ist die Notwendigkeit eines Gutachtens eines Sprengsachverständigen sowie auch eine Sprengbefugnis für das betrachtete Bauvorhaben. Des Weiteren kann die Verwendung von Sprengstoffen im Untergrund auch zum Eintrag von Schwingungen in den Untergrund und den damit verbundenen Nachteilen führen.

Als weitere Methode ist ein Litzenankersystem bekannt, welches entweder mit einem Brandsatz aus Thermit oder mit einer elektrischen Induktionsspule (Induktor siehe Abb. 14) ausgestattet ist. Diese Trennvorrichtungen sind am Übergang zwischen Freispiel- und Verbundstrecke platziert. Die Induktionsspule ermöglicht es, das Zugglied auf eine Temperatur von über 600° C zu erwärmen.

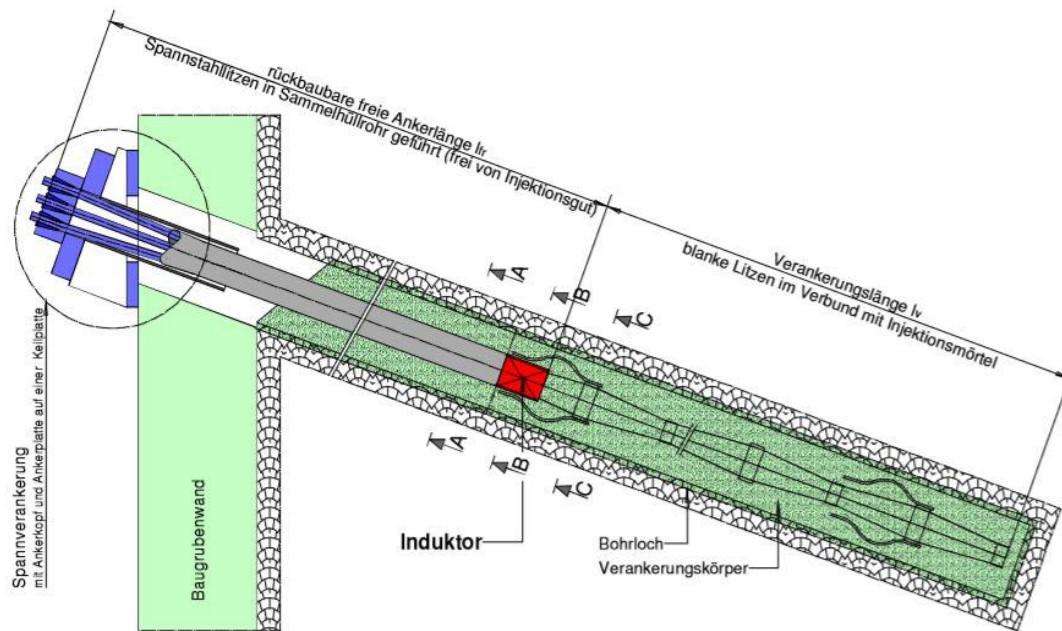


Abb. 14: Rückbaubarer Anker – Stahlton – CT (Stahlton Bautechnik, 2016)

Bei solch hohen Temperaturen fällt die Festigkeit von Stahllitzen auf unter 10 % des üblichen Wertes, wodurch das Zugglied an dieser Stelle abgerissen wird.

2.3 Ankerkonstruktionen aus Kunststoff

Als Alternative zu den heute gängigen Methoden zur Herstellung eines Ankers wird neben Stahl auf den Werkstoff GFK (Glasfaserverstärkter Kunststoff) oder CFK (Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff) zurückgegriffen. In der Herstellung und Produktion sind CFK-Werkstoffe deutlich teurer, weshalb oftmals die günstigeren GFK-Werkstoffe zur Verwendung kommen.

Als Vorteil bei der Verwendung von GFK als Zugelement in Ankern, lassen sich die vergleichbar geringen Widerstände, gegen Querkräfte anführen. Dadurch stellt ein Verbleib dieser im Boden keine erheblichen Probleme dar. Der E-Modul von GFK-Werkstoffen beträgt in etwa 50.000 N/mm², im Vergleich zu 210.000 N/mm² der Spannstähle. Deshalb ergeben sich beim Spannvorgang erheblich größere Dehnwege gegenüber Spannstahl. (Buchacher, Gutsche, 2017)

Nachfolgend sollen zwei Ausführungsmöglichkeiten von GFK-Verpressankern und der GFK-Verpressanker System Porr angeführt werden.

2.3.1 Gesamter Verpressanker aus GFK

Die oben erwähnte geringe Widerstandsfähigkeit gegen Querkraft stellt bei Verpressankern aus GFK ein großes Problem dar, da im Bereich der Krafteinleitung eine große Reduktion der aufzubringenden Kräfte stattfinden muss. Ob schlussendlich ein Stab- oder Litzenanker verwendet wird, ist irrelevant da im Ankerkopfbereich Kräfte immer umgelagert werden müssen. Wenn die

Ausbildung des Ankerkopfes in GFK erfolgt, ergibt sich in weiterer Folge auch eine erhebliche Gefahr der Beschädigung des Ankers (bzw. Ankerkopfes) durch mechanische Belastung. Durch den Baustellenverkehr (Umheben von Schalungselementen etc.) lässt sich ein Kontakt mit dem Ankerkopf niemals hundertprozentig ausschließen, welcher dadurch beschädigt und unbrauchbar werden könnte. Zusätzlich sind spezielle Spannpressen für den Vorspannprozess notwendig.

2.3.2 Zugglied aus GFK, Kopf aus Stahl

Die in Kapitel 2.3.1 erwähnten Nachteile in Bezug auf den Ankerkopf können durch eine kombinierte Konstruktion aus Stahl und GFK weitestgehend minimiert werden. Der aus Stahl bestehende Ankerkopf wäre wesentlich robuster gegen äußere Einflüsse und kann mit konventionellen Spannpressen bearbeitet werden.

2.3.3 GFK – Verpressanker System Porr

Seit Mai 2015 ist die Fa. Porr Bau GmbH im Besitz eines Patentes zur Ausbildung von GFK-Litzenankern mit einer Kopfausbildung aus Stahl. In den Versuchsreihen für die Patenterlangung zeigten sich erhebliche Qualitätsunterschiede der GFK-Stäbe, welche auf die unterschiedlichen Hersteller zurückzuführen waren. Selbst die Streuung der Qualität verschiedener GFK-Stäbe eines Herstellers war so groß, dass diese für eine Verwendung als Verpressanker nicht in Frage kommen würden.



Abb. 15: links: gerissener GFK Stab, rechts: Detail des Übergangsbereichs (Buchacher, Gutsche, 2017)

Als Vorteil des GFK-Werkstoffes lassen sich die flexiblen Eigenschaften sehen, welche eine gerollte Zulieferung von einzelnen Stäben ($\varnothing < 16$ mm) und somit fertigen Ankern auf die Baustelle ermöglichen. Der Ankerkopf dieser Ausführung besteht aus einem Stabanker als Zugglied, sowie einer Übergangshülse (siehe Abb. 15, rechts). Diese Übergangshülse dient der Führung der einzelnen GFK-Stäbe. Der verbleibende Hohlraum zwischen GFK-Stab und Übergangshülse wird mittels

Kunstharz vergossen, um eine Kraftübertragung zu ermöglichen. (Buchacher, Gutsche, 2017)

„Bei bisherigen Feldversuchen wurden bereits Ankerkräfte von 800 kN (charakteristisch) realisiert. Durch weitere Optimierungen sind mittelfristig Ankerkräfte von 1.000 kN in greifbarer Nähe. Diese Ankerkräfte sollten für die Mehrheit an Baugrubensicherungsaufgaben ausreichen und somit auch wirtschaftlich eingesetzt werden können.“ (Buchacher, Gutsche, 2017)

3 Untersuchungen zu ausbaubaren Ankern

Mit dem nachfolgenden Kapitel soll ein neues Konzept zu ausbaubaren Ankern anhand einer Versuchsdurchführung bis hin zur Auswertung und den Weiterentwicklungsmöglichkeiten beschrieben werden. Die Vorversuche zu diesem Konzept wurden im Masterprojekt „*Entfernung von Bodenankern*“ (Jantscher, 2018) durchgeführt.

3.1 Konzept

Grundsätzlich soll der Verbund eines Ankerstabes mit dem Verpresskörper unter Einsatz von explosionsfreiem Quellsprengstoff reduziert bzw. abgemindert werden. Dieser soll über Nachverpressschläuche in den Verpresskörper eingefüllt werden. Zuzufolge der Reaktion des Quellsprengstoffes, welche mit einer Volumenzunahme einhergeht, sollte sich das Zugglied idealerweise relativ einfach aus dem Verpresskörper ziehen lassen. Der Ankermörtel welcher durch den Quellsprengstoff in mehrere Einzelstücke zerbrochen wurde, kann im Boden verbleiben, da dieser in weiterer Folge für eine hindernisfreie Bearbeitung des Baugrundes kein wesentliches Problem darstellen sollte.

Im Laufe der vorliegenden Masterarbeit wurden drei Versuchsreihen durchgeführt.

- **Versuchsreihe 1:** zwei verschiedene Hüllmaterialien (Stahl, PVC) wurden zur Nachbildung des durch den Bodenkörper ausgeübten Seitendrucks auf den Verpresskörper verwendet, eine Variante der Schlauchführung wurde untersucht;
- **Versuchsreihe 2:** ein Hüllmaterial (PVC) zur Nachbildung des Einflusses des Bodenkörpers, drei unterschiedliche Varianten der Schlauchführung;
- **Versuchsreihe 3 (Feldversuche):** unverrohrte Schneckenbohrung, drei Varianten der Schlauchführung.

3.1.1 Funktionsweise und Beschreibung von Quellsprengstoffen

Quellsprengstoff ist eine anorganische Zusammensetzung und besteht hauptsächlich aus gebranntem / ungelöschtem Kalk (Calciumoxid) und aus einem geringen Anteil an Portlandzement. Die Quellwirkung von gebranntem / ungelöschtem Kalk wurde zum Teil schon vor tausenden Jahren von den alten Ägyptern zum Spalten von Fels sowie für den gezielten Abbruch (Abb. 16) genutzt.



Abb. 16: Wirkungsweise Quellsprengstoff (Betonamit®, KUBATEC BMT AG, 2019)

Der chemische Prozess zur Umwandlung zu Löschkalk (CaO - Calciumhydroxid) wird mittels Zugabe von Wasser (H_2O) ausgelöst. Nachfolgend ist dies in der zugehörigen Reaktionsgleichung (1) abgebildet.



Infolge der Wasserzugabe wird eine exotherme Reaktion herbeigeführt, welche unter einer Vervielfachung des Volumens abläuft. Diese Volumenzunahme kann in weiterer Folge für den Beton- und Felsabbruch (vgl. Abb. 16) genutzt werden.

Der Arbeitsablauf (Abb. 17) zur Verwendung von explosionsfreien Quellsprengstoffen stellt sich im Allgemeinen für alle Quellsprengstoffe gleich dar. In der folgenden Kurzbeschreibung, sowie sämtlichen Versuchen dieser Masterarbeit wurde das Produkt Betonamit der Firma KUBATEC BMT AG verwendet. Daher wird nachfolgend auch auf die Anwendungsgrenzen und Rahmenbedingungen dieses Produktes eingegangen.

Im ersten Schritt werden Löcher gebohrt, beziehungsweise sind diese im Falle der hier beschriebenen Untersuchungen schon in Form von Nachverpressschläuchen (siehe Kapitel 3.1.2) vorhanden. Der Quellsprengstoff wird industriell in jeweils 5 kg Packungen abgefüllt, was die Handhabung auf der Baustelle wesentlich erleichtert. Auf eine Packung Quellsprengstoff kommen 1.2 Liter Wasser. Der Quellsprengstoff wird unter ständigem Rühren langsam zu einer fließfähigen, homogenen Masse vermischt. Eine Klumpenbildung ist unbedingt zu vermeiden. Die fertig gemischte Masse sollte innerhalb von 5 Minuten verarbeitet werden.

Die Reaktionszeit wird für den vorgeschlagenen Temperaturbereich von 5°C mit 10-36 Stunden bis hin zu 35°C mit 2-6 Stunden angegeben.



Abb. 17: Arbeitsablauf Quellsprengstoff (Betonamit®, KUBATEC BMT AG, 2019)

Die Anwendung von Quellsprengstoffen unterliegt keinen gesetzlichen Vorschriften bzw. Richtlinien, deshalb kann es auch von nicht speziell geschultem Personal, wie dies für klassische Sprengarbeiten der Fall wäre, verarbeitet werden.

3.1.2 Kurzbeschreibung Konzept zu ausbaubaren Ankern mittels Quellsprengstoff

Der Hauptanwendungszweck von Quellsprengstoff, ist die Zerstörung von unbewehrten Betonbauteilen. Wobei die in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Bohrungen zuvor hergestellt werden müssen. Empfohlen sind Bohrlochdurchmesser von 30–40 mm, welche in einem zuvor definierten Bohrlochraster angeordnet sein sollten. Der Bohrlochabstand des Rasters soll den zehnfachen Bohrlochdurchmesser aufweisen.

Dieses Funktionsprinzip kann tendenziell auch auf die Anwendung bei geankerten Konstruktionen umgelegt werden. Da für Zugelemente in der Geotechnik, im Unterschied zu den klassischen Anwendungsgebieten, abweichende Randbedingungen vorherrschen, sind hierzu folgende Überlegungen im Hinblick auf Vor- und Nachteile anzustellen:

- Geringere Querschnittsabmessungen im Vergleich zur Längsausdehnung;
- Zylindrische Bauteile mit geringem Durchmesser;
- Höhere Druckfestigkeiten des Zementkörpers;
- Unbewehrter Zementkörper;
- Größere Bewehrungsdurchmesser als bei klassischen Stahlbetonbauteilen;
- Nachträgliches Herstellen von Bohrungen nicht möglich;

- Zugelement nur im Kopfbereich zugänglich (im Idealfall);
- Bodenkörper könnte die Ausdehnung des Verpresskörpers infolge der Volumenzunahme des Quellsprengstoffes behindern bzw. reduzieren;
- Geneigte Lage (zur Horizontalen) der Bauteile.

Um die Anwendung in die dahinter liegende Grundidee zu prüfen, wurden erste Vorversuche (Jantscher, 2018) durchgeführt. Dabei wurde in ein PVC-Rohr, Trockenbeton eingebracht und mit einem Stabanker (SAS 950) bewehrt, welcher dabei das Zugglied simuliert.



Abb. 18: Vorversuche Quellsprengstoff; links: simuliertes Bohrloch, rechts: zerstörter Verpresskörper

Mit dem Einbringen des Trockenbetons, wurde in zwei Varianten, einerseits ein Injektionsschlauch, andererseits ein Injektionsschlauch mit Stoffummantelung mit einem Durchmesser von 30 mm eingelegt, um eine Bohrung zu simulieren. Nach einer Aushärtephase von 30 min wurden die jeweiligen Schläuche gezogen, um ein standfestes Bohrloch zu erzielen (siehe Abb. 18, links). Nach dem Abklingen der Reaktion des Quellsprengstoffes wurde ersichtlich, dass das beschriebene Konzept als prinzipiell möglich einzustufen ist (siehe Abb. 18, rechts).

3.2 Versuchsreihe 1

Nachfolgend wird auf die erste Versuchsreihe näher eingegangen, welche im Zuge dieser Masterarbeit durchgeführt wurde. Diese wurde im Laufe der Masterarbeit, aufgrund der vorgefundenen Versuchsergebnisse überarbeitet und adaptiert.

Die Versuchsplanung wurde in enger Zusammenarbeit mit der ANP Systems GmbH, welche die Herstellung der Versuchskörper an ihrem Betriebsstandort in 5061 Elsbethen Salzburg ausführte, abgestimmt.

Als weiter Ansprechpartner galt die KUBATEC BMT AG, welche das Quellsprengmittel für sämtliche Versuche zur Verfügung stellte.

Als Versuchskörper wurde der ANP-Einstabanker SAS 950 aus Spannstahl Y1050H mit Gewinderippung Durchmesser 36 mm für alle Versuchsreihen herangezogen. Der Versuchskörper änderte sich auf Grund von Auswertung und Weiterentwicklung nur im Detail.

Ebenfalls werden in den folgenden Unterkapiteln die Versuchsdurchführung und Dokumentation bis hin zu den Auswertungen und Ergebnissen, der ersten Versuchsreihe diskutiert.

3.2.1 Versuchsplanung

Im ersten Schritt wurde festgelegt, dass die Versuchskörper (siehe Abb. 19) der ersten Versuchsreihe mit zwei verschiedenen Hüllmaterialien ausgeführt werden. Es wurden sechs Anker in Auftrag gegeben, wobei jeweils drei im Stahlrohr und drei im PVC-Rohr produziert wurden.

Diese Versuchskörper wurden in weiterer Folge unter labortechnischen Bedingungen, einem Ausziehversuch unterzogen. Dazu wurde der in Kapitel 3.5 (Weiterentwicklung Ankerprüfrahmen) beschriebene Ankerrahmen, welcher im Zuge der Masterarbeit von Mikulik (Mikulik, 2019) entwickelt wurde, umfunktioniert.

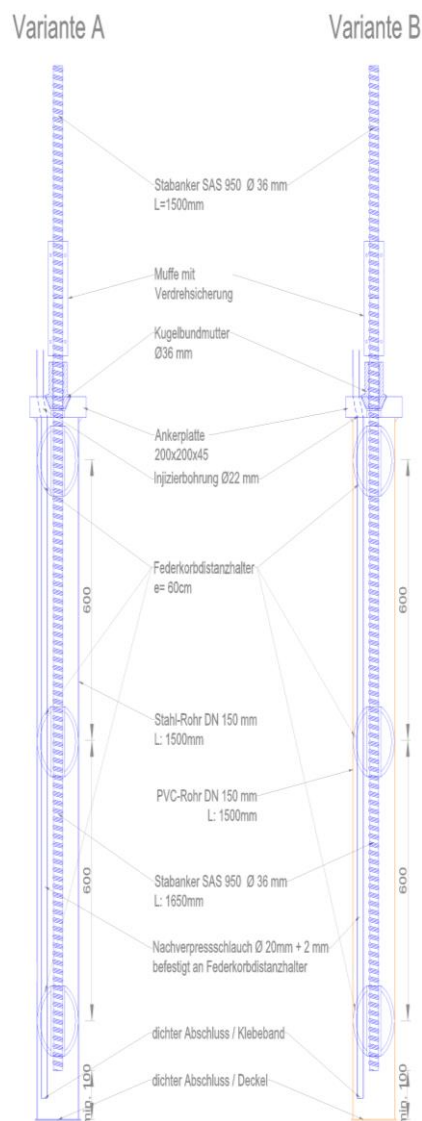


Abb. 19: Versuchskörper der ersten Versuchsreihe

Der Stabanker SAS 950 mit Durchmesser 36 mm hatte eine Länge von 1650 mm und wurde mit drei Federkorbdistanzhaltern (siehe Abb. 20, links) im Achsabstand von 600 mm bestückt. Die Federkorbdistanzhalter dienen einerseits zur Zentrierung des Stabankers im Hüllrohr, andererseits als Befestigungspunkte für den Nachverpressschlauch (siehe Abb. 20, rechts). In dieser Versuchsreihe wurde ein Nachverpressschlauch mit einem Außendurchmesser von 20 mm und einer Länge von 1500 mm verwendet.



Abb. 20: links: Federkorbdistanzhalter (ANP Systems, 2020), rechts: Beispiel Nachverpressschlauch (Intec ©Standard, Max Frank, 2020)

Um diesen Nachverpressschlauch in seiner Lage zu fixieren wurde er mittels Gewebepband am Federkorbdistanzhalter beziehungsweise am Stabanker befestigt. Ein Eintreten des Verpressmörtels von unten in den Nachverpressschlauch, wurde durch Abkleben mittels Gewebepband verhindert.

Als Hüllrohr kamen zwei Varianten von Materialien zur Verwendung. Zum einen ein handelsübliches PVC-Rohr, zum anderen ein Stahlrohr. In beiden Fällen sind die Längen mit 1500 mm und die Außendurchmesser mit 150 mm ident. Der Stabanker, inklusive Federkorbdistanzhalter und Nachverpressschlauch, wurde in das Hüllrohr eingeführt und in weiterer Folge mit Verpressmörtel (Tab.1) verfüllt. Damit ein Ausfließen des Verpressmörtels verhindert wird, wurde am unteren Ende des Hüllrohres ein dichter Abschluss mittels eines Deckels aus PVC hergestellt.

Tab. 1: Prüfergebnisse des Ankerzements (gemäß EN 196-1:2016)

Leistungsmerkmal		Mittelwert	Einheit
Biegezugfestigkeit	72 Stunden	9,40	MPa
	28 Tage	5,00	MPa
Druckfestigkeit	72 Stunden	68,10	MPa
	28 Tage	99,50	MPa

Um einen Ausziehversuch durchführen zu können, wurde zudem noch eine quadratische Ankerplatte 200x200x45, eine Kugelbundmutter für den

Stabdurchmesser 36 mm, eine Muffe mit Verdrehsicherung und ein weiterer Stabanker SAS 950 Durchmesser 36 mm mit einer Länge von 1500 mm benötigt.

Alle Einzelteile, welche zur Herstellung des Versuchskörpers verwendet wurden, sind gemäß Zulassung ANP-Einstabanker SAS 950 (ANP - Systems GmbH, 2019) gekennzeichnet und in Anhang A zu erkennen. Als Zeitschiene für die erste Versuchsreihe wurden folgenden Termine festgelegt:

09.09.2019	Herstellung der Prüfkörper
12.09.2019	Anlieferung der Prüfkörper / Einbringung Quellsprengstoff
13.09.2019	Ausziehversuche an den Ankern

3.2.2 Versuchsdurchführung und Dokumentation

Nachfolgend soll die Umsetzung der Versuchsplanung gezeigt und der Ablauf der Versuche dokumentiert werden. Eine Aufbereitung bzw. Interpretation der Versuche finden dabei nicht statt. Diese wird in Kapitel 3.2.3 gegeben.

Die in Kapitel 3.2.1 beschriebenen Versuchskörper wurden durch ANP-Systems vorfabriziert. Die Aushärtedauer des Anker Mörtels hat zum Zeitpunkt der Lieferung am 12.09.2019 bereits drei Tage betragen. Zusätzlich zu den Versuchskörpern wurden Anker Mörtelproben mitgeliefert, welche in weiterer Folge einer Druckfestigkeitsprüfung (Tab.1) unterzogen wurden.

In einem ersten Schritt werden die sechs Versuchskörper in eine vertikale Position aufgerichtet und mit Schalungsträgern befestigt (Abb. 21). Sie wurden nach ihren Hüllmaterial in P01-P03 (PVC-Rohr) / S01-S03 (Stahlrohr) unterteilt und beschriftet.



Abb. 21: Versuchskörper vor Einfüllen des Quellsprengstoffes

Die Herstellung des Quellsprengstoffes erfolgte für alle Versuchskörper zum gleichen Zeitpunkt. Die Mischungs- und Mengenverhältnisse wurden den

Herstellerangaben entnommen. Für die sechs Versuchskörper wurden in etwa 5,0 kg Betonamit benötigt. Unter Beigabe von 1,2 Liter Wasser wird mit einem Rührwerk eine fließfähige, gleichmäßige Masse angemischt. Der fertig angemischte Quellsprengstoff muss nun in einer Bearbeitungszeit von unter fünf Minuten verarbeitet werden.

Mittels Trichtern wurde der Quellsprengstoff in die Nachverpressschläuche der Versuchskörper eingegossen. Dabei wurde darauf geachtet, dass ein gleichmäßiges Einfüllen gewährleistet wurde. Nach dem Einfüllen wurde eine Reaktionszeit von etwa 24 Stunden anberaumt, nach der die Reaktion des Quellsprengstoffes abgeklungen sein sollte.

Nach den 24 Stunden wurden die Ausziehversuche durchgeführt. Dafür wurde der weiterentwickelte Ankerprüfrahmen (siehe Kapitel 3.5) in einer Höhe von 2 m auf einer Konstruktion aus Deckenschalungsträgern und Schalungsträgern abgestellt und in erster Linie gegen ein Herabfallen während der Versuche befestigt. Darauf wurde ein Hohlkolbenzylinder (siehe Kapitel 3.6.1) platziert.

Der Versuchskörper wurde unter dem Hohlkolbenzylinder abgestellt und das, am oberen Ende der Versuchskörper befindliche, Stabankerstück wurde mittels einer Muffe mit Verdrehsicherung und einem weiteren Stabanker SAS 950 um 1500 mm verlängert (siehe Abb. 22). Zwischen Hohlkolbenzylinder und Hüllrohr des Versuchskörpers wurde eine Ankerplatte mit einer Kugelbundmutter montiert, um einen kraftschlüssigen Übergang sicherzustellen. Danach konnte der gesamte Versuchskörper angehoben werden und mit dem Hohlkolbenzylinder in Nullstellung befestigt werden. Am Ankerprüfrahmen wurde zusätzlich noch ein induktiver Wegaufnehmer platziert um die Auszugshöhe in Relation mit der Zugkraft stellen zu können.



Abb. 22: Aufbau Ausziehversuche erste Versuchsreihe

Beim Ausziehversuch selbst wurde die Kraft mittels Handpumpenset (siehe Kapitel 3.6.1) aufgebaut, der Hohlkolbenzylinder ausgefahren und somit der Stabanker aus dem Verpresskörper gezogen, welcher sich gegen die Unterseite des Ankerprüfrahmens abstützen konnte.

3.2.3 Auswertung und Ergebnisse

Die Ausziehversuche der ersten Versuchsreihe wurden, wie in den vorigen Kapiteln beschrieben, vorbereitet und wurden nach 24 Stunden nach einbringen des Quellsprengstoffes durchgeführt. Das Ausziehen selbst gestaltete sich schwierig, da an keinem Angriffspunkt des Prüfkörpers angesetzt werden konnte, ohne das PVC-Rohr und den oberen Teil des Prüfkörpers zu verformen. (Abb. 23 oben rechts.) Demnach war es technisch nicht möglich den Stabanker auszuziehen. Die Verformungen des PVC-Rohres im Zuge des Ausziehversuches war zu groß (Abb. 23, oben links) bzw. fand keine ausreichende Lastverteilung in dem Verpresskörper statt.



Abb. 23: Versuchskörper o.l.: nach abgeklungener Reaktion des Quellsprengstoffes, o.r.: während Ausziehversuch, u.l.: nach Ausziehversuch, u.r.: freigelegter, gesprengter Versuchskörper

Um eine genauere Betrachtung der Wirkungsweise des Quellsprengstoffes erkenntlich zu machen, wurde der Versuchskörper nach dem Ausziehversuch mittels Winkelschleifer geöffnet. Ein Schnitt über die Hälfte der Längsseite war ausreichend, um die Wirkung des Quellsprengstoffes zu sehen (Abb. 23, unten links). Das PVC-Rohr wurde durch die Sprengwirkung zerstört und konnte somit vom Verpresskörper entfernt werden. Der Zementkörper zeichnete ein deutlich zerstörtes und zerlegtes Bild (Abb. 23 unten rechts). Bei genauerer Betrachtung ließen sich jedoch Details erkennen, welche ein Verbesserungspotential aufzeigten.

Trotz der enormen Zerstörung des Verpresskörpers ist erkennbar, dass an der abgewandten Seite des Verpressschlauches, sprich der Bereich welcher parallel hinter dem Stabanker liegt, beinahe keine Zerstörung stattgefunden hat und daher der Zementstein noch am Stabanker haftet.



Abb. 24: Detailaufnahme freigelegter Versuchskörper

In den oben abgebildeten Aufnahmen ist ersichtlich, dass der in der ersten Versuchsreihe verwendete Abstandhalter (Federkorb), eine Beeinträchtigung auf das Ausziehen des Zuggliedes darstellt. Im oberen Bereich (siehe Abb. 24, links) wurde der Stabanker beinahe vollständig freigelegt, lediglich der Zementstein unter dem Abstandhalter konnte nicht zerstört werden. Im Bereich des unteren Abstandhalters (siehe Abb. 24, Rechts) zeichnete sich ein identisches Problem deutlicher ab. Selbst wenn eine vollständige Zerstörung des Versuchskörpers erzielt werden würde, wären die Abstandhalter mit innenliegenden Zementstein ein großes Hindernis in Bezug auf ein Ausziehen des Zuggliedes. Auf diese beiden Erkenntnisse der ersten Versuchsreihe wird in den darauffolgenden Versuchsreihen eingegangen und es werden folgende Lösungsansätze verfolgt:

- Anpassung der Lage bzw. der Positionierungen der Verpressschläuche;
- Verschiedene Durchmesser und Anzahl der Verpressschläuche;
- Einbau alternativer Abstandhalter.

Dazu wurden die drei verschiedenen Varianten ausgearbeitet, welche in Kapitel 3.3.1 vorgestellt werden.

3.3 Versuchsreihe 2

Dieses Kapitel berücksichtigt die erforderlichen Anpassungen, welche aus den Ergebnissen der Versuchsreihe 1 erforderlich wurden. In der Versuchsplanung werden die Änderungen beschrieben, um die Erreichung der Ziele eines ausbaubaren Ankersystems zu erreichen. Anschließend wird die Versuchsdurchführung sachlich dokumentiert und beschrieben. Die Erkenntnisse dieser Versuchsreihe werden im nachfolgenden Unterkapitel festgehalten.

3.3.1 Versuchsplanung

Aus den Erkenntnissen der Versuchsreihe 1 (siehe Kapitel 3.2.3) waren einige Veränderungen an den Versuchskörpern erforderlich um daraus insgesamt drei weitere Varianten für die Versuchskörper (siehe Abb. 25) zu entwickeln.

In erster Linie wurden hierbei verschiedene Lagen, Anordnungen und Durchmesser der Nachverpressschläuche untersucht. Des Weiteren wurde bei Versuchsreihe 2 eine alternative Art von Federkorbdistanzhaltern verwendet.

Diese Veränderungen sollen zu einer stärkeren Zerstörung des Verbundkörpers und dadurch einer Erhöhung der Lösbarkeit des Zuggliedes vom Verbundkörper dienen. Auf die Herstellung der Verbundkörper im Stahlrohr wurde dabei verzichtet.

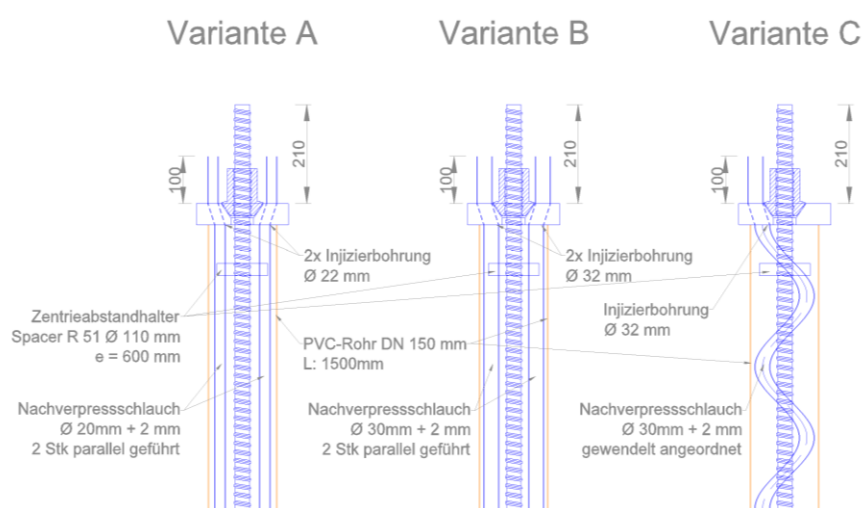


Abb. 25: Varianten Versuchsreihe 2

In weiterer Folge wird in dieser Versuchsreihe die Fließfähigkeit des Quellsprengstoffes ermittelt. Dazu soll der Quellsprengstoff in bis zu 15° geneigte

Nachverpressschläuche eingefüllt werden, wobei der Materialverbrauch dabei kontrolliert wird.

Deutlichster Unterschied zur vorhergehenden Versuchsreihe, ist die Anordnung der Nachverpressschläuche. Hierbei wurde mit drei verschiedenen Varianten gearbeitet. In Variante A wurde bereits in Versuchsreihe 1 ein Nachverpressschlauch mit einem Durchmesser von 20 mm verbaut, jedoch kamen hier zwei jeweils gegenüberliegende und parallel zum Ankerstab geführte Schläuche zur Anwendung. Die Befestigung erfolgte nach wie vor mittels Gewebekleid. Variante B ist außer dem erhöhten Durchmesser von 30 mm des Nachverpressschlauches im Vergleich zu Versuchsreihe 1 unverändert. Hierbei kommen ebenfalls zwei gegenüberliegende und parallel zum Stabanker geführte Schläuche zur Verwendung. Als Variante C wurde ein gewandelt angeordneter Nachverpressschlauch mit einem Durchmesser 30 mm angeordnet.

Zusätzlich wurde bei den Varianten A und B der Federkorbdistanzhalter (siehe Abb. 20, links) bei dieser Versuchsreihe durch eine Alternative ersetzt. Dieser Federkorbdistanzhalter mit der Bezeichnung „Zentrierabstandhalter Spacer R51 Ø 110“ (siehe Abb. 26) wurde in den, in weiterer Folge erstellten, Versuchskörpern mit einem Achsabstand von $e = 600$ mm verwendet. Der Querschnitt der Zentrierabstandhalter wurde als weitere Maßnahme noch an mehreren Stellen verjüngt, um eine Sollbruchstelle für etwaige Ausziehversuche zu generieren.

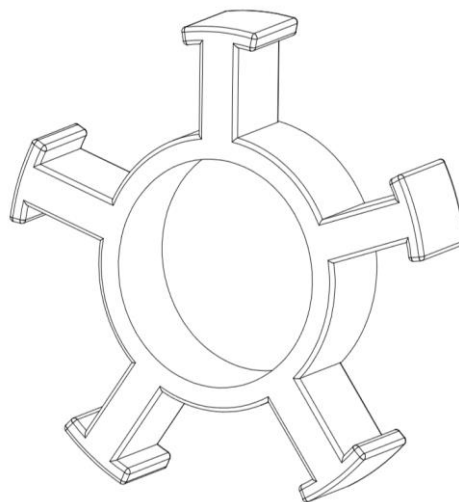


Abb. 26: Zentrierabstandhalter – Spacer R 51 Ø 110 (ANP Systems, 2019)

Im Laufe der Planung der Versuchsreihe 2, bot sich die Möglichkeit diese Reihe bereits als Feldversuche zu testen. Jedoch verzögerte sich die Ausführung. Als Zeitschiene für die zweite Versuchsreihe wurden folgenden Termine festgelegt:

25.10.2019	Herstellung der Prüfkörper
28.10.2019	Anlieferung der Prüfkörper / Einbringung Quellsprengstoff
01.11.2019	(Ausziehversuche an den Ankern)

3.3.2 Versuchsdurchführung und Dokumentation

Diese Versuchsreihe dient in erster Linie der Beobachtung, ob der Quellsprengstoff auch in geneigtem Zustand einbringbar ist und wie sich die Versuchskörper mit den Änderungen zufolge der Ergebnisse der Versuchsreihe 1 (alternative Abstandhalter, Änderung Verpressschläuche) verhalten. Die Versuchsreihe 2 wurde, wie schon zuvor, von ANP Systems vorgefertigt.

Die Versuchskörper wurden liegend, in einem Winkel von etwa 15° , platziert und befestigt (Abb. 28). Als Einfülltrichter werden einfachheitshalber abgetrennte Plastikflaschen verwendet und jeweils an den Nachverpressschläuchen angebracht. Die Verwendung des Quellsprengstoffes wurde, wie auch zuvor gemäß der Anleitung welche im Kapitel 3.1.1 beschrieben wurde, ausgeführt (Abb. 28). Aufgrund der Neigung der Versuchskörper musste die Einfüllgeschwindigkeit in die Nachverpressschläuche auf ein Minimum reduziert werden um der verdrängten Luft im Schlauch die Möglichkeit zum Entweichen zu geben. Besonders bei Schläuchen mit kleinen Durchmessern war darauf zu achten.



Abb. 27: Ausgangsposition zweite Versuchsreihe



Abb. 28: verfüllter Nachverpressschlauch

Das Einfüllen konnte ohne Einschränkungen durchgeführt werden (siehe Abb. 28). Nach dem Einfüllen wurde eine Reaktionszeit von 48 h abgewartet, um die höchstmögliche Wirkung des Quellsprengstoffes zu erzielen. Mit dieser Versuchsreihe wurden keine Ausziehversuche durchgeführt. Es wurden lediglich die Versuchskörper freigelegt, um die Reaktion sichtbar zu machen und um Änderungen der drei Varianten beurteilen zu können. Die Auswertungen und Ergebnisse können dem nachfolgenden Kapitel entnommen werden.

3.3.3 Auswertung und Ergebnisse

In dieser Versuchsreihe wurde auf Ausziehversuche verzichtet, da sich in der vorherigen Reihe gezeigt hat, dass bei einem Ausziehen unter gegebenen Laborbedingungen der Verbund zwischen Boden und Verbundkörper nicht simuliert werden kann.



Abb. 29: freigelegter Verbundkörper (zweite Versuchsreihe)

Die Prüfkörper wurden wie im Kapitel 3.1.1 beschrieben mit dem Quellsprengstoff bearbeitet. Nach dem Abklingen der Reaktion, wurden die Versuchskörper geöffnet und es fand eine Begutachtung statt.

Im Vergleich zu den Verbundkörpern der Versuchsreihe 1 (siehe Abb. 24), ist deutlich ersichtlich, dass die Änderungen bzw. Adaptierungen der Versuchsaufbauten Wirkung gezeigt haben. In Abb. 29 ist ein Versuchskörper der Variante 3 (gewendelte Lage des Verpressschlauches) zu erkennen. Der Zementkörper ist nahezu vollständig vom Stabanker getrennt. An der schlauchabgewandten Seite ist ein ähnliches Ergebnis wie in den vorherigen Versuchen zu sehen, wo noch Teile des Zementsteins am Stab haften. Die Frage, ob das Quellsprengstoffmittel auch in geneigten Öffnungen eingefüllt werden kann, wurde hiermit auch bestätigt.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe waren ausschlaggebend dafür, Vorbereitungen für Feldversuche zu treffen, welche in Kapitel 3.4 näher beschrieben werden. Aufgrund der Ergebnisse dieser Versuchsreihe wurden hierfür keine weiteren Änderungen und Anpassung an der Detailplanung der Versuchskörper vorgenommen.

3.4 Versuchsreihe 3 - Feldversuche

Die dritte Versuchsreihe baut auf den Erkenntnissen der vorhergehenden Versuchsreihen auf. Die Planung der drei Varianten, wurde daher lediglich an die Anforderungen auf der Baustelle bzw. auch auf die größere Geometrie bzw. die Herstellung der Bohrungen im Zuge der Feldversuche angepasst.

3.4.1 Versuchsplanung

Diese Versuchsreihe wurde als Feldversuch unter realen Bedingungen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit der KELLER Grundbau GmbH und der ASFINAG Service GmbH, wurden an der S7 Fürstenfelder Schnellstraße ein Versuchsfeld für Ausbaubare Anker zur Verfügung gestellt.

Die S7 Fürstenfelder Schnellstraße wird derzeit mit einer Gesamtlänge von ca. 29 km zwischen der A2 bei Riegersdorf und der Staatsgrenze bei Heiligenkreuz neu errichtet. Seit dem Baubeginn im Mai 2015, werden entlang der Neubaustrecke (siehe Abb. 30) auch drei Tunnelprojekte realisiert. Die Gesamtkosten für diesen Streckenabschnitt sollen sich in etwa auf 700 Millionen Euro belaufen (Asfinag AG, 2020)

Im Bereich des Tunnels Rudersdorf, welcher in offener Bauweise errichtet wird, befinden sich Kriechhänge, welche mittels Spritzbetonsicherung und Bodenvernagelung für den Zeitraum der Errichtung des Tunnels temporär gesichert werden müssen. Im Nahbereich der Querprofile 117b und 117c werden, im Raster von 1,5 m, Nägel mit Längen zwischen 4,0 m und 10,0 m eingebaut.

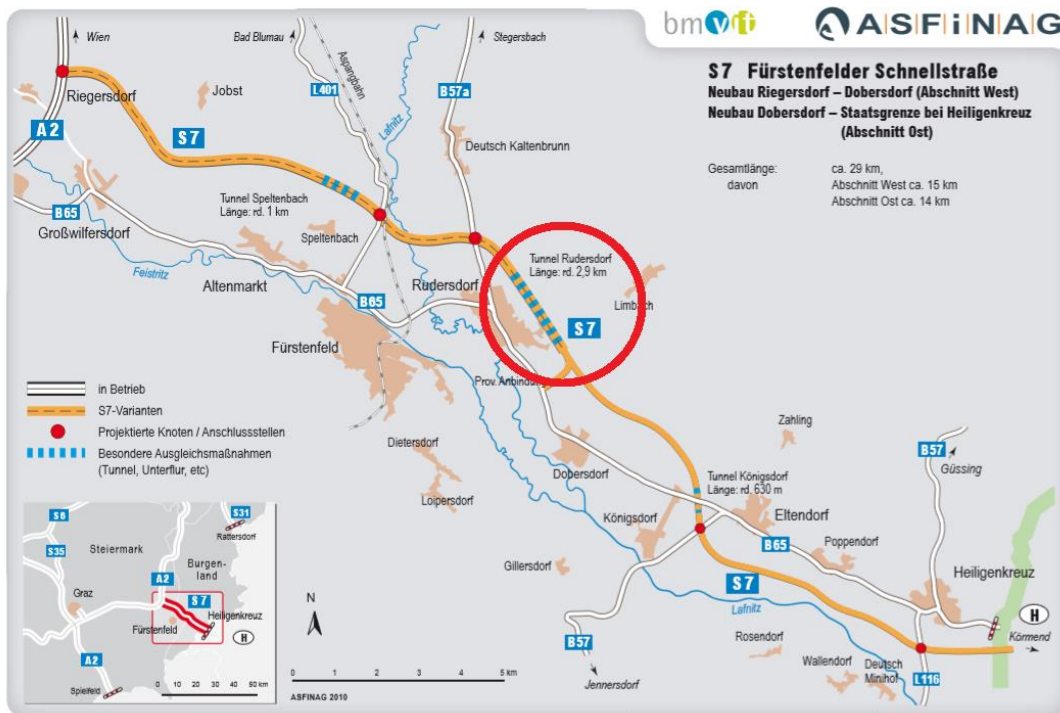


Abb. 30: S7 Fürstenfelder Schnellstraße – Neuerrichtung (ASFINAG, 2020)

Im Zwischenraum der untersten Nagelreihe konnte ein Bereich (siehe Abb. 31) für die Installation der ausbaubaren Anker verwendet werden. Dort wurden drei verschiedene Varianten getestet, wobei jede Variante in vierfacher Ausfertigung eingebaut wurde. Die genaue Lage und Anzahl wurde den örtlichen Gegebenheiten angepasst, wobei die Länge der Anker mit $L = 6,0$ m und der Neigungswinkel mit $\alpha = 35^\circ$ im Vorhinein definiert wurde.

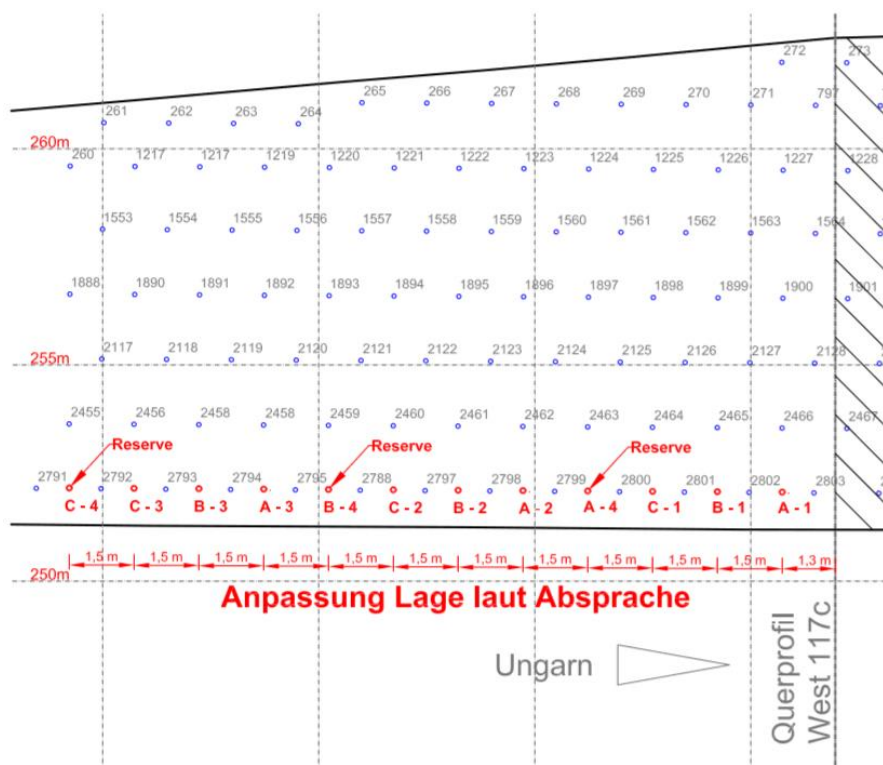


Abb. 31: Lage der ausbaubaren Anker für die Feldversuche

Bei Versuchsreihe 3 handelte es sich, wie oben beschrieben um einen Feldversuch, weshalb sich die Versuchsplanung generell von den beiden Laborversuchsreihen unterscheidet. Es wurden grundsätzlich die drei Varianten verwendet, eine geringfügige Anpassung war jedoch aus baupraktischer Sicht erforderlich. Dies betrifft vor allem die Geometrie und Länge der Nachverpressschläuche, aber auch die Überstände bzw. die Anordnung der Abstandshalter. Eine Darstellung der drei eingebauten Varianten ist in Abb. 32 zu erkennen.

Das Konzept hinter diesen Versuchen bestand darin, lediglich die Haftstrecke eines Ankers nachzubilden. Diese konnte so identisch zu den für die Standsicherheit der Böschung erforderlichen Vernagelungen ausgeführt werden. Daher wurden generell 6,00 m lange Stabanker vollvermörtelt in den Untergrund mittels Schneckenbohrung eingebaut. Auf eine Abbildung der Freispielstrecke eines Ankers wurde in diesen Vorversuchen verzichtet, da dies einerseits herstellungstechnisch (keine verrohrte Bohrung) aber auch kostentechnisch nicht umsetzbar war.

Variante A (Abb. 32, links) besteht aus einem 6,0 m langem, nicht gemufften Stabanker SAS 950 mit einem Durchmesser von 36 mm. Zusätzlich wurde im Kopfbereich in einem Abstand von 125 mm ein 300 mm langes, geripptes Hüllrohr angebracht. Die zwei, entlang des Stabankers parallel geführten, Nachverpressschläuche mit einem Durchmesser von 20 mm sind gegenüberliegend angeordnet und haben einen definierten Überstand von 50 mm im Fußbereich. Die Zentrierabstandhalter Spacer R51 Ø 110 wurden der Länge nach halbiert, beziehungsweise mit Sollbruchstellen versehen und im Abstand von $e = 1200$ mm positioniert.

Variante B (Abb. 32, mittig) besteht ebenfalls aus einem 6,0 m langem, nicht gemufften Stabanker SAS 950 mit einem Durchmesser von 36 mm. Der Kopfbereich wurde mit einem 300 mm langem, gerippten Hüllrohr versehen. Diese Versuchskörper wurden mit einem einseitig geführten Nachverpressschlauch, Durchmesser 30 mm, hergestellt. Die Zentrierabstandhalter Spacer R51 Ø 110 wurden zusätzlich der Länge nach halbiert, mit Sollbruchstellen versehen und im Abstand von $e = 1200$ mm positioniert.

Den größten Unterschied zur Vorgängervariante findet sich in der Planung der Variante C (Abb. 32, rechts). Unverändert blieb der 6,0 m lange, nicht gemuffte Stabanker SAS 950 mit einem Durchmesser von 36 mm. Bei der Herstellung wurde gänzlich auf die Zentrierabstandhalter verzichtet und eine genaue Geometrie für die Wendung des 30 mm starken Nachverpressschlauches festgelegt. Für eine Umdrehung wurde eine Länge von 2400 mm definiert. Die Befestigung des Nachverpressschlauches wurde mittels Gewebeband ausgeführt. Diese Anordnung des Nachverpressschlauches ergab zum einen in Versuchsreihe 2 (vgl. Abb. 29) die besten Ergebnisse in Bezug auf das Aufsprengen und hat zudem baupraktische Vorteile. So konnte diese Variante ohne Abstandshalter ausgeführt werden, da der Stab durch den Nachverpressschlauch im Bohrloch zentriert wurde.

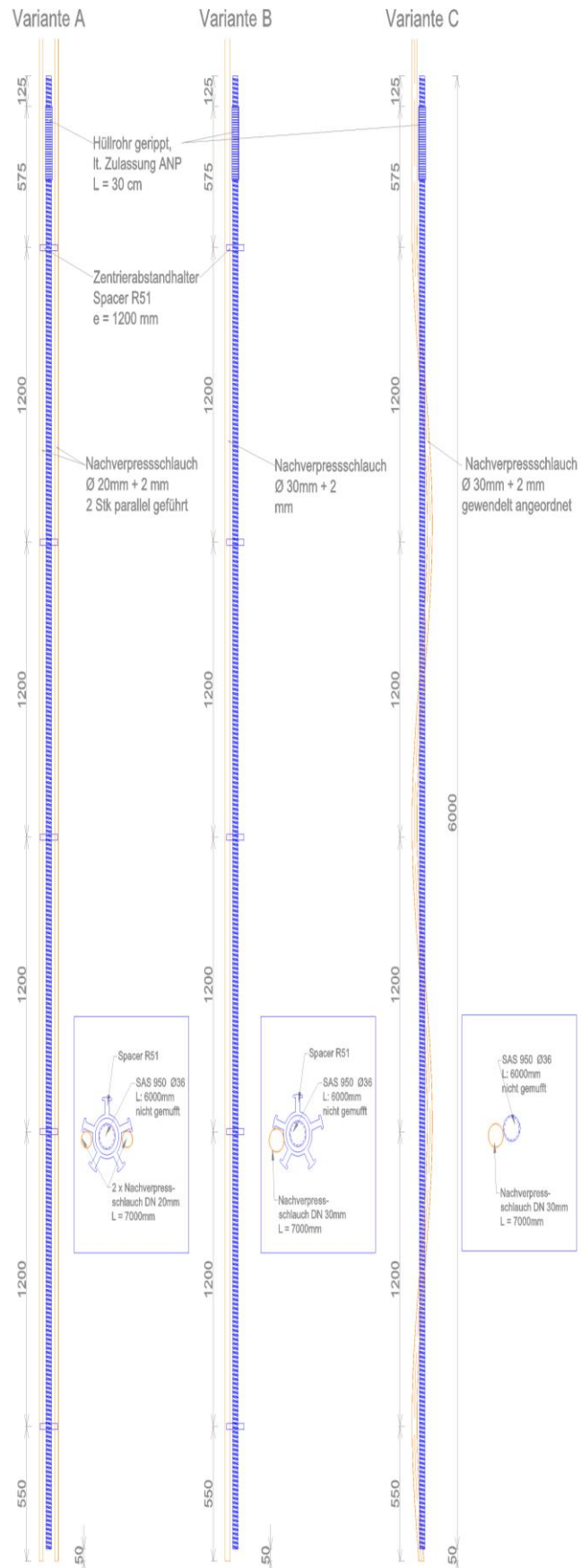


Abb. 32: Varianten der Versuchsreihe 3

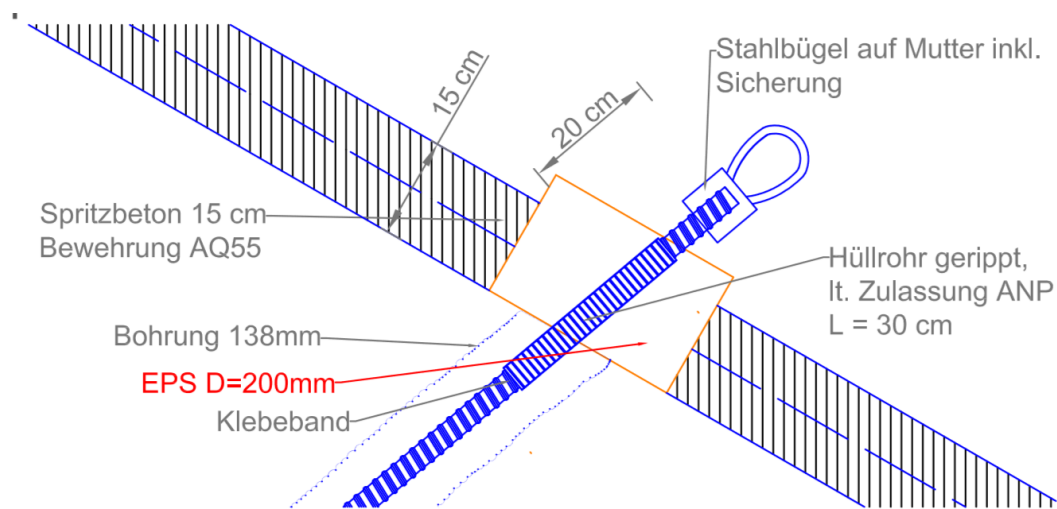


Abb. 33: Kopfdetail Versuchskörper Feldversuche

Um die Spritzbetonschale nicht durch die Feldversuche zu beeinflussen bzw. um diese im Zuge des Ausbaues der Anker nicht zu beschädigen, wurden im Kopfbereich (Abb. 33) der Stabanker Aussparungen mittels EPS Dämmplatten eingebaut. Diese wurden vor Ort in den Spritzbetonkörper eingelegt. Im Bereich dieser Aussparung wurde zudem ein, im Kopfbereich des Stabankers angeordnetes, geripptes Hüllrohr eingebaut.

Als Zeitschiene für die erste Versuchsreihe wurden folgenden Termine festgelegt:

12.01.2020	Herstellung der Prüfkörper ohne Vermörtelung
15.01.2020	Anlieferung der Prüfkörper / Betonamit
16.01.2020	Herstellung der Versuchskörper
23.01.2020	Quellsprengstoff einbringen
30.01.2020	Ausziehversuche A1-C1, A4 (14 Tage)
06.02.2020	Ausziehversuche A2-C2, A3-C3, B4, C4 (21 Tage)

3.4.2 Versuchsdurchführung und Dokumentation

Diese Versuchsreihe wurde, wie im Kapitel 3.4.1 beschrieben, vorbereitet. Die drei Varianten der vorfabrizierten Stabanker wurden von ANP-Systems direkt auf die Baustelle geliefert, ebenso das Quellsprengstoffmittel Betonamit. Der Einbau bzw. die Bohrung erfolgten durch die Keller Grundbau GmbH. Als Bohrgerät war eine Klemm KR 806-3G im Einsatz, welche von einem Maschinisten und einem Vorarbeiter bedient wurde. Die Bohrkronen haben im ausgeklappten Zustand einen Durchmesser von 15 cm. Alle Bohrlöcher wurden unverrohrt hergestellt, wobei die Neigung der verschiedenen Bohrlöcher aufgrund örtlicher Gegebenheiten leicht variiert wurde (Abb. 34). Die Stabanker konnten aufgrund ihrer kurzen Länge von 6 m, per Hand in die Bohrlöcher eingebracht werden. Im Anschluss wurde das Bohrloch mit Verpressmörtel ausgegossen und der Stabanker selbst minimal nachjustiert. Auf Grund der Trennung durch die EPS Platten (vgl. Abb. 33) wurde bereits ein Kurzschluss zwischen Spritzbetonschale und Verpresskörper hergestellt, daher war ein Freispülen des Kopfbereiches nicht erforderlich.



Abb. 34: Versuchsfeld mit eingebauten Ankern

In weiterer Folge begann der Aushärtevorgang des Verpressmörtels. Die Ausziehversuche sollten in den folgenden Wochen bzw. nach 14 / 21 / 28 Tagen stattfinden, wobei der Quellsprengstoff zumindest 48 h vor den Ausziehversuchen eingebracht wurde.

Das Vorherrschen von Temperaturen unter der empfohlenen Umgebungstemperatur während der Verarbeitung von Betonmörtel (5°C bis 35°C) wurde kritisch betrachtet. Aufgrund der engen Terminalschiene auf dieser Baustelle wurde aber über diese Empfehlungen hinweggesehen, trotzdem wurden Maßnahmen gesetzt um dem entgegenzuwirken. Beispielsweise wurde der Ankerkopfbereich mit XPS Dämmmaterial eingeschalt, um den niedrigen Temperaturen zumindest ein wenig entgegenzuwirken.

Die Reserveanker B4 und C4 wurden nicht mit Quellsprengstoff gefüllt, um die Ausziehergebnisse vergleichen zu können. Diese Anker sollten sich im Idealfall nicht ausziehen lassen, beziehungsweise sollte ein Ausbau dieser Anker nur möglich sein, indem der gesamte Anker inkl. Verpresskörper aus dem Boden gezogen wird.

Die ausbaubaren Anker A1-C1 und zusätzlich der Anker A4 wurden in einem ersten Schritt nach der oben genannten 14 Tage Festigkeit des Verpressmörtels ausgebaut. Als Vorbereitung der Ausziehversuche, wurden auf den herausstehenden Ankerkopf der markierten Anker, Stahlbügel aufgeschraubt um einen Angriffspunkt für ein kraftschlüssiges Ausziehen zu ermöglichen. Danach wurde versucht mit Baggern die Anker auszuziehen, was mit dem größten Bagger der Baustelle (Komatsu PC800/LC-8) schließlich auch gelang.

Die zweite Serie der Ausziehversuche wurde nach insgesamt 21 Tagen durchgeführt und verlief wie die Serie sieben Tage zuvor. Alle Anker ließen sich herausziehen, benötigten aber enorme Ausziehkräfte. Die Auswertung der Ausziehversuche sind dem nachfolgenden Kapitel 3.4.3 zu entnehmen.

3.4.3 Auswertung und Ergebnisse

Die Versuchsreihe 3 wurde in zwei separate Ausziehversuche unterteilt um verschiedene Festigkeitsstadien des Ankerzements zu untersuchen, wobei in erster Linie festgestellt werden sollte, ob die Anker sich überhaupt ausziehen lassen. Aufgrund örtlicher Gegebenheiten der Baustelle wurden die Festigkeitsstadien jeweils nach 14 bzw. 21 Tagen geprüft.

14 Tage nach dem Einbringen des Ankerzements wurden die ersten vier Anker (A1-C1 + A4) gezogen. Das Ausziehen selbst hat sich im ersten Versuch (siehe Abb. 35, links) schwierig gestaltet, da die Verwendung eines kleinen Hydraulikbaggers nicht ausreichte. Die Ausziehkräfte reichten im ersten Versuch bereits an den Grenzwert des Messbereiches der Messeinrichtung (Abb. 35, rechts), deshalb wurde in weitere Folge auf die Auswertung mit dem digitalen Kraftmessgerät (siehe Kapitel 3.6.3) verzichtet.



Abb. 35: links: erster Ausziehversuch, rechts: Maximalwert erster Ausziehversuch

In drei Steigerungsstufen bei der Auswahl der Maschinen zum Ausziehen der Anker konnte mit dem größten Bagger der Baustelle schließlich ein erfolgreiches Ausziehen vollzogen werden. Eine Abschätzung der benötigten Kraft ist lediglich über das Datenblatt des Baggers (siehe Abb. 38) zu bewerkstelligen. Wobei hier die maximale Reißkraft, mit etwa 330 KN, herangezogen werden kann.



Abb. 36: Ankerausziehversuch im Feld

In der nachfolgenden Reihe von Abbildungen werden die Ergebnisse nach den erfolgten Ausziehversuchen genauer dargestellt. Es kann erkannt werden, dass beim Ausziehen der Anker, ein Teil des zerstörten Zementsteines mit aus dem Bohrloch befördert wurde (Abb. 37, oben links). Diese Beobachtung ließ sich bei allen vier Ankerkopfbereichen erkennen. Der aus dem Bohrloch beförderte Zementstein weist deutliche Bruchstellen in Querrichtung auf, was ein Indiz für die Wirkung des Quellsprengstoffes sein kann (Abb. 37, oben rechts).



Abb. 37: o.l.: Zementsteinhaufen im Ankerkopfbereich, o.r.: Bruchstück des Zementsteins, u.l.: Detailansicht Stabanker, u.r.: Bruchstück des Zementsteins bohrwandseitig

Während dem Ausziehen der Anker, wurde der gezogene Stabanker beinahe gänzlich vom ummantelten Zementstein befreit. An manchen nicht abgesprengten Stellen ist noch erkennbar, wo der Nachverpressschlauch gelegen hat (Abb. 37, unten links). Jedoch wurden beim Ausziehen die Stabanker teilweise durch die enormen Zugkräfte verbogen. Die wandseitige Oberfläche des zerbrochenen Zementsteines weist eine nahezu glatte Oberfläche aus, welche mit einer dünnen Feinsand / Schluffschicht behaftet ist (Abb. 37, unten rechts).

MODELL	PC800LC-8	PC800-8
Länge Ausleger	8,0 m	7,1 m
Länge Stiel	3,6 m	2,9 m
A Max. Einstichhöhe	11.955 mm	11.330 mm
B Max. Ausschütthöhe	8.235 mm	7.525 mm
C Max. Grabtiefe	8.445 mm	7.130 mm
D Max. senkrechte Grabtiefe	5.230 mm	4.080 mm
E Max. Grabtiefe bei 2.440 mm breiter Sohle	8.310 mm	6.980 mm
F Max. Reichweite	13.660 mm	12.265 mm
G Max. Reichweite in der Standebene	13.400 mm	11.945 mm
H Min. Schwenkradius	5.985 mm	5.645 mm
Losbrechkraft (ISO)	40.500 kg	48.000 kg
Reißkraft (ISO)	33.300 kg	38.100 kg

Abb. 38: Datenblatt Komatsu PC800LC-8

Mit diesen Erkenntnissen wurden Vorbereitungen für die weiteren Ausziehversuche getroffen und jeweils die zwei verbleibenden Reserveanker B4 und C4 nicht mit dem Quellsprengstoff verfüllt.

21 Tage nach dem Einbringen des Zementmörtels, mussten die restlichen Anker gezogen werden, da ein späterer Termin die Arbeiten der eigentlichen Baustelle des Tunnels Rudersdorf behindert hätte.

Aufgrund der Erfahrungen der Versuche an den Ankern A1-C1 + A4, wurden die Ausziehversuche gleich mit dem großen Bagger durchgeführt. Dies wiederum bedeutete, dass keine Ausziehkräfte ermittelt werden konnten. Wiedererwarten haben sich alle Anker ohne sichtbare Unterschiede ausziehen lassen (siehe Abb. 39). Auch die beiden Anker B4 und C4, welche nicht mit Quellsprengstoff verfüllt wurden.

Bei genauerer Betrachtung der Ausziehergebnisse nach 21 Tagen lassen sich keine großen Unterschiede zwischen den Versuchsankern erkennen. Die Stabanker wurden größtenteils vom ummantelten Zementstein befreit (Abb. 40, oben links). Während des Ausziehens des Stabankers bildete sich im Ankerkopfbereich jeweils ein Zementsteinhaufen, welcher teilweise aus dem Bohrloch mit ausgezogen wurde (Abb. 40 oben rechts). In manchen Fällen verblieb im Fußbereich des Ankers ein gewisser Zementstein am Stab haften (Abb. 40, unten links und rechts).



Abb. 39: Ausgezogene Stabanker (21 Tage Festigkeit)

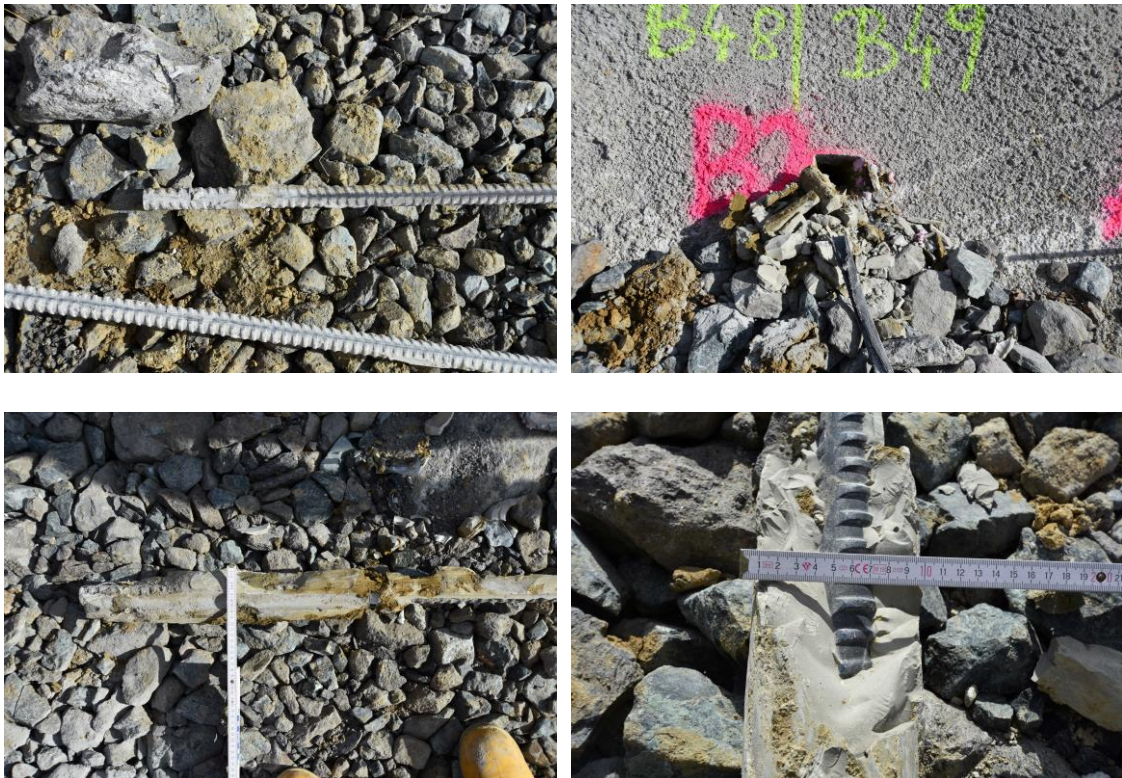


Abb. 40: o.l.: freigelegte Stabanker, o.r.: Zementsteinhaufen im Ankerkopfbereich, u.l.: noch am Stabanker haftender Zementstein, u.r.: Detailaufnahme von haftendem Zementstein

3.5 Weiterentwicklung Ankerprüfrahmen

Im nachfolgenden Kapitel wird kurz beschrieben, wozu der Ankerprüfrahmen in erster Linie entwickelt wurde und wie die Weiterentwicklung des Ankerprüfrahmens (siehe Abb. 41) im Zusammenhang mit den hier angeführten Laborversuchen konzipiert wurde.

3.5.1 Bestehender Ankerprüfrahmen

Das Konzept des Ankerprüfrahmens wurde bereits im Vorfeld dieser Masterarbeit im Rahmen eines Auftrags der ASFINAG Service AG zur Untersuchung der Nachrüstung von Kraftmesstellern an Litzenankern erstellt. Die Erkenntnisse aus Versuchen zu dieser Nachrüstung wurden in der Masterarbeit „Versuchstechnische Untersuchung zu vorgespannten Ankern“ (Mikulik, 2019) zusammengefasst. Bei der Planung dieses Prüfrahmens wurde das Hauptaugenmerk darauf gerichtet, dass er universell für weitere Projekte in der Forschung einsetzbar ist.



Abb. 41: bestehender Ankerprüfrahmen

Das Grundgerüst des Rahmens besteht aus zwei 40 mm starken Rahmenplatten, welche mit vier Einstabankern ($\text{\O}36$ mm) verbunden sind. Durch Kupplungen können die Einstabanker höhenreguliert werden.

3.5.2 Weiterentwicklung / Umbau

Um den Ankerprüfrahmen für die Versuche an ausbaubaren Anker vorzubereiten, wurden die vier Kupplungen (siehe Abb. 42) von den Einstabankern geschraubt. In weiterer Folge wurden die vier 750 mm langen Einstabanker so angeordnet, sodass die zwei Rahmenplatten in einen Abstand von 350 mm übereinander zu liegen kommen. Die Befestigung erfolgt, wie bei der vorherigen Ausführung des Rahmens, mit Kugelbundmuttern und Unterlegplatten beidseitig der zwei Rahmenplatten.

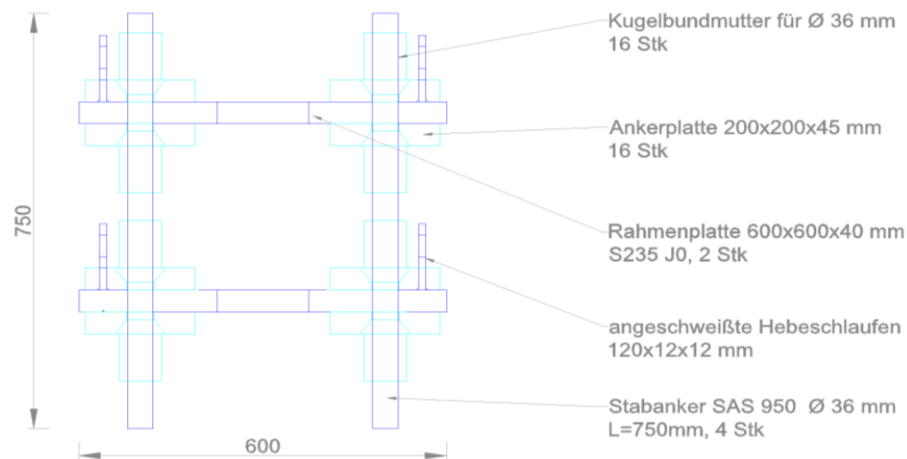


Abb. 42: Schema Weiterentwicklung Ankerprüfrahmen

Die als Hebeschlaufen angeschweißten, stehenden Stahlplatten, wurden übereinander angeordnet, um ein leichteres Arbeiten während der Versuche zu ermöglichen. In diesem Zustand ist der Prüfrahmen für die weitere Verwendung für Ausziehversuche unter Laborbedingungen geeignet.

3.6 Messtechnik / Messeinrichtungen

Um einzelne Versuche zu Quantifizieren und Vergleichen zu können, muss eine ausreichende Messtechnik vorhanden sein. Für die Messungen zu den unterschiedlichen Versuchsreihen wurden zwei Messeinrichtungen verwendet. Als ausschlaggebender Parameter, der ermittelt werden soll, stand die Kraftmessung im Vordergrund, jedoch wurde bei den Laborversuchen auch ein Wegaufnehmer verwendet.

Im Zuge der Laborversuche kamen hierzu unterschiedliche Kraft- und Wegmesseinrichtungen zur Verwendung, welche jedoch sehr einfach gehalten wurden, da es sich lediglich um Grundsatzversuche handelte. Für die Feldversuche wurde eine akkubetriebene Messeinrichtung der Firma Kern & Sohn GmbH verwendet um die Ausziehkraft der Versuchsanker zu bestimmen.

3.6.1 Druckmanometer mit Handpumpensatz

Die Messungen der einwirkenden Zugkraft für die Laborversuche erfolgte über ein System (siehe Abb. 43) aus mehreren Komponenten der Firma Enerpac. Die Druckkraft wurde über eine hydraulische Stahlhandpumpe erzeugt. Über thermoplastische Hochdruck - Hydraulikschläuche wird die Druckkraft in einen einfachwirkenden Hub - Hohlkolbenzylinder eingeleitet und dort in eine Hubbewegung umgewandelt.



Abb. 43: Hydraulikzylinder und Handpumpenset (Enerpac GmbH, 2020)

Die Versuchskörper wurden mit dem Ankerkopf voran, von unten in den Hydraulikzylinder eingeführt und zentriert. Der Stabanker wird im Hydraulikzylinder befestigt und ist somit für den Ausziehversuch bereit. Dieses Handpumpenset mit Hydraulikzylinder eignet sich nur für vertikale Laborversuche. Ablesegröße ist der Betriebsdruck der Handpumpe, welcher über ein Druckmanometer händisch abgelesen wurde.

3.6.2 Wegaufnehmer

Für die Messungen der Ausziehversuche im Labor wurden induktive Wegaufnehmer verwendet, welche mittels Magnetstativen am Ankerprüfrahmen befestigt wurden.

3.6.3 Digitales Kraftmessgerät

Die Messungen der einwirkenden Zugkraft für die Feldversuche erfolgte über ein digitales Kraftmessgerät für Zug- und Druckkraftmessung mit externer Messzelle mit der Bezeichnung „FH100K“ (siehe Abb. 44) der Firma Kern & Sohn GmbH.

Spezifikationen:

Messbereich: bis 100.000 N

Ablesbarkeit: 50 N

Messfrequenz: 2000 Hz

Präzision: 0,500%

Überlastungsschutz: 150 %

Akku-Betriebsdauer: 12 h



Abb. 44: links: Spezifikationen, rechts: digitales Kraftmessgerät (Kern & Sohn GmbH, 2020)

Der Kraftaufnehmer wurde hierzu zwischen dem auszubauenden Anker und dem Bagger, welcher für die Aufbringung der Zugbeanspruchung verwendet wurde, befestigt. Ankerseitig wurde hierzu ein Stahlbügel mit Mutter und Sicherung aufgeschraubt, um eine kraftschlüssige Verbindung zu ermöglichen.

4 Resümee und Ausblick

Angestrebtes Ziel dieser Masterarbeit war es, die Weiterentwicklung bzw. die Entwicklung von Neuerungen in der Ankertechnik für ausbaubare Zugelemente zu untersuchen. Der Bereich der ausbaubaren Anker wurde in den letzten Jahren meist nur nebenbei behandelt, weshalb in dieser Arbeit ein Augenmerk auf diese Problematik gelegt wurde. Im Speziellen wurde ein Konzept für Stabanker untersucht, welches sich in weiterer Folge auch auf Litzenanker anwenden lässt. Das Prinzip hinter dem Konzept ist denkbar einfach. Mit der Verwendung von explosionsfreien Quellsprengstoffen, wird die Haftstrecke eines Ankers aufgesprengt. Darauffolgend ist es möglich, den Stabanker aus der Haftstrecke ausziehen und damit die metallischen Bauteile eines Ankers zu entfernen, welche in späterer Folge ein Hindernis für Baumaßnahmen darstellen könnten.

Anhand von Vorversuchen (Jantscher, 2018) wurde die Funktionstüchtigkeit für einen Ausbau von Stabankern unter Zuhilfenahme von explosionsfreiem Quellsprengstoff nachgewiesen. Da diese Vorversuchsreihe im kleinen Maßstab durchgeführt wurde, waren weiterführende Versuche notwendig, um die Skalierbarkeit bis hin zu üblichen Abmessungen der Haftstrecken zu simulieren. Demzufolge wurden in weiteren Entwicklungsschritten mehrere Versuchsreihen zu dieser Thematik geplant.

In einer ersten Versuchsreihe wurde ein Konzept entwickelt, bei dem ein Verbundkörper, bestehend aus einem mit Ankerzement ummantelten Stabanker, vorgefertigt wurde. Dieser 150 cm lange Körper wurde in zwei unterschiedlichen Hüllrohren (PVC, Stahl) hergestellt. Parallel zum Stabanker innerhalb des Ankerzement wurde ein 20 mm starker Nachverpressschlauch geführt, in welchen der Quellsprengstoff eingefüllt wurde. Ein Ausziehen des Stabankers scheiterte jedoch daran, dass es keinen Angriffspunkt zum Herausziehen des Stabankers gab. Dadurch wurde der Verbundkörper im oberen Bereich lediglich gestaucht. Für eine Weiterentwicklung des Konzeptes wurde der Versuchskörper geöffnet. Es wurde ersichtlich, dass der Zementkörper durch den Quellsprengstoff zerstört wurde, aber vor allem durch die Federkorbdistanzhalter eine negative Beeinflussung dieses Versuchsaufbaues bestand.

Bei einer zweiten Versuchsreihe wurden drei unterschiedliche Varianten der Verbundkörper getestet. Es wurde die Lage und der Durchmesser der Nachverpressschläuche variiert und zusätzlich ein alternativer Federkorbdistanzhalter verwendet. Diese Änderungen sollten einer besseren Zerstörung des Verbundkörpers dienen. Die Versuchsreihe machte zusätzlich deutlich, dass es möglich ist den Quellsprengstoff in geneigter Lage einzufüllen. Nach dem Öffnen der Versuchskörper, ging eine Variante mit gewendelter Führung des Nachverpressschlauches als besonders geeignet hervor. Diese zeigte eine zufriedenstellende Zerstörung des Verpresskörpers, weshalb entschieden wurde, eine dritte Versuchsreihe als Feldversuche auszuführen.

Die Versuchskörper waren der hervorgehenden Versuchsreihe ähnlich, wurden aber erst auf der Baustelle im Bohrloch mit Ankerzement hergestellt und nicht durch Ankerzement in einer Verrohrung erzeugt. Simuliert wurde eine 6 m lange Haftstrecke, welche nicht vorgespannt hergestellt wurde. Nach einer 14 bzw. 21 tägigen Aushärtephase konnten die Stabanker mittels eines Baggers problemlos aus dem Verbundkörper herausgezogen werden. Zwei Versuchskörper dieser Reihe wurden nicht mit Quellsprengstoff gefüllt, um einen Vergleich aufzuzeigen. Die Stabanker dieser beiden Versuchskörper konnten ebenfalls ohne Probleme ausgezogen werden.

Es stellt sich nun die Frage, warum sich diese beiden Stabanker trotzdem herausziehen ließen. Mögliche Antworten für diese Fragestellung sind:

- Qualitativ schlechter Ankerzement
- Ausziehen nur möglich aufgrund enorm großer Zugkräfte des Baggers
- Hohlräume in den Nachverpressschläuchen ermöglichen leichteres Ausziehen
- Einflussfaktor des umliegenden Bodenkörpers

Um diese Fragen besser beantworten zu können sind aus heutiger Sicht weiterführende Versuche unumgänglich, um die Entwicklung dieses Typs von ausbaubaren Ankern voranzutreiben. Folgende Überlegungen sollten in die Planung weiterführender Versuche eingearbeitet werden:

- Versuche mit unterschiedlichsten Randbedingungen
- Quantifizierung der Ausziehkräfte
- vertiefende Verifizierung der Ausziehbarkeit

Wichtig wären Feldversuche in den verschiedensten Bodenkörpern um sichtbar zu machen, wie sich ein Ausbauen der Stabanker mit unterschiedlichsten Randbedingungen verhält. Das Konzept mit den drei unterschiedlichen Varianten der Schlauchführung, kann aus heutiger Sicht im Prinzip weiterverfolgt werden. Ein weiterer Aspekt, der hinterfragt werden sollte, ist inwieweit der Hohlraum eine Auswirkung auf die Ankerkraft, während der angedachten temporären Einsatzdauer hat. Weitere Versuche sollten möglicherweise auch ein Augenmerk auf die Ermittlung der effektiven Ausziehkräfte legen, und ob sich diese in Laborversuchen abbilden lassen.

Zudem wäre eine Anwendung des hier beschriebenen Konzeptes, auch auf Litzenanker möglich, dort wäre zukünftig vor allem die Lage des Verpressschlauches in Bezug auf die unterschiedlichen Litzen bzw. auch die Führung innerhalb des gesamten Ankerkörpers zu betrachten.

Im Zuge dieser Masterarbeit konnten jedoch in ersten Labor- und Feldversuchen die Möglichkeiten dieses Konzeptes aufgezeigt und dessen Weiterentwicklungspotential verdeutlicht werden.

5 Literaturverzeichnis

- Adam, Breit, Stadler, Kainrath, 2017. *Zur Wirkungsweise von vorgespannten Ankern*. Graz, 32. Christian Veder Kolloquium.
- ANP - Systems GmbH, 2019. *Zulassung ANP-Einstabanker SAS 950, GZ: BMVIT-327.120/0003-IV/IVVS2/2019*, s.l.: s.n.
- Asfinag AG, 2020. *www.asfinag.at*. [Online]
Available at:
<https://www.asfinag.at/verkehrssicherheit/bauen/bauprojekte/s-7-fuerstenfelder-schnellstrasse/>
[Zugriff am 13 01 2020].
- Austrian Standards, 2016. *ÖNORM EN 196-1*, s.l.: ON.
- Buchacher, Gutsche, 2017. *Ausbaubare Temporäranker und eine mögliche Alternative*. Graz, 32. Christian Veder Kolloquium.
- Dedic, Wörle, 2017. *Vollständig rückbaubarer Litzenanker: Innovationen und Erkenntnisse*. Graz, 32. Christian Veder Kolloquium.
- DIN 4125-1, 1972. *Teil 1 - Verpreßanker für vorübergehende Zwecke im Lockergestein.*, s.l.: s.n.
- DIN 4125-2, 1976. *Teil 2 – Verpreßanker für dauernde Verankerungen (Daueranker) im Lockergestein.*, s.l.: s.n.
- DIN EN 1537, 2014. *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) Verpressanker.*, s.l.: s.n.
- Dywidag Systems International, 2020. *Dywidag Systems International*. [Online]
Available at: www.dywidag-systems.de
- Horvatits, D.-I. D. t. J., 2019. *BMVIT*. [Online]
Available at: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/strasse/technik/bautechnik/>
[Zugriff am 01 July 2019].
- Jantscher, L., 2018. *Entfernung von Bodenankern, Entwicklung, Planung und Durchführung von Versuchen zur vollständigen Entfernung von Bodenankern, Masterprojekt*, Graz: s.n.
- Keller Grundbau, 2016. *Keller Grundbau*. [Online]
Available at: <https://bit.ly/2I0qCzG>
[Zugriff am 09 Mai 2019].

Keller-MTS AG, 2020. [Online]

Available at: <http://www.keller-mts.ch/de/ankertechnik.asp>

[Zugriff am 25 01 2020].

Marte, R., 2018. *Anchorage - Grouted Anchors, Injection Piles, Soil Nails Acc. to ÖNORM B 1997-1-1:2013, Soil Mechanics and Foundation Engineering / WS 2018*, Graz: Graz University of Technology,.

Mikulik, F., 2019. *Versuchstechnische Untersuchungen zu vorgespanntenn Ankern*, Graz: s.n.

P. Stockhammer, F. T., 1995. Der wiedergewinnbare Litzzenanker System Keller. In: R. Widmann, Hrsg. *Anchors in Theory and Practice - Anker in Theorie und Praxis*. Rotterdam, Brookfield: A.A Balkema.

Schlosser, F., 1991. *Redommendations Clouterre 1991, English Translation*, Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

Triantafyllidis, U. P. D.-I. h. T., 2019. Beiträge der Geotechnik zur Energiewende. *Bautechnik 96, Heft 10*.

Witt, K. J., 2018. *Grundbau-Taschenbuch, Teil2: Geotechnische Verfahren*. 8. Auflage Hrsg. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.

6 Anhang

Produktdatenblätter, Pläne, Zulassungen

#	Beschreibung	Seiten
1	Akkreditierung - Chemisch Analytisches Labor AG	1 x A4
2	BETONAMIT® - Feldversuche bei Gewässer	1 x A4
3	BETONAMIT® - Field Study (water)	1 x A4
4	BETONAMIT® - Kein Kriegsmaterial	1 x A4
5	BETONAMIT® - Kein Sprengstoff	2 x A4
6	EG Konformitätserklärung-Betonamit	1 x A4
7	Product - Quality Certificate	1 x A4
8	BMVIT-327120_0003_19_ANP- Einstabanker_SAS950_2024-03-11	36 x A4
9	Plan: Zentrierabstandhalter R 51 Ø 110	1 x A3
10	Plan: Ausbaubare Anker Feldversuche S7	1 x A2
11	Plan: Versuchsreihen + Ankerprüfrahmen	1 x A2
12	CVK_Paper: Neue Entwicklungen im Bereich der ausbaubaren Anker	15 x A4

DACH Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie GmbH

vertreten im

Deutschen AkkreditierungsRat



Akkreditierung

Die DACH Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie GmbH bestätigt hiermit, daß das Prüflaboratorium

Chemisch Analytisches Labor AG
Dr. Dipl.-Chem. Helmuth Matt
Eidg. Dipl. Lebensmittelchemiker
Im alten Riet 36
FL-9494 Schaan

die Kompetenz nach DIN EN 45 001 besitzt, Prüfungen

im Bereich

Chemische und chemisch-physikalische Analytik
Biologische Untersuchungen

zu den Prüfarten

Gaschromatographie, Hochleistungsflüssigkeitschromatographie / Ionenchromatographie, Atomabsorptionsspektroskopie, Photometrie, Maßanalyse, Enzymatik in Lebensmitteln, Keimgehaltsbestimmung in Lebensmitteln/Oberflächengewässern, Keimartendifferenzierung in Lebensmitteln / Klärschlamm

zu den einzelnen Prüfverfahren der Prüfarten (gemäß Anlage zur Urkunde)

Abwasseranalytische Parameter, IR-Spektroskopie, Elektrochemische Verfahren, Physikalische Kennzahlen, Gravimetrie, Elementaranalyse

zur Untersuchung von

Lebensmitteln, Lebensmittelzusatzstoffen, Pflanzenschutzmitteln, Tierernährung, Düngemitteln, Pharmazeutika, Kosmetika, Konsumgütern, Bedarfsgegenständen, Kunststoffen, Kunststoffadditiven, Halbfabrikaten, Bodengas, Innenluft, Böden, Schlämmen, Sedimenten, Trinkwasser, Brauchwasser, Grundwasser, Abwasser, Sickerwasser, Abfällen


auszuführen.

Die Akkreditierung ist gültig bis: 18.12.2000

Die Anlage ist Bestandteil der Urkunde und besteht aus 3 Seiten.

DACH-Registriernummer: **DAC-P-0015-95-00**

Frankfurt, den 19.12.1995


Dr. A. Steinhorst
Geschäftsführer





Chemisch Analytisches Labor

Dr. Dipl. Chem. Helmuth Matt
Eidg. dipl. Lebensmittelchemiker

Im alten Riet 36
FL-9494 Schaan
Telefon 075/2 76 03
Telefax 075/2 76 02

Kubatec AG
9491 Ruggell

Ihr Zeichen Unser Zeichen JM

Schaan, den 6. Juni 1990

Feldversuche mit BETONAMIT in stehenden
und fliessenden Gewässern

Es wurden verschiedene Felsbohrungen unter Wasser vorgenommen und anschliessend nach Anweisung des Herstellers KUBATEC AG, FL-9491 Ruggell, mit BETONAMIT gefüllt und mit dem entstehenden Expansionsdruck zerstört.

Die Felsblöcke hatten jeweils eine ungefähre Abmessung von 1 m², die verwendete Menge an BETONAMIT betrug ca. 3.2 kg bei jeweils zwei Bohrlöchern von 38 mm Durchmesser und einer Bohrtiefe von 90 cm.

Ein nennenswerter Anstieg des pH-Wertes konnte nicht festgestellt werden, da die Pufferkapazität des Wassers bei ca. 10 m³ zur pH-Stabilisierung ausreichte. Eine Gefährdung für Fische, Pflanzen und andere im Wasser befindlichen Lebewesen ist somit nach dem heutigen Erkenntnisstand nicht gegeben.

Labor Dr. H. Matt

H. Matt

Bankverbindungen:
Liechtensteinische Landesbank, Vaduz
Verwaltungs- und Privat-Bank AG, Vaduz
Postcheck-Konto 90.20501.6 SG



Chemisch Analytisches Labor

Dr. Dipl. Chem. Helmuth Matt
Eidg. dipl. Lebensmittelchemiker

Im alten Riet 36
FL-9494 Schaan
Telefon 075/2 76 03
Telefax 075/2 76 02

Kubatec AG
FL-9491 Ruggell

Ihr Zeichen

Unser Zeichen JM

Schaan, den 19. Juli 1990

FIELD STUDY OF THE EFFECTS OF THE PRODUCT BETONAMIT ON AQUATIC LIFE IN STATIC AN FLOWING WATERS

A study was undertaken to determine if the use of BETONAMIT, a product for non-hazardous demolition of concrete and rock, in an underwater environment would endanger aquatic life. Tests were conducted using BETONAMIT to break rock in a static pool containing 10 cubic metres of water.

The rock was approximately 1 m³ in size. Two holes of 38 mm diameter an 90 cm depth were drilled in the rock.

The holes were filled with BETONAMIT in compliance with the mixing and installation instructions of the manufacturer, KUBATEC AG of Ruggell, Principality of Liechtenstein. The amount of BETONAMIT required was 3.2 kgs.

The rock was cracked by the expansive pressure which BETONAMIT developed.

After cracking took place the water was tested with a pH Metre. No appreciable change in the pH value was detected. Therefore, the buffer capacity of ten cubic metres of static water was adequate for the achievement of pH stabilization. Larger bodies of water, static or flowing, would be unaffected.

According to our tests an latest scientific information, the substancw BETONAMIT does not present a danger to fish, plants or other aquatic life forms.

Labor Dr. H. Matt

H. Matt

Bankverbindungen:
Liechtensteinische Landesbank, Vaduz
Verwaltungs- und Privat-Bank AG, Vaduz
Postcheck-Konto 90-20501-6 SG



Direktion der Eidgenössischen Militärverwaltung
Direction de l'Administration militaire fédérale
Direzione dell'Amministrazione militare federale
Direcziun da l'administraziun militara federala

795/KHK/Lo/Dh

In der Antwort anzugeben
A rappeler dans la réponse
Ripeterlo nella risposta

Tel. 031) 67 50 69Lo

Kubatec
Kunststoff- und Bautechnik AG
Industriestrasse

FL 9491 Ruggell

3003 Bern, 3. November 1989

Definition von Kriegsmaterial,
Zuordnung von explosionsfreien Sprengmittel

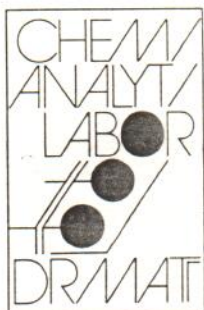
Sehr geehrte Herren

Bezugnehmend auf Ihr Schreiben vom 14. September 1989 sowie nach Rücksprache mit der Bundesanwaltschaft, Zentralstelle zur Bekämpfung von Sprengstoffdelikten, teilen wir Ihnen mit, dass explosionsfreie Sprengmittel wie z.B. Betonamit, Bristar, Silent, Calmit usw. nicht als Kriegsmaterial im Sinne des Bundesgesetzes vom 30. 6.1972 betrachtet werden.

Mit freundlichen Grüßen

DIREKTION DER EIDG. MILITAERVERWALTUNG
Der Chef der Rechtsabteilung

F. Godet



Chemisch Analytisches Labor
Dr. phil. II Helmut Matt
Eidg. dipl. Lebensmittelchemiker

AB 1.1.1984
NEUE ADRESSE
IM ALTEN RIET 36
POSTFACH 548
9494 SCHAAN
TEL. 075 / 2 76 03

KUBATEC

Kunststoff- & Bautechnik AG

FL-9493 Mauren / 9491 Ruggell

Ihr Zeichen

Unser Zeichen jm/ 7

FL-9494 Schaan, den 11. Januar 1985

Betonamit : BAGT Nr. 54034

Betonamit wurde vom Bundesamt für Gesundheitswesen / Abteilung Gifte nach Sonderblatt Nr. 6 klassifiziert. Sonderblatt Nr. 6 enthält "Gewerbliche Produkte der Photo-, Repro- und Druckereibranche". Das Produkt enthält mehr als 5 % Erdalkalioxide, weshalb es in die Giftklasse 4 eingestuft wurde und die BAGT Nr. 54034 erhielt. Auf dem Etikett sind entsprechend die Warmaufschriften "Nicht einnehmen, Augenkontakt vermeiden" richtig vermerkt.

Betonamit ist aufgrund der chemischen Zusammensetzung kein Sprengstoff im herkömmlichen Sinne. Es kann weder durch Schlag und Hitze zur Explosion kommen, da es keine gefährlichen Zersetzungsprodukte und Polymerisationen bildet. Dementsprechend sind keine Verhütungsmassnahmen notwendig. Eine Beseitigung des Produktes ist durch Verbrennen möglich, was bei üblichen Sprengstoffen unmöglich ist. Aufgrund dieser Tatsachen ist Betonamit nicht gefährlicher als gewerbliche Produkte der Photo- und Druckereibranche.



Labor Dr. H. Matt

H. Matt

Bankverbindungen:
Liechtensteinische Landesbank Vaduz
Verwaltungs- und Privatbank AG, Vaduz
Postcheck Konto 90-20501

Vu par la
Chambre de Commerce et d'Industrie du Liechtenstein,
Vaduz, le 14 JAN 1985 No. 0124
Chambre de Commerce et d'Industrie du Liechtenstein



A. Jutz



Faller

EG/EU/EWR – Konformitätserklärung

Entsprechend (EG) Nr. 1907/2006

Produktname / Trademark

Betonamit®

Als ein im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) ansässiger Hersteller erklären wir, dass das von uns hergestellte Quelldruckmittel Betonamit den aktuellsten Richtlinien sowie der in der EU und EWR gültigen Chemikalienverordnung nach

(EG) Nr. 1907/2006 (REACH) entspricht.

Liechtenstein, 01/06/2015

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Bruno Meyerhans".

Bruno Meyerhans, CEO

Product – Quality Certificate

in accordance with (EG) Nr. 1907/2006

Trademark

Betonamit®

As a manufacturer, headquartered in the European Economic Area (EEA), we declare that our products are made by the highest quality standards. Our products correspond to the international regulations as well as to the EU and EEA chemical regulations.

(EC) No 1907/2006 (REACH).

Liechtenstein, 01/01/2018

KUBATEC BMT AG
Widaustrasse 3
LI-9491 Ruggell / Liechtenstein
Tel. +423 375 78 78

A large, stylized handwritten signature in blue ink is written over the company name and address information.

Mr. Bruno Meyerhans, CEO



TOP-QUALITÄT
geprüft + zugelassen



ZULASSUNG

ANP-EINSTABANKER SAS 950

GZ: BMVIT-327.120/0003-IV/IVS2/2019

ANP - Systems GmbH

Anker | Nagel | Pfahl | Spannverfahren | Schalungsanker | Bewehrungstechnik | Gerätetechnik

Internationale Referenzprojekte und weitere Informationen: www.anp-systems.at



ZULASSUNG

GZ: BMVIT-327.120/0003-IV/IVVS2/2019

- Zulassungsgegenstand:** ANP-Einstabanker SAS 950 aus Spannstahl Y1050H mit Gewinderippung Ø 18, 26.5, 32, 36, 40, und 47 mm als Kurzzeitanker, als Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzeinsatz und als Daueranker gemäß ÖNORM EN 1537 und ÖNORM B 1997-1-1
- Zulassungsinhaber und Hersteller des Einstabankers:** ANP – Systems GmbH
Christophorusstraße 12
5061 Elsbethen / Österreich
- Inhaber der ETA des Spannverfahrens, Hersteller des Zugtraggliedes und der Schraubkomponenten:** STAHLWERK ANNAHÜTTE
Max Aicher GmbH & Co. KG
Max Aicher-Allee 1 + 2
83404 Ainring Hammerau / Deutschland
- Hersteller der Ankerspezifischen Komponenten und des Korrosionsschutzes:** Die Hersteller sind im Überwachungsvertrag angeführt
- Geltungsbereich:** Republik Österreich, Bundesstraßen
- Geltungsdauer:** ab sofort bis auf Widerruf, längstens jedoch bis 11.03.2024
Bedingung: jährliche Vorlage der Fremdüberwachung
- Fremdüberwachung:** TÜV AUSTRIA TVFA Prüf- und Forschungs GmbH
(TÜV AUSTRIA TVFA)

Hinweis: Der Zulassungswerber verpflichtet sich, die zulassungserteilende Stelle, das ist das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung IV/IVVS2, von wesentlichen Änderungen, insbesondere vom Auslaufen von Überwachungsverträgen oder von konstruktiven Änderungen des Zulassungsgegenstandes, unverzüglich in Kenntnis zu setzen.

Wien, am 11.03.2019

Für den Bundesminister:

Dipl.-Ing. Dr. Johann HORVATITS

Typenblatt zur Zulassung

Zulassungsgegenstand:	ANP – Einstabanker SAS 950 aus Spannstahl Y1050H mit Gewinderippung Ø 18, 26.5, 32, 36, 40, und 47 mm als Kurzzeitanker, als Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzzeiteinsatz, und als Daueranker
Zulassungsinhaber und Hersteller des Einstabankers:	ANP – SYSTEMS GmbH Christophorusstraße 12 5061 Elsbethen / Österreich
Inhaber der ETA des Spannverfahrens und Hersteller des Zugtraggliedes und der Schraubkomponenten:	STAHLWERK ANNAHÜTTE Max Aicher GmbH & Co. KG Max-Aicher-Allee 1 + 2 83404 Ainring – Hammerau / Deutschland
Hersteller der ankerspezifischen Komponenten und des Korrosionsschutzes:	Die Hersteller sind im Überwachungsvertrag angeführt
Fremdüberwachung:	TÜV AUSTRIA TVFA Prüf- und Forschungs GmbH (TÜV Austria TVFA)
Geltungsbereich:	Republik Österreich Bundestraßen
Bezugsnorm:	ÖNORM EN 1537: 2015 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Verpressanker ÖNORM B 1997-1-1: 2013 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1-1: Allgemeine Regeln, Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen ETA – 05/0122 OIB vom 27.06.2018 SAS – Stabspannverfahren mit Verbund, ohne Verbund und ex- tern Zertifikat der Leistungsbeständigkeit 1211-CPR-1559-2018 vom 05.10.2018 des Materialprüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Universität München Leistungserklärung Nr. DECLARATION OF PERFORMANCE of ETA-05/0122 vom 05.10.2018

I Allgemeine Bestimmungen

1. Mit der Zulassung durch das BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) ist der Nachweis über die Brauchbarkeit des Zulassungsgegenstandes für den vorgesehenen Verwendungsbereich erbracht. Die Zulassung wird auf der Grundlage von nicht harmonisierten, technischen Spezifikationen und unbeschadet möglicher Schutzrechte Dritter erteilt.
2. Die Beurteilung der Brauchbarkeit des Zulassungsgegenstandes erfolgt durch Vorlage von entsprechenden Prüfungsergebnissen und Berichten, nach den entsprechenden Eurocodes, Normen und Richtlinien hinsichtlich der maßgebenden Eigenschaften und des Anwendungsbereiches.
3. Soweit technische Spezifikationen bzw. Normen und Richtlinien im Typenblatt ohne Ausgabedatum angeführt werden, ist die aktuelle Ausgabe als maßgebend anzusehen.
4. Der Zulassungsinhaber ist für die Konformität des Bauproduktes mit der Zulassung verantwortlich und gewährleistet alle für das Bauprodukt zugesicherten Eigenschaften.
5. Die Zulassung bezieht sich ausschließlich auf das Bauprodukt des genannten Herstellers und Zulassungsinhabers.
6. Das BMVIT ist berechtigt, auf Kosten des Zulassungsinhabers, überprüfen zu lassen, ob die Bestimmungen dieser Zulassung und des Typenblattes eingehalten werden.
7. Die Zulassung wird widerruflich erteilt. Dies gilt besonders bei neuen technischen Erkenntnissen und Normen.
8. Das Zulassungsschreiben und das Typenblatt zur Zulassung dürfen nur vollständig wiedergegeben werden. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen nicht in Widerspruch zu der Zulassung stehen.



II Besondere Bestimmungen

Inhalt

- 1 Allgemeines
- 2 Bezugsnormen
- 3 Beschreibung des Verpressankers
- 4 Anwendungsbereich
- 5 Baustoffe und Bauprodukte
 - 5.1 Zugglied
 - 5.1.1 Eigenschaften und Einstufung des Stahlzuggliedes
 - 5.1.2 Anforderungen an die Tragfähigkeit des Ankers
 - 5.2 Ankerkopf
 - 5.2.1 Ankerkopfausbildung
 - 5.2.2 Lastübertragung auf das Tragwerk
 - 5.3 Verpressmörtel
 - 5.4 Korrosionsschutz
 - 5.4.1 Kurzzeitanker
 - 5.4.2 Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzzeiteinsatz
 - 5.4.3 Daueranker
- 6 Ankerherstellung, Einbau und Instandhaltung
- 7 Prüfungen
 - 7.1 Werkstoffprüfungen und Konformitätsnachweis
 - 7.1.1 Ankerkomponenten
 - 7.1.2 Ankerspezifische Komponenten und Korrosionsschutzsystem
 - 7.2 Ankerprüfungen

Anlagen

1. Allgemeines

Die Planung, die Bemessung, die Ausführung, die Prüfung und Überwachung von Verpressankern darf nur von Unternehmen mit entsprechenden Fachkenntnissen, Erfahrungen und einschlägig ausgebildetem Fachpersonal vorgenommen werden.

Aufgrund des Umstandes, dass es sich beim Verpressanker gemäß ÖNORM EN 1997-1 um einen kritischen Bauteil handelt, ist für die Nutzungsdauer eine regelmäßige Inspektion vorzusehen und in der Planung festzulegen. Art und Mindestumfang der Inspektion sind in der ÖNORM B 1997-1-1 angeführt.

Die Verantwortlichkeiten für die Planung, die Bemessung, die Ausführung, die Prüfung und Überwachung sind für die Durchführung eines Bauprojektes vertraglich festzulegen. Über das Ankersystem, die Ankerherstellung und den Einbau sind entsprechende Aufzeichnungen und Protokolle zu führen.

Die zugrunde gelegte ETA 05/0122 bewertet das SAS-Stabspannverfahren als Bausatz und umfasst Spannglied und Komponenten.

Der Hersteller des Zugtraggliedes, der Ankerkomponenten und des Korrosionsschutzsystems hat für diese die Konformität mit der Zulassung zu gewährleisten.

2. Bezugsnormen

ÖNORM EN 1537: 2015	Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Verpressanker
ÖNORM EN 1990: 2013	Eurocode – Grundlagen der Tragwerksplanung
ÖNORM EN 1992-1-1: 2015	Eurocode 2 – Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
ÖNORM EN 1997-1: 2014	Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
ÖNORM B 1997-1-1: 2013	Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln – nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen
ÖNORM B 4758: 2014	Spannstähle – Anforderungen, Klassifizierung und Konformitätsnachweis
ÖNORM EN 206: 2017	Beton: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformitätsnachweis
ÖNORM EN 445: 2008	Einpressmörtel für Spannglieder – Prüfverfahren
ÖNORM EN 446: 2008	Einpressmörtel für Spannglieder – Einpressverfahren
ÖNORM EN 447: 2017	Einpressmörtel für Spannglieder – Anforderungen für übliche Einpressmörtel
ÖNORM EN ISO 9001: 2015	Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen
ÖNORM EN ISO 22477-5: 2016	Entwurf: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen – Teil 5: Ankerprüfungen

ÖNORM EN 10025-2:2005	Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
ÖNORM EN 10083-1:2006	Vergütungsstähle – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen
ÖNORM EN 10083-2:2006	Vergütungsstähle – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Stähle
ÖNORM EN 10210-1:2006	Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen
ÖNORM EN 10216-1:2014	Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur
ÖNORM EN 10217-1:2007	Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur
ÖNORM EN ISO 4026:2004	Gewindestifte mit Innensechskant mit Kegelstumpf
DIN 8061:2016	Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung
DIN 8062:2009	Rohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) – Allgemeine Güteanforderungen, Maße
DIN 8074:2011	Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100 – Maße
DIN 8075:2018	Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 80, PE 100 – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen
ÖNORM EN ISO 1872-1:1999	Kunststoffe – Polyethylen (PE)-Formmassen – Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen
ÖNORM EN ISO 1872-2:2007	Kunststoffe – Polyethylen (PE)-Formmassen – Teil 2: Herstellung von Probekörpern und Bestimmung von Eigenschaften
ÖNORM EN ISO 9969:2016	Thermoplastische Rohre – Bestimmung der Ringsteifigkeit
EAD 160004-00-0301:2016	European Assessment Document for Post-Tensioning Kits for Prestressing of Structures (vormals ETAG 013)
RVS 08.22.01: 2013	Verpressanker, zugbeanspruchte Verpresspfähle und Nägel

3. Beschreibung des Verpressankers

Der ANP - Einstabanker SAS 950 verwendet als Zugglied einen durchgehend schraubbaren

**Stabspannstahl Y1050H mit Gewinderippung WR
Ø 18, 26.5, 32, 36, 40, und 47 mm**

nach ÖNORM B 4758. Der verwendete Stabspannstahl ist ein Erzeugnis des Stahlwerkes Anahütte und genügt den Anforderungen des Bausatzes nach ETA 05/0122.

Ausgeführt werden nach den Vorgaben der Ankernorm ÖNORM EN 1537:

- **Kurzzeitanker** mit glatter Verrohrung in der freien Stahllänge und Dichtrohr im Ankerkopfbereich
- **Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzeiteinsatz** oder für aggressive Bodenbedingungen und höhere Korrosionsschutzanforderungen mit glatter Verrohrung und einem Schutzanstrich des Spannstahles in der freien Stahllänge, Dichtrohr, Stahlkappe und Verfüllung mit Korrosionsschutzmasse im Ankerkopfbereich
- **Kontrollierbare Daueranker** mit glatter Verrohrung in der freien Stahllänge und PE-Ripprohr über die gesamte Ankerlänge, Dichtrohr, Stahlkappe und Verfüllung mit Korrosionsschutzmasse im Ankerkopfbereich

Die Verankerung und die Spanngliedkopplung des Verpressankers muss nach ÖNORM EN 1537 einer Europäischen Technischen Bewertung für Spannsysteme entsprechen.

Der Ankerkopf besteht aus einer Kugelbundmutter und einer quadratischen Ankerplatte mit Aufnahmekonus. Eine Kopplung mittels Gewindemuffe ist in der freien Stahllänge bzw. im Übergangsbereich freie Stahllänge – Verankerungslänge möglich.

Der Ankerstab wird in ein vorgebohrtes Bohrloch eingebracht. Die Verankerungslänge wird im Bohrloch durch Abstandhalter zentriert und durch Verpressmörtel mit dem Baugrund verbunden.

Unter Verwendung einer speziellen Abhebevorrichtung lässt sich der Ankerkopf abheben.

Die nach ÖNORM EN 1537 ausgeführten Korrosionsschutzsysteme des ANP-Einstabankers werden für die folgende Nutzungsdauer vorgesehen:

- **Kurzzeitanker** für eine Nutzungsdauer bis zu 2 Jahren
- **Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzeiteinsatz** für eine geplante Nutzungsdauer von mehr als 2 Jahren und bis zu 7 Jahren
- **Daueranker** für eine dauerhafte Nutzung von mehr als 2 Jahren.

Detailangaben über das Ankersystem enthalten die folgenden Anlagen:

- Anlage 1: ANP-Einstabanker SAS 950, Kurzzeitanker
- Anlage 2: ANP-Einstabanker SAS 950, Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzzeiteinsatz
- Anlage 3: ANP-Einstabanker SAS 950, Daueranker
- Anlage 4: ANP-Einstabanker SAS 950, Muffenverbindungen
- Anlage 5: ANP-Einstabanker SAS 950, Bemessungswert der Ankerkraft nach ÖNORM B 1997-1-1, zulässige Prüfkräfte des Ankers nach ÖNORM EN 1537
- Anlage 6: ANP-Einstabanker SAS 950, Achs- und Randabstände des Ankersystems
- Anlage 7 bis 8: ANP-Einstabanker SAS 950, Geometrie und Materialkennwerte des Stabspannstahles – Nennmaße, Nenngewicht / Rippengeometrie, sowie mechnisch – technologische Eigenschaften
- Anlage 9 bis 17: ANP-Einstabanker SAS 950, Zubehörteile und Komponenten des Korrosionsschutzsystems mit Abmessungen und Werkstoffangabe
- Anlage 18 bis 20: ANP-Einstabanker SAS 950, Aufbau werksseitiger Korrosionsschutz; Transport, Lagerung und Einbau; Einbau Ankerkopf

4. Anwendungsbereich

Verpressanker sind Einbauelemente, die eine aufgebrauchte Zugkraft auf eine tragende Schicht im Baugrund nach den Grundsätzen der Ausführung von geotechnischen Arbeiten übertragen. Unter Baugrund ist sowohl Boden als auch Fels zu verstehen.

Die Ankerorm ÖNORM EN 1537 ist eine Anwendungsnorm und enthält Angaben über die Durchführung von Ankerarbeiten, geotechnische Untersuchungen, Baustoffe und Bauprodukte, Ausführung, Prüfung und Überwachung von Ankern. Im Anhang der Norm werden informative Angaben zu den Materialeigenschaften von Korrosionsschutzmassen gemacht, weiters werden der Ankeraufbau und die Ausbildung des Korrosionsschutzes beim Kurzzeit- und Daueranker angegeben.

Die Grundlagen für ein Bemessungskonzept von Tragwerken nach dem Grenzzustand der äußeren Tragfähigkeit werden in ÖNORM EN 1990 angegeben. Die Bodeneigenschaften sind dabei nach ÖNORM EN 1997-1 zu bestimmen.

Die Bemessungsgrößen des Ankers für den Grenzzustand der inneren Tragfähigkeit werden in ÖNORM B 1997-1-1 definiert und deren Tragfähigkeit in Abhängigkeit von Schadensfolgeklassen angegeben. Diese Norm legt nationale Parameter zu ÖNORM EN 1997-1 fest und ist mit ihr gemeinsam anzuwenden.

5. Baustoffe und Bauprodukte

5.1 Zugglied

5.1.1 Eigenschaften und Einstufung des Stahlzuggliedes

Als Zugglied wird ein warmgewalzter, walzhitzevergüteter, gereckter und angelassener Stabspannstahl Y1050H Ø 18 bis 47 mm mit rechtsgängigen Gewinderippen nach ÖNORM B 4758 verwendet.

Die wesentlichen Kenngrößen des Gewindestabes WR sind:

- Durchmesser: 18, 26.5, 32, 36, 40 und 47 mm
- charakteristische Streckgrenze $R_{p0,1} = 950 \text{ N/mm}^2$
- charakteristische Zugfestigkeit $R_m = 1050 \text{ N/mm}^2$
- bezogene Rippenfläche $f_R = 0,075$
- Duktilität $A_{gt} \geq 5 \%$

Die bezogene Rippenfläche des Stabspannstahles erfüllt die Anforderungen an die Verbundwirkung in der Verankerungslänge des Zuggliedes gemäß ÖNORM EN 1537.

Die Geometrie und Werkstoffkenngrößen des Stabstahles sind in den **Anlagen 7 und 8** zusammengestellt.

Die Gebrauchstauglichkeit des Spannstahles ist durch eine Bewertung der Konformität nach den Anforderungen der ÖNORM B 4758 nachzuweisen.

Die **Anlagen 1 bis 4** enthalten Systemzeichnungen über den Aufbau des ANP- Einstabankers.

5.1.2 Anforderungen an die Tragfähigkeit des Ankers

Die Zugtragfähigkeit des Einstabankers (bestehend aus den Systemkomponenten: Zugglied, Ankerkopf, Muffe) weist, unter Hinweis auf EAD 160004-00-0301, nach der vorliegenden ETA 05/0122 über das SAS – Stabspannverfahren, in Bezug auf die charakteristische Bruchkraft des Zuggliedes einen Wirkungsgrad von 95 % auf.

Die nach den Bedingungen des EAD 160004-00-0301 nachgewiesene Dauerschwingfestigkeit des Einstabankers beträgt 80 N/mm^2 .

In der **Anlage 5** sind die Bemessungswerte des Materialwiderstandes des Ankerzuggliedes $R_{t,d}$ für die innere Tragfähigkeit des Ankers nach Schadensfolgekassen CC 1, CC 2 und CC 3 gemäß ÖNORM B 1997-1-1 zusammengestellt. Die relativ niedrige Größe des Faktors η für den Bemessungswert des Ankers wird aus der 100% - Prüfhäufigkeit des Bauwerksankers im Rahmen der Abnahmeprüfung abgeleitet.

Bei den Bemessungswerten des Ankerzuggliedes lassen sich näherungsweise folgende Schlupfwerte angeben:

Zugglied Ø 18 - 40 mm:	Spannanker:	1,5 mm
	Muffenverbindung:	2,0 mm
Zugglied Ø 47 mm:	Spannanker:	1,0 mm
	Muffenverbindung:	3,0 mm

In **Anlage 5** sind ebenfalls die maximal zulässigen Prüfkräfte des Ankersystems nach den Bedingungen der ÖNORM B 1997-1-1 angegeben. Die erforderlichen Prüfkräfte gegen Herausziehen des Ankers sind für alle Bemessungssituationen nach der äußeren Tragfähigkeit mit einem Sicherheitsbeiwert nach ÖNORM B 1997-1-1 zu ermitteln. Die maximalen Prüfkräfte dürfen dabei nicht überschritten werden.

5.2 Ankerkopf

5.2.1 Ankerkopfausbildung

Der Ankerkopf besteht aus einer Kugelbundmutter 55° und einer Ankerplatte mit einem Konus von 55°. Zur Abdeckung der Anforderungen an den Korrosionsschutz ist ein Stahlrohr an der Ankerplatte zur Abdichtung gegen das Hüllrohr der freien Ankerlänge dicht angeschweißt. Bei einem Auflager mit Aussparungsrohr sind die Ankerplatte und Unterlagsplatte zentriert aufzusetzen.

Der Ankerkopf ist nach den Bedingungen der ÖNORM EN 1537 konstruiert.

Eine Winkelabweichung des Ankerkopfes wird durch ein Winkelausgleichsrohr ausgeglichen. Das Winkelausgleichsrohr ist mit der Unterlagsplatte verschweißt.

Angaben zu den wesentlichen Systemgrößen der Zubehörteile inklusive Werkstoff und Korrosionsschutz sind in den **Anlagen 9 bis 17** enthalten. Für den Korrosionsschutz im Ankerkopfbereich wird ein Petrolatumprodukt bzw. ein Gel nach **Anlage 14** verwendet.

Für den Fall einer möglichen Gefährdung durch ein Herausschießen des Ankerkopfes infolge vorzeitigen Bruches des Zuggliedes ist eine Ankerkopfsicherung anzuordnen. Diese Sicherung ist für die dabei auftretende Stoßkraft zu bemessen und nach den örtlichen Gegebenheiten bauseits auszuführen. Weitere Möglichkeiten sind die einbetonierte Verankerung oder das Vorsetzen einer Betonschürze.

5.2.2 Lastübertragung auf das Tragwerk

Die Lastübertragung des Ankerkopfes auf das Tragwerk erfolgt über einen Betonkörper ohne Zusatzbewehrung (Spaltzugbewehrung). Grundlage für die Bemessung sind die Anforderungen nach EAD 160004-00-0301. Mit den folgenden Größen wird in Bezug auf die charakteristische Bruchkraft des Zuggliedes ein Wirkungsgrad von 130 % eingehalten:

- Betondruckfestigkeit zum Vorspannzeitpunkt $f_{cm,0, cube 150} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
- Mindestbetongüte $\geq \text{C } 20/25$ gemäß ÖNORM EN 206
- Achs- und Randabstände nach **Anlage 6**

Bei Verwendung der Unterlagsplatte nach **Anlage 10** für Auflager auf große Abstände ist eine Mindestbetongüte von $\geq \text{C } 25/30$ bzw. in Verbindung mit einem Winkelausgleich eine Mindestbetongüte von $\geq \text{C } 30/37$ gemäß ÖNORM EN 206 zu verwenden. Die Achs- und Randabstände nach **Anlage 6** bleiben davon unberührt.

5.3 Muffenverbindung

Das Stahlzugglied kann über eine Muffe in der freien Stahllänge bzw. im Übergangsbereich freie Stahllänge – Verankerungslänge gekoppelt werden. Die Muffe ist gegen Herausdrehen mit Schrauben gesichert. Die freie Dehnung des Zuggliedes darf dabei durch eine Bewegungsbehinderung des Koppellementes nicht beeinträchtigt werden. Angaben zu den wesentlichen Systemgrößen der Muffe enthält **Anlage 10**.

5.4 Verpressmörtel

Alle eingebauten Stabzugglieder ohne und mit Korrosionsschutzumhüllung in der Verankerungslänge weisen eine äußere Zementmörtelüberdeckung von mindestens 10 mm zur Bohrlochwand auf. Eine Zentrierung erfolgt durch Abstandhalter. Für den Aufbau des Verpresskörpers muss der Zementmörtel den Bedingungen der ÖNORM EN 1537 entsprechen.

Bei der Auswahl des Zementes für den Verpresskörper, der in Berührung mit dem Baugrund steht, sind die Einwirkungen der Bodenbedingungen nach den Expositionsklassen gemäß ÖNORM EN 206 zu berücksichtigen.

Der Daueranker wird mit einem PE-Ripprohr über seine gesamte Ankerlänge aufgebaut und weist eine innere Zementmörtelschicht zwischen PE-Ripprohr und Stab von mindestens 5 mm auf.

Der Stab wird im Ripprohr durch eine PE-Schnur bzw. Abstandhalter zentriert. Der verwendete Zementmörtel muss den Normen ÖNORM EN 445, ÖNORM EN 446 und ÖNORM EN 447 entsprechen.

5.5 Korrosionsschutz

ÖNORM EN 1537 gibt Beispiele für die Ausführung von Korrosionsschutzsystemen bei Kurzzeit- und Dauerankern an. Ebenso werden die Bedingungen für einen Kurzzeitanker bei einem erweiterten Kurzzeiteinsatz oder für aggressive Bodenbedingungen angegeben.

Die vorliegenden Ankersysteme entsprechen den angeführten Grundsätzen des Korrosionsschutzes dieser Norm. Die Aufbringung des Korrosionsschutzsystems und die Herstellung des inneren Verpresskörpers erfolgt werkseitig.

Der Aufbau des Korrosionsschutzes wird nachfolgend schematisch beschrieben. Die Komponenten des Ankerkopfes und des Korrosionsschutzes sind mit Abmessungen und Werkstoffangabe in den **Anlagen 11 bis 17** zusammengestellt.

5.5.1 Kurzzeitanker

Die **Anlage 1** enthält eine schematische Darstellung des Kurzzeitankers mit Detailangaben zum Korrosionsschutz. Der Korrosionsschutz wird in den unterschiedlichen Ankerbereichen wie folgt gewährleistet:

Verankerungslänge: Zementmörtelüberdeckung ≥ 10 mm gegen die Bohrlochwand, Zentrierung im Bohrloch über äußere Abstandhalter

- Freie Stahllänge:** Glattes Hüllrohr Wanddicke $\geq 2,0$ mm mit Endabdichtungen mittels Klebeband gegen Wassereintritt.
- Muffenverbindung:** *Freie Stahllänge:*
Muffenrohr Wanddicke $\geq 2,0$ mm mit Endabdichtungen mittels Schrumpfschlauch
Übergangsbereich freie Stahllänge – Verankerungslänge:
Zementmörtelüberdeckung Muffe - Stahlaustritt
- Ankerkopf:** Das an der Ankerplatte angeschweißte Stahlrohr überlappt das glatte Hüllrohr am luftseitigen Ende der freien Stahllänge.
Der Ankerkopfbereich wird mit Korrosionsschutzmasse beschichtet. Bei nicht zugänglichem Ankerkopf ist eine Schutzkappe aus Stahl oder Kunststoff zu montieren. Liegen aggressive Bodenbedingungen vor, ist eine mit Korrosionsschutzmasse verfüllte Schutzkappe vorzusehen.

5.5.2 Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzeiteinsatz

Die **Anlage 2** enthält eine schematische Darstellung des Kurzzeitankers für einen erweiterten Kurzeiteinsatz mit Detailangaben zum Korrosionsschutz. Der Korrosionsschutz wird in den unterschiedlichen Ankerbereichen wie folgt gewährleistet:

- Verankerungslänge:** Zementmörtelüberdeckung ≥ 10 mm gegen die Bohrlochwand, Zentrierung im Bohrloch über äußere Abstandhalter
- Freie Stahllänge:** Der Ankerstab ist mit Korrosionsschutzmasse eingestrichen. Glattes Hüllrohr Wanddicke $\geq 2,0$ mm mit Endabdichtungen mittels Klebeband gegen Wassereintritt.
- Muffenverbindung:** *Freie Stahllänge:*
Muffenrohr Wanddicke $\geq 2,0$ mm, Beschichtung der Komponenten aus Stahl mit Korrosionsschutzmasse, Endabdichtungen mittels Schrumpfschlauch
Übergangsbereich freie Stahllänge – Verankerungslänge:
Zementmörtelüberdeckung Muffe - Stahlaustritt
- Ankerkopf:** Das an der Ankerplatte angeschweißte Stahlrohr ist gegen das glatte Hüllrohr mit einem Dichtring abgedichtet und wird nach dem Spannen mit Korrosionsschutzmasse verfüllt.
Nach dem Spannen des Ankers wird der Stabüberstand mit Korrosionsschutzmasse dick eingestrichen und eine Schutzkappe aus Stahl oder Kunststoff dicht montiert. Alternativ kann die Schutzkappe auch mit Korrosionsschutzmasse verfüllt werden.

5.5.3 Daueranker

Die **Anlage 3** enthält eine schematische Darstellung des Dauerankers mit Detailangaben zum Korrosionsschutz. Der Korrosionsschutz wird in den unterschiedlichen Ankerbereichen wie folgt gewährleistet:

- Verankerungslänge:** Ripprohr Wanddicke $\geq 1,0$ mm mit einer inneren Zementmörtelschicht ≥ 5 mm gegen den Ankerstab. Die Zentrierung des Ankerstabes im Ripprohr erfolgt über eine Schnur oder über Rippendistanzhalter.
Äußere Zementmörtelüberdeckung ≥ 10 mm gegen die Bohrlochwand, Zentrierung im Bohrloch über äußere Abstandhalter.
Erdseitiges Ankerende ist durch eine Kunststoffkappe abgeschlossen.
- Freie Stahllänge:** Das Ripprohr der Verankerungslänge ist samt innerer Zementmörtelschicht weitergeführt.
Darüber glattes Hüllrohr Wanddicke $\geq 1,7$ mm mit Endabdichtungen mittels Klebeband gegen Wassereintritt.
- Muffenverbindung:** *Freie Stahllänge:*
Muffenrohr Wanddicke $\geq 2,0$ mm, Beschichtung der Komponenten aus Stahl mit Korrosionsschutzmasse, Endabdichtungen mittels Schrumpfschlauch
Übergangsbereich freie Stahllänge – Verankerungslänge:
Ausführung mit zweilagigem Schrumpfschlauch
- Ankerkopf:** Das an der Ankerplatte angeschweißte Stahlrohr ist gegen das Ripprohr mit zwei Profilingen abgedichtet und wird nach dem Spannen mit Korrosionsschutzmasse verfüllt.
Die Ankerplatte mit angeschweißtem Stahlrohr ist mit einem stahlbaumäßigen Korrosionsschutz beschichtet oder feuerverzinkt.
Nach dem Spannen des Ankers wird eine feuerverzinkte oder beschichtete Schutzkappe aus Stahl oder eine Kunststoffkappe auf der Ankerplatte dicht aufgesetzt und mit Korrosionsschutzmasse verfüllt.
Das Verfüllen der Stahlkappe mit Korrosionsschutzmasse kann entfallen, wenn der blanke Stabüberstand und die Anker Mutter zweilagig mit Korrosionsschutzbinde umwickelt werden.
Bei Einbetonieren des Kopfes entfallen Kappe und Korrosionsschutzbeschichtung.

6. Ankerherstellung, Einbau und Instandhaltung

Für den Einbau des ANP - Einstabankers sind die Vorgaben der RVS 08.22.01 einzuhalten. Hingewiesen wird darin als Voraussetzung zur Durchführung einer Verankerung auf den rechtzeitigen Nachweis der Eignung des Ankersystems. Die Ausführung der Arbeiten, die Führung von Aufzeichnungen und die Durchführung von Prüfungen sind nach den jeweiligen Ausführungs- bzw. Prüfnormen vorzunehmen.

Unter Verweis auf ÖNORM B 1997-1-1 gilt für den Bereich Bundesstraßen die Gebrauchstauglichkeit des Ankersystems durch eine Zulassung des BMVIT als nachgewiesen. Beim Daueranker mit zugänglichem Ankerkopf sind während der Nutzungsdauer regelmäßige Inspektionen in Form von visuellen Überprüfungen und Abhebekontrollen durch-

zuführen. Gegebenenfalls sind Inspektionen auch beim Kurzzeitanker mit einem erweiterten Kurzeiteinsatz vorzusehen.

Eine Anleitung für die werksseitige Herstellung des Korrosionsschutzes des Einstabankers, die Handhabung und den Einbau einschließlich Spannen ist in den **Anlagen 18 bis 20** beschrieben.

Der Zusammenbau und Einbau des ANP – Einstabankers darf nur unter Einhaltung der angeführten Einbauanweisung mit einem nachweislich (personenbezogene Bestätigung) vom Zulassungsinhaber geschultem Personal der Einbaufirma und unter örtlicher Bauaufsicht erfolgen.

7. Prüfungen

7.1 Werkstoffprüfungen und Konformitätsnachweis

7.1.1 Ankerkomponenten

Die Überwachung der Produktion des Bausatzes „SAS – Stabspannverfahren“ erfolgt nach einem festgelegten Prüfplan der ETA 05/0122 und fällt in den Zuständigkeitsbereich des Zulassungsinhabers. Das Produkt verfügt über ein Zertifikat der Leistungsbeständigkeit einer notifizierten Stelle gemäß Bauproduktenverordnung und über eine Leistungserklärung des Herstellers.

7.1.2 Ankerspezifische Komponenten und Korrosionsschutzsystem

Der Hersteller des ANP-Einstabankers hat eine nach ÖNORM EN ISO 9001 geregelte werkseigene Produktionskontrolle durchzuführen. Diese bezieht sich auf die durch ETA - 05/0122 nicht abgedeckten Komponenten sowie auf die Herstellung des Korrosionsschutzsystems.

Die Inspektion ist durch eine akkreditierte Prüf- und Überwachungsstelle auf der Grundlage eines Überwachungsvertrages durchzuführen, in dem auch der Umfang der Inspektion und der werkseigenen Produktionskontrolle festgelegt ist. Ebenso sind im Überwachungsvertrag alle Zulieferbetriebe von Komponenten angeführt.

Ein Überwachungsvertrag ist zwischen dem Zulassungsinhaber und der fremdüberwachenden Stelle abzuschließen. Die Inspektion ist mindestens einmal jährlich durchzuführen und bezieht sich auf eine Überprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle sowie auf eine Durchführung von Stichprobenprüfungen. Über die Ergebnisse ist ein Bericht auszufertigen.

7.2 Ankerprüfungen

Auf der Baustelle sind Belastungsprüfungen nach den Anforderungen ÖNORM B 1997-1-1 durchzuführen und zu dokumentieren. Danach sind Eignungsprüfungen zur Überprüfung der Planungsmaßnahmen und zur Bestätigung des jeweiligen Bemessungsfalles an mindestens drei Bauwerksankern durchzuführen.

Die Ankerprüfungen sind dabei nach ÖNORM EN ISO 22477-5 (Entwurf) durchzuführen. Darin werden die anwendbaren Prüfverfahren angegeben.

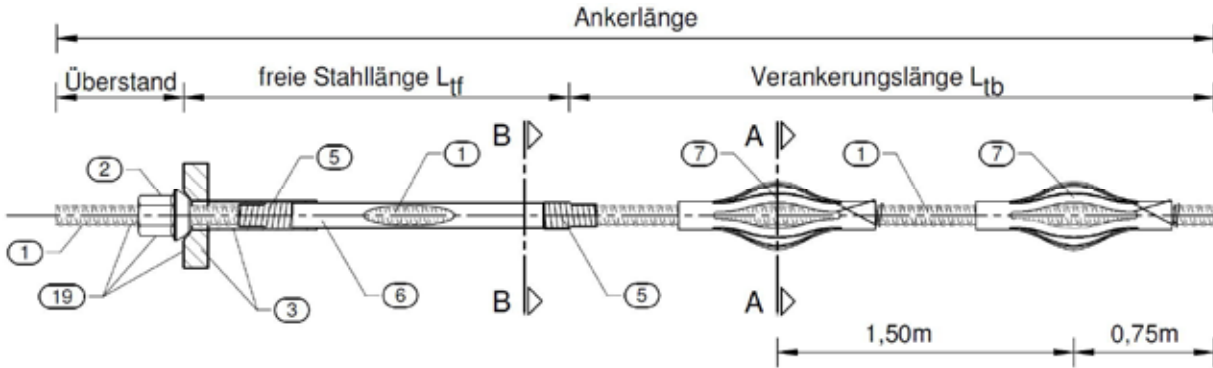


ANP – SYSTEMS GmbH

ANP – Einstabanker SAS 950
 Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
 Kurzzeitanker

Anlage 1

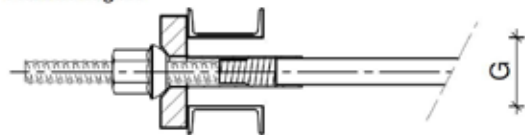
Ankersystem:



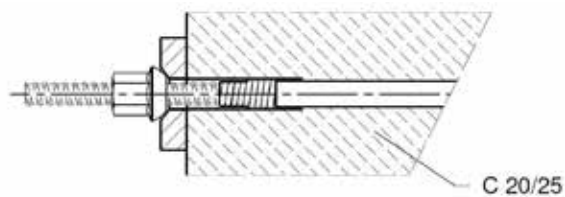
Ankerkopf-Varianten:

Details:

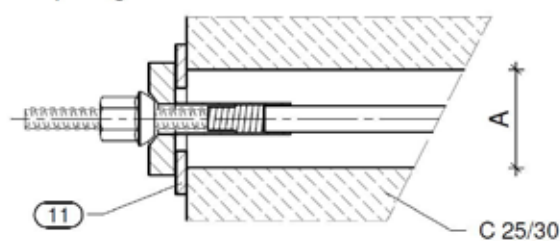
Stahlaufleger:



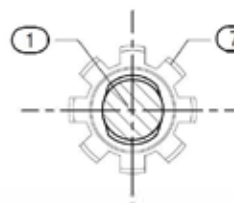
betoniert:



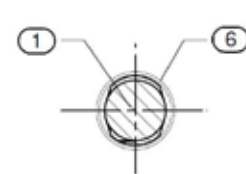
Auflager mit Aussparungsrohr:



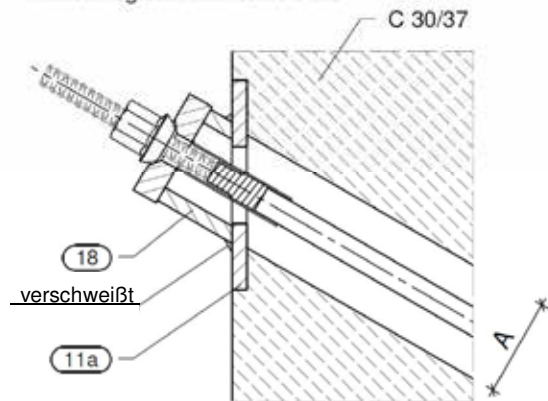
A - A, Schnitt in L_{tb}



B - B, Schnitt in L_{tf}



Winkelausgleich mit Rohrstück:

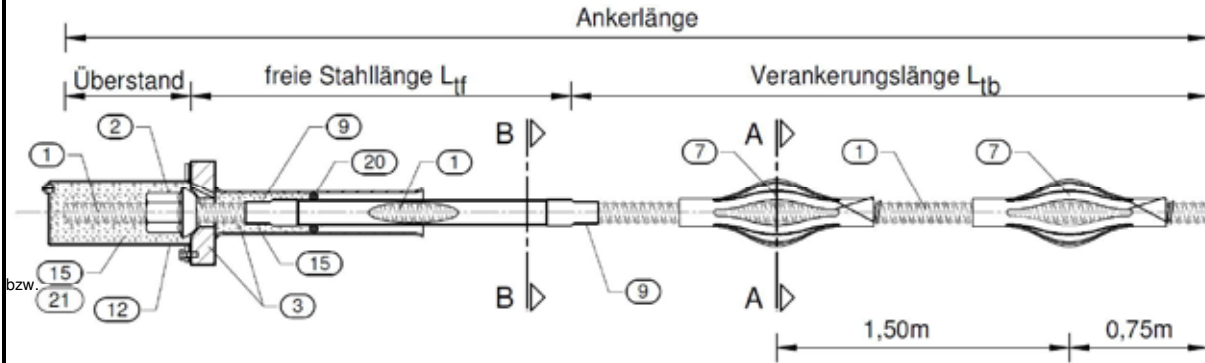


Zugglied Ø [mm]	max. G bei Stahl- auflager [mm]	max. A ¹⁾ für Unterlags- platten [mm]	Kehlnaht Dicke a [mm]	im Kopf- bereich [mm]	min. Bohrloch Ø ²⁾ [mm]		
					ohne Muffe	mit Muffe L_{tf} / L_{tb}	mit Muffe in L_{tf}
18	80	160	3,5	54	61	62	76
26,5	90		5	61	67	76	89
32	100		6	67	72	86	101
36	130		7	70	76	94	116
40			8	86	89	96	116
47			8	98	101	115	136

- ① Stabstahl mit Gewinderippen
- ② Kugelbundmutter
- ③ Ankerplatte mit Stahlrohr
- ⑤ Klebeband
- ⑥ Hüllrohr, glatt
- ⑦ Federkorbdistanzhalter
- ⑪ Unterlagsplatte
- ⑪a Unterlagsplatte für Winkelausgleichsrohr
- ⑱ Winkelausgleichsrohr
- ⑲ Korrosionsschutzbeschichtung bzw. Korrosionsschutz nach ÖNORM EN 1537

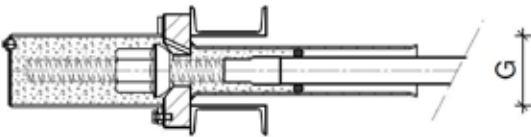
1) Bei Verwendung der Unterlagsplatte für große Auflager ist eine Mindestbetongüte von $\geq C 25/30$ für Pos. 11 und bei Pos. 11a $\geq C 30/37$ gemäß ÖNORM EN 206 einzuhalten
 2) Theoretische Mindest-Bohrlochdurchmesser ohne Einbautoleranzen sind bezogen auf die Mindestbetonüberdeckung bzw. den max. Ankerdurchmesser mit Injizierschlauch Ø 13mm; Werte für die Federkorbdistanzhalter sind nicht berücksichtigt

Ankersystem:

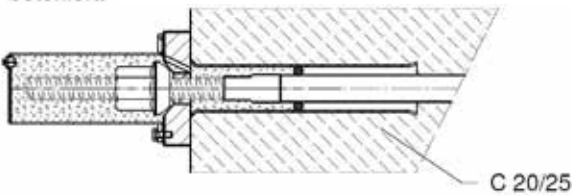


Ankerkopf-Varianten:

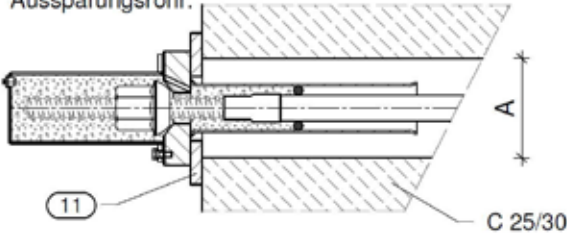
Stahlaufleger:



betoniert:

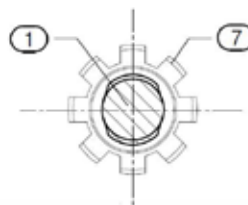


Auflager mit Aussparungsrohr:

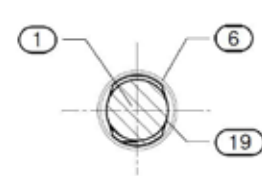


Details:

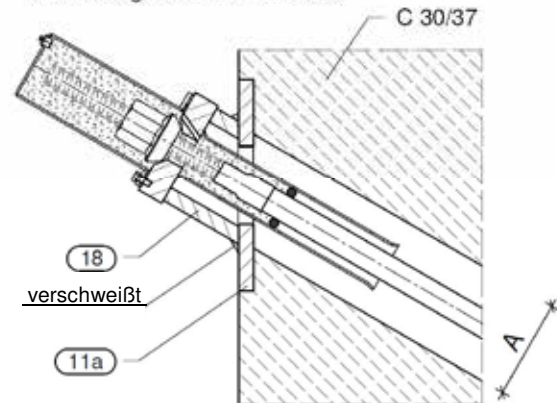
A - A, Schnitt in L_{tb}



B - B, Schnitt in L_{ff}



Winkelausgleich mit Rohrstück:



Zugglied Ø [mm]	max. G bei Stahl- auflager [mm]	max. A ¹⁾ für Unterlags- platten [mm]	Kehlnaht Dicke a [mm]	min. Bohrloch Ø ²⁾			
				im Kopf bereich [mm]	ohne Muffe [mm]	mit Muffe L_{ff} / L_{tb} [mm]	mit Muffe in L_{ff} [mm]
18	80	160	3,5	79	61	62	76
26,5	90		5	79	67	76	89
32	100		6	85	72	86	101
36	130		7	92	76	94	116
40			8	92	89	96	116
47			8	117	101	115	136

- ① Stabstahl mit Gewinderippen
- ② Kugelbundmutter
- ③ Ankerplatte mit Stahlrohr
- ⑥ Hüllrohr, glatt
- ⑦ Federkorbdistanzhalter
- ⑨ Schrumpfschlauch
- ⑪ Unterlagsplatte
- ⑪a Unterlagsplatte für Winkelausgleichsrohr
- ⑫ Stahl-/Kunststoffkappe
- ⑮ Korrosionsschutzmasse
- ⑱ Winkelausgleichsrohr
- ⑳ Dichtring
- ㉑ Korrosionsschutzbinde

1) Bei Verwendung der Unterlagsplatte für große Auflager ist eine Mindestbetongüte von $\geq C 25/30$ für Pos. 11 und bei Pos. 11a $\geq C 30/37$ gemäß ÖNORM EN 206 einzuhalten
 2) Theoretische Mindest-Bohrlochdurchmesser ohne Einbautoleranzen sind bezogen auf die Mindestbetonüberdeckung bzw. den max. Ankerdurchmesser mit Injizierschlauch Ø 13mm; Werte für die Federkorbdistanzhalter sind nicht berücksichtigt

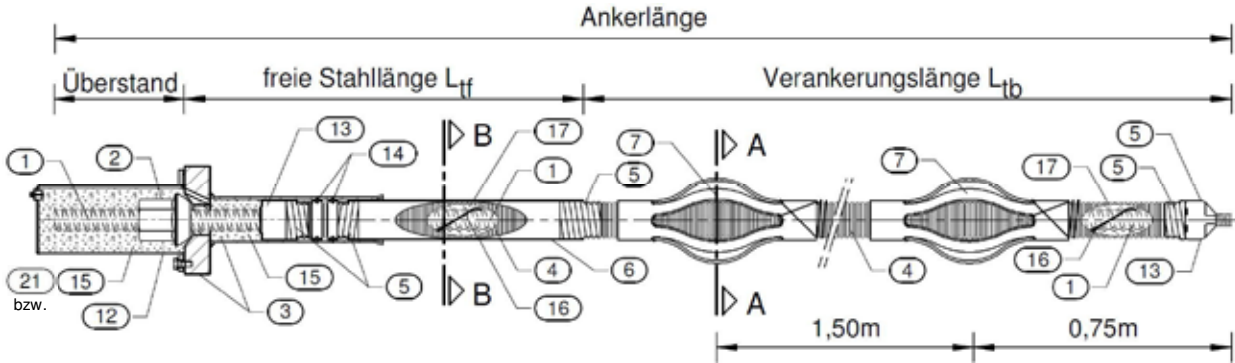


ANP – SYSTEMS GmbH

ANP – Einstabanker SAS 950
 Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
 Daueranker:

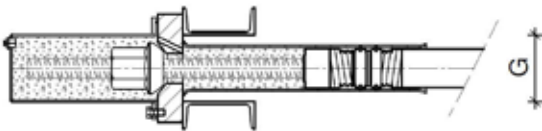
Anlage 3

Ankersystem:

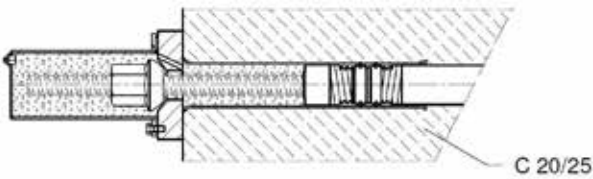


Ankerkopf-Varianten:

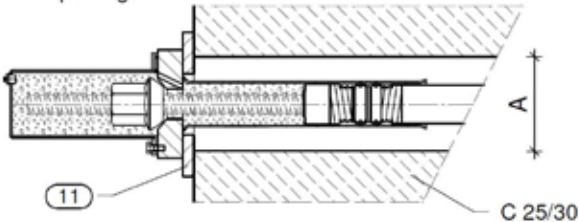
Stahlaufleger:



betoniert:

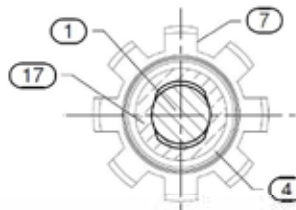


Auflager mit Aussparungsrohr:

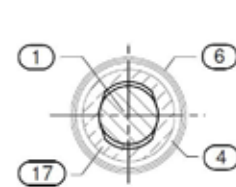


Details:

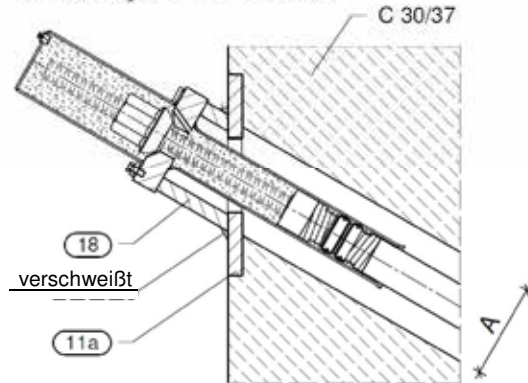
A - A, Schnitt in L_{tb}



B - B, Schnitt in L_{tf}



Winkelausgleich mit Rohrstück:



Zugglied Ø [mm]	max. G bei Stahl- auflager [mm]	max. A ¹⁾ für Unterlags- platten [mm]	Kehlnaht Dicke a [mm]	min. Bohrloch Ø ²⁾			
				im Kopf bereich [mm]	ohne Muffe [mm]	mit Muffe ³⁾ L_{tf} / L_{tb} [mm]	mit Muffe in L_{tf} [mm]
18	80	160	3,5	79	85	90	95
26,5	90		5	79	85	90	105
32	100		6	85	90	95	120
36	130		7	92	100	105	120
40			8	92	100	105	120
47			8	117	115	120	140

- ① Stabstahl mit Gewinderippen
- ② Kugelbundmutter
- ③ Ankerplatte mit Stahlrohr
- ④ Hüllrohr, gerippt
- ⑤ Kleband
- ⑥ Hüllrohr, glatt
- ⑦ Federkorbdistanzhalter
- ⑪ Unterlagsplatte
- ⑪a Unterlagsplatte für Winkelausgleichsrohr
- ⑫ Stahl-/Kunststoffkappe
- ⑬ Injizier- und Endkappe
- ⑭ Profiling
- ⑮ Korrosionsschutzmasse
- ⑯ innerer Abstandhalter
- ⑰ innerer Zementmörtel
- ⑱ Winkelausgleichsrohr
- ⑳ Korrosionsschutzbinde

1) Bei Verwendung der Unterlagsplatte für große Auflager ist eine Mindestbetongüte von $\geq C 25/30$ für Pos. 11 und bei Pos. 11a $\geq C 30/37$ gemäß ÖNORM EN 206 einzuhalten
 2) Theoretische Mindest-Bohrlochdurchmesser ohne Einbautoleranzen sind bezogen auf die Mindestbetonüberdeckung bzw. max. Ankerdurchmesser mit Injizierschlauch Ø 13mm; Werte für die Federkorbdistanzhalter sind nicht berücksichtigt
 3) Ausführung Muffenverbindung in L_{tf} / L_{tb} : mit zweif. Schrumpfschlauch statt Muffenrohr



ANP – SYSTEMS GmbH

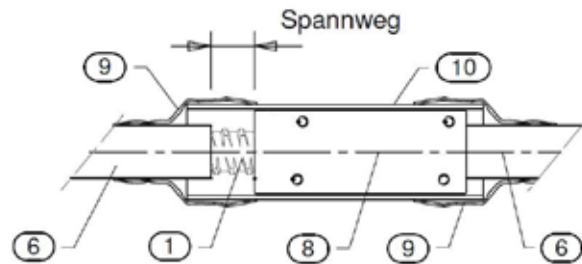
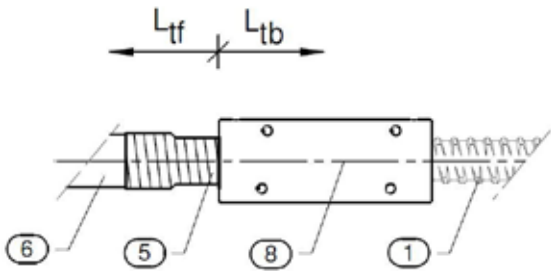
ANP – Einstabanker SAS 950
 Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
 Muffenverbindungen

Anlage 4

Muffenverbindungen – Kurzzeitanker

in Übergangsbereich
 freie Stahllänge L_{tf} / Verankerungslänge L_{tb}

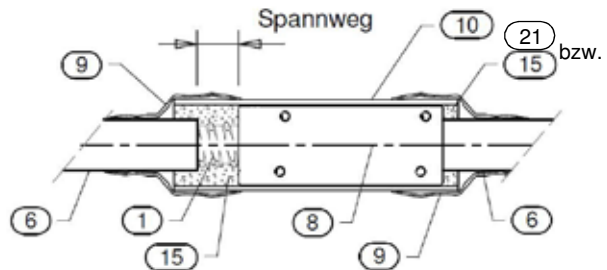
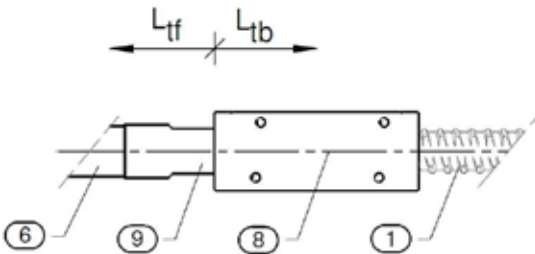
in freier Stahllänge L_{tf}



Muffenverbindungen – Kurzzeitanker für einen erweiterten Kurzzeiteinsatz

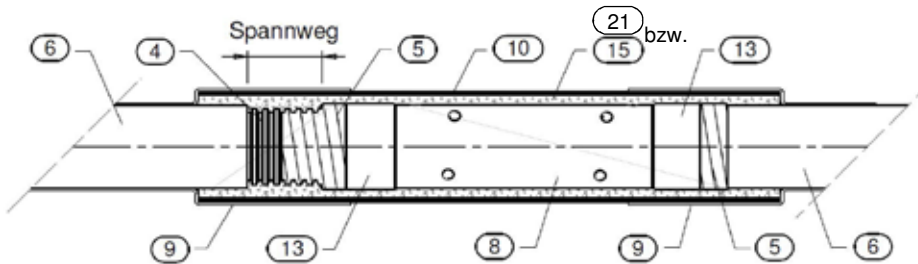
in Übergangsbereich
 freie Stahllänge L_{tf} / Verankerungslänge L_{tb}

in freier Stahllänge L_{tf}



Muffenverbindungen – Daueranker

in freier Stahllänge L_{tf}



in Übergangsbereich freie Stahllänge L_{tf} / Verankerungslänge L_{tb} :
 Ausführung der Muffenverbindung mit 2-lagigem Schrumpfschlauch

in Verankerungslänge L_{tb} :
 Ein Muffenstoß ist zu vermeiden, falls erforderlich ist die Muffenverbindung mit 2-lagigem Schrumpfschlauch auszuführen

- ① Stabstahl mit Gewinderippen
- ④ Hüllrohr, gerippt
- ⑤ Klebeband
- ⑥ Hüllrohr, glatt
- ⑧ Muffe mit Verdrehsicherung
- ⑨ Schrumpfschlauch
- ⑩ Muffenrohr
- ⑬ Injizier- und Endkappe
- ⑮ Korrosionsschutzmasse
- ⑰ Korrosionsschutzbinde



**ANP –
SYSTEMS
GmbH**

ANP – Einstabanker SAS 950

Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen

Bemessungswert der Ankerkraft nach ÖNORM B 1997-1-1,

Zulässige Prüfkräfte des Ankers nach ÖNORM EN 1537

Anlage 5

Bemessungswert der Materialwiderstände des Ankers nach ÖNORM B 1997-1-1

Zugglied Ø [mm]	Kraft an der 0,1% Dehngrenze $R_{p0,1k}$ [kN]	char. Bruchkraft $R_{p,k}$ [kN]	Bemessungswert der Ankertragfähigkeit nach Schadensfolgeklassen $R_{t,d} = R_{p0,1k} / (1,15 \cdot \eta)^1$	
			CC 1 und CC 2, $\eta=1,0$ [kN]	CC3, $\eta=1,15$ [kN]
18	230	255	200	174
26,5	525	580	457	397
32	760	845	661	575
36	960	1070	835	726
40	1190	1320	1035	900
47	1650	1820	1435	1248

- 1) Faktor η in Abhängigkeit von den Schadensfolgeklassen gemäß ÖNORM B 1997-1-1, Teilsicherheitsbeiwert für Spannstahl $\gamma_s = 1,15$ nach ÖNORM EN 1992-1-1

Zulässige Prüfkräfte des Ankers nach ÖNORM EN 1537, Abschnitt E.2 – Prüfverfahren 1

Zugglied Ø [mm]	Kraft an der 0,1% Dehngrenze $R_{p0,1k}$ [kN]	char. Bruchkraft $R_{p,k}$ [kN]	char. Ankerzug- tragfähigkeit $R_k = R_{p0,1k} / \gamma_s^1$ [kN]	Max. Prüfkraft $P_{P,max}^2$	
				$0,8 R_{pk}$ [kN]	$0,9 R_{p0,1k}$ [kN]
18	230	255	200	204	207
26,5	525	580	457	464	473
32	760	845	661	676	684
36	960	1070	835	856	864
40	1190	1320	1035	1056	1071
47	1650	1820	1435	1456	1485

- 1) Die Festlegekraft P_0 darf höchstens $P_0 \leq P_k$ gewählt werden, Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_s = 1,15$ des Stahlzuggliedes gemäß ÖNORM EN 1992-1-1
- 2) Das Ankerzugglied ist so zu bemessen, dass die angeführte Prüfkraft sowohl bei der Untersuchungs-, Eignungs- und Abnahmeprüfung nicht überschritten wird. Maßgebend ist der kleinere Wert.



**ANP –
SYSTEMS
GmbH**

ANP – Einstabanker SAS 950
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Achsen- und Randabstände des Ankersystems

Anlage 6

Achs- und Randabstände

Mechanische Verankerung ohne Zusatzbewehrung (Spaltzugbewehrung)

Aktuelle Betonfestigkeit zum Vorspannzeitpunkt $f_{cm,0,cube 150} \geq 25 \text{ N/mm}^2$

Mindestbetongüte $\geq \text{C 20/25}$ nach ÖNORM EN 206.

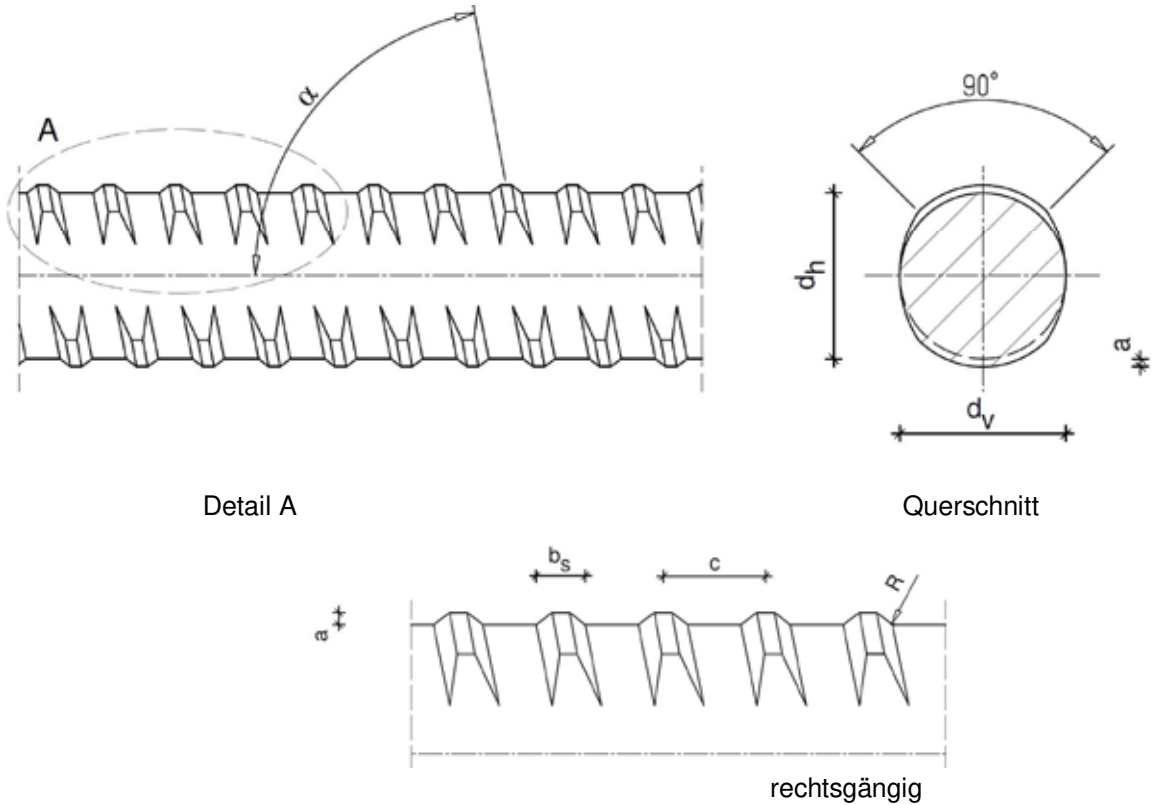
Bei Verwendung der quadratischen Unterlagsplatte für Auflager mit Aussparungsrohr beträgt die Mindestbetongüte nach ÖNORM EN 206 $\geq \text{C 25/30}$ bzw. in Verbindung mit einem Winkelausgleich $\geq \text{C 30/37}$.

Zugglied Ø [mm]	Achsenabstand R [mm]	Randabstand R [mm]
18	200	90 + c
26,5	280	130 + c
32	340	160 + c
36	380	180 + c
40	420	200 + c
47	500	240 + c

c – Betondeckung der konstruktiven Bewehrung in Abhängigkeit der nationalen Anforderungen bzw. von Expositionsklassen nach ÖNORM EN 206

1 Stabspannstahl mit Gewinderippen

Formgebung



Nennmaße und Nenngewicht / Rippengeometrie

Nenn-durch-messer	Nenn-masse ¹⁾	Nenn-querschnitt	Kerndurchmesser		Gewindrippen				
			d _h	d _v	Höhe min. a	Breite b _s	Abstand c	Neigung α	Radius R
d _s [mm]	G [kg/m]	A [mm ²]	d _h [mm]	d _v [mm]	a	b _s [mm]	c [mm]	α [grad]	R [mm]
18	1,96	241	17,4	17,2	1,1	4,1	8,0	82,5	1,8
26,5	4,48	552	26,4	25,9	1,7	6,2	13,0	81,5	2,6
32	6,53	804	31,9	31,4	1,9	7,6	16,0	81,5	3,2
36	8,27	1018	35,9	35,4	2,1	8,7	18,0	81,5	3,6
40	10,21	1257	39,7	38,9	2,1	9,6	20,0	81,5	4,0
47	14,10	1735	46,6	45,8	2,4	10,4	21,0	81,5	4,0

¹⁾ Zul. Abweichung von der Nennmasse ± 4,5%



ANP – SYSTEMS GmbH

ANP – Einstabanker SAS 670
 Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
 Geometrie und Materialkennwerte des Stabspannstahles -
 Mechanisch – technologische Eigenschaften

Anlage 8

1 Stabstahl mit Gewinderippen

	Nenndurchmesser d_s [mm]	charakteristische			
		Streckgrenzkraft $F_{p0,1}$ [kN]	Bruchkraft F_m [kN]		
1	18	230	255		
	26,5	525	580		
	32	760	845		
	36	960	1070		
	40	1190	1320		
	47	1650	1820		
2	Charakteristische Streckgrenze ¹⁾		$R_{p0,1}$	N/mm ²	950
3	Charakteristische Zugfestigkeit ¹⁾		R_m	N/mm ²	1050
4	Streckgrenzenverhältnis		$R_m/R_{p0,1}$	-	≥ 1,10
5	Gesamtdehnung bei Höchstkraft (ermittelt aus $A_g + \frac{R_m}{E} \times 100\%$) ²⁾		A_{gt}	%	≥ 5,0
6	Bezogene Rippenfläche f_R			-	≥ 0,075
7	Dauerschwingfestigkeit bei einer Schwingbreite von $2 \cdot \sigma_A = \sigma_o - \sigma_u$ (bei einer Oberspannung von $\sigma_o = 0,7 R_{m,ist}$ und $N = 2 \times 10^6$ Lastspielen)		Gerade freie Stäbe Ø 18 mm - Ø 47 mm	N/mm ²	180

¹⁾ 5% - Fraktilwert

²⁾ E ~ 205 000 N/mm²



ANP – SYSTEMS GmbH

ANP – Einstabanker SAS 950

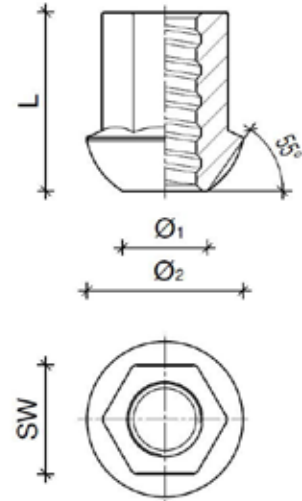
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Zubehöerteile: Kugelbundmutter und Ankerplatte mit angeschweißtem Stahlrohr

Anlage 9

2) Kugelbundmutter

Material: Ø 18 – 36: S355J2 nach ÖNORM EN 10025
Ø 40 – 47: 42CrMo4 bzw. G34CrMo4 nach ÖNORM EN 10083-2

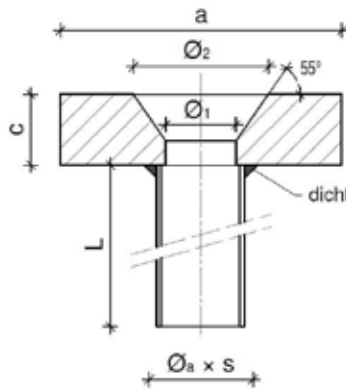
Zugglied Ø [mm]	SW [mm]	L [mm]	Ø ₁ [mm]	Ø ₂ [mm]
18	36	55	31	50
26,5	50	75	44	72
32	60	90	48	80
36	65	100	50	90
40	70	115	55	100
47	80	135	65	110



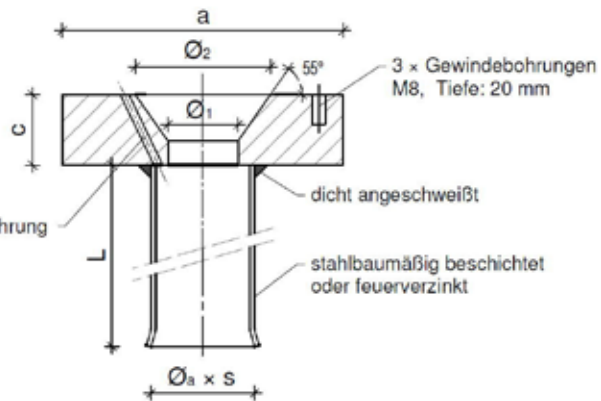
3) Ankerplatte quadratisch mit Stahlrohr

Material: Ankerplatte: S235JR nach ÖNORM EN 10025
Stahlrohr: P235 TR1/2 nach ÖNORM EN 10217-1 / ÖNORM EN 10216-1

Kurzzeitanker



Daueranker /
Kurzzeitanker für erweiterten Kurzeiteinsatz



Zugglied Ø [mm]	Ankerplatte				Stahlrohr			
	a [mm]	c [mm]	Ø ₁ [mm]	Ø ₂ [mm]	Kurzzeitanker Ø _a x s [mm]	L [mm]	Daueranker ¹⁾ / Kurzzeitanker für erw. Kurzeiteinsatz Ø _a x s [mm]	L [mm]
18	110	30	28	45	44,5 x 2,3	150	63,5 x 2,6	300
26,5	150	35	39	72	51,0 x 2,3		70,0 x 2,6	
32	180	40	45	82	57,0 x 2,3		76,1 x 2,6	
36	200	45	49	92	60,3 x 2,3		101,6 x 2,9	
40	220	45	54	100	76,0 x 2,6			
47	260	50	64	110	88,9 x 2,9			

¹⁾ Bei einer höheren Korrosionsbelastung nach ÖNORM EN 12501-1,2 ist beim Daueranker für das Stahlrohr eine um 1mm höhere Wanddicke (Abrostzuschlag) zu wählen.



ANP – SYSTEMS GmbH

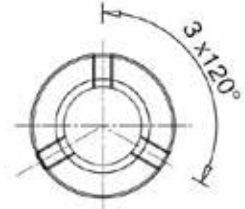
ANP – Einstabanker SAS 950

Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Zubehöerteile: Muffe mit Verdrehsicherung und Unterlagsplatten

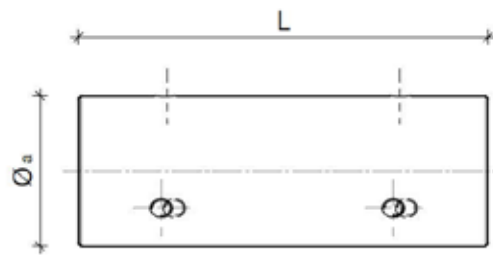
Anlage 10

8) Muffe mit Verdrehsicherung

Verdrehsicherung: beidseitig mit jeweils 3 Gewindestiften mit Innensechskant und Kegelkuppe nach ISO 4026
Material: Ø 18 – 36: C45+N nach ÖNORM EN 10083-1
Ø 40 – 47: 20MnVS6 nach ÖNORM EN 10025



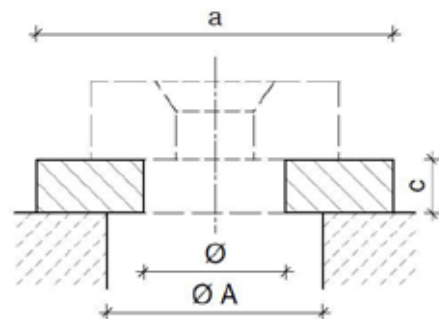
Zugglied Ø [mm]	Ø _a [mm]	L [mm]	Gewindestift [mm]
18	36	100	M 8
26,5	50	170	
32	60	200	
36	68	210	
40	70	245	M 10
47	89	270	



11) Unterlagsplatte quadratisch für Auflager mit Aussparungsrohr

Material: Ø 18 und 26.5mm: S355J2 nach ÖNORM EN 10025
Ø 32 bis 47mm: S235JR nach ÖNORM EN 10025

Zugglied Ø [mm]	max. Ø A bzw. Bohrloch [mm]	a [mm]	c [mm]	Ø [mm]
18	160	180	20	83
26,5		195	20	83
32		215	20	90
36		230	15	96
40		240	15	96
47		270	15	122

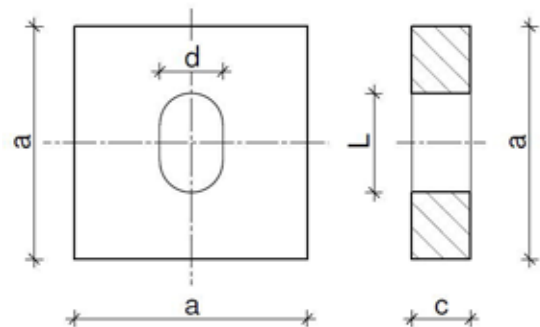


Daueranker: stahlbaumäßig beschichtet oder feuerverzinkt

11a) Unterlagsplatte quadratisch mit Längsschlitz für Winkelausgleichsrohr

Material: Ø 18 – 47 mm: S355J2 nach ÖNORM EN 10025

Zugglied Ø [mm]	a [mm]	c [mm]	d [mm]	L* [mm]
18	180	20	73	86-99
26,5	195	25	73	117-135
32	215	30	79	115-132
36	230	30	86	108-124
40	240	30	86	137-157
47	270	30	111	188-216



* variabel je nach Winkel



ANP – SYSTEMS GmbH

ANP – Einstabanker SAS 950

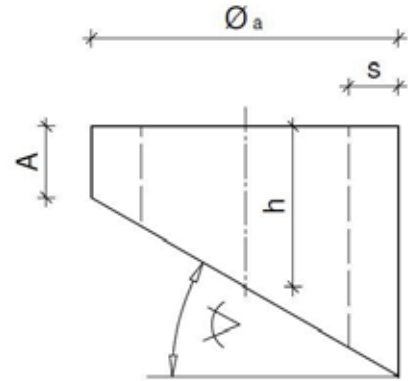
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Zubehörteile: Winkelausgleichsrohr, Muffenrohr und Schrumpfschlauch

Anlage 11

18) Winkelausgleichsrohr

Material: S235JRH nach ÖNORM EN 10210

Zugglied Ø [mm]	Rohrstück Ø _a × s [mm]	A [mm]	h [mm]					
			5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	101,6 × 8,0	25	30	34	39	44	49	55
26,5	133,0 × 8,0	30	36	42	48	55	62	69
32	139,7 × 12,5	30	37	43	49	56	63	71
36	139,7 × 16,0	35	42	48	54	61	68	76
40	168,3 × 16,0	35	43	50	58	66	75	84
47	219,1 × 16,0	35	45	55	65	75	87	99



9) Schrumpfschlauch

Material: HDPE mit viskoelastischem Klebstoff

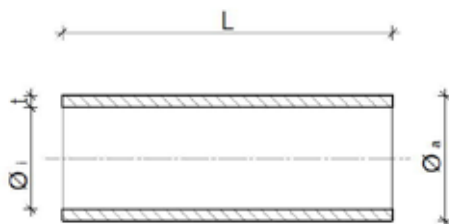


Zugglied Ø [mm]	Ø _i ungeschrumpft [mm]	t ungeschrumpft/ geschrumpft [mm]	L [mm]
18	> 70	min 0,5 / min 1,0	nach Bedarf ¹⁾
26,5			
32			
36	> 90	min 0,5 / min 1,0	
40			
47	> 110	min 0,5 / min 1,0	

¹⁾ Überlappungen Schrumpfschlauch / Ripprohr sowie Schrumpfschlauch / Muffenrohr mind. 7,5cm ungeschrumpft

10) Muffenrohr, glatt

Material: PVC-U nach DIN 8061 / 8062, PE-HD nach EN ISO 1872-1,2

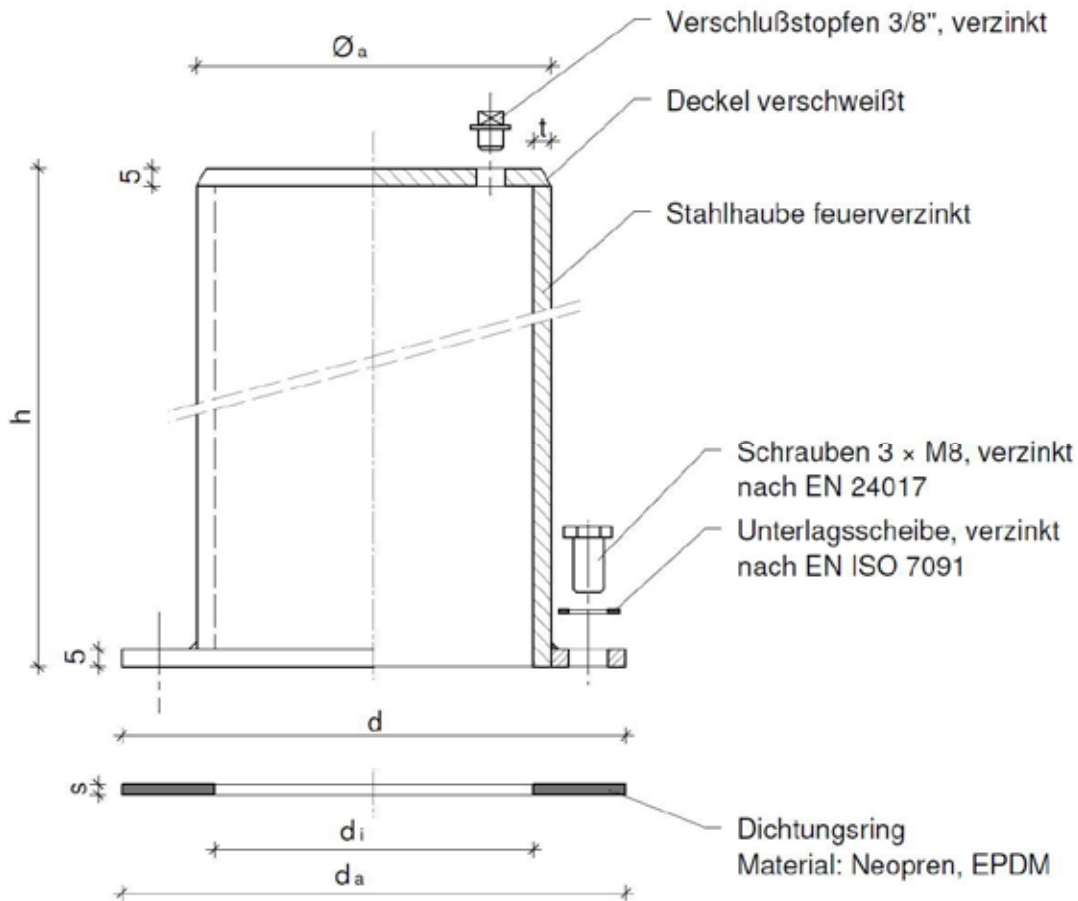


Zugglied Ø [mm]	Kurzzeitanker Ø _a / Ø _i [mm]	Daueranker Ø _a / Ø _i [mm]	L ²⁾ [mm]	min. t [mm]
18	50 / 44	63 / 55	450	2,0
26,5	63 / 55,4	75 / 66		
32	75 / 66	90 / 79	500	
36	90 / 79,2	90 / 85		
40	90 / 79,2	90 / 85	600	
47	110 / 96,8	110 / 103		

²⁾ Dehnung für eine Freispielstrecke von bis zu 18m berücksichtigt

12) Stahlkappe, inkl. Zubehör

Material: S235JR nach ÖNORM EN 10025



Zugglied Ø [mm]	Stahlrohr Ø _a × t [mm]	Flansch d [mm]	Höhe h [mm]	Dichtungsring d _a × d _i × s [mm]
18	63,5 × 3,2	110	≥ 200	68 × 52 × 3
26,5	82,5 × 3,2	135		87 × 71 × 3
32	95,0 × 3,2	142	≥ 250	99 × 83 × 3
36	101,6 × 3,2	148		106 × 90 × 3
40	114,0 × 3,6	148	≥ 300	118 × 101 × 3
47	127,0 × 3,6	171		131 × 114 × 3



**ANP –
SYSTEMS
GmbH**

ANP – Einstabanker SAS 950

Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen

Zubehöerteile: Kunststoffkappe mit Schraubstutzen

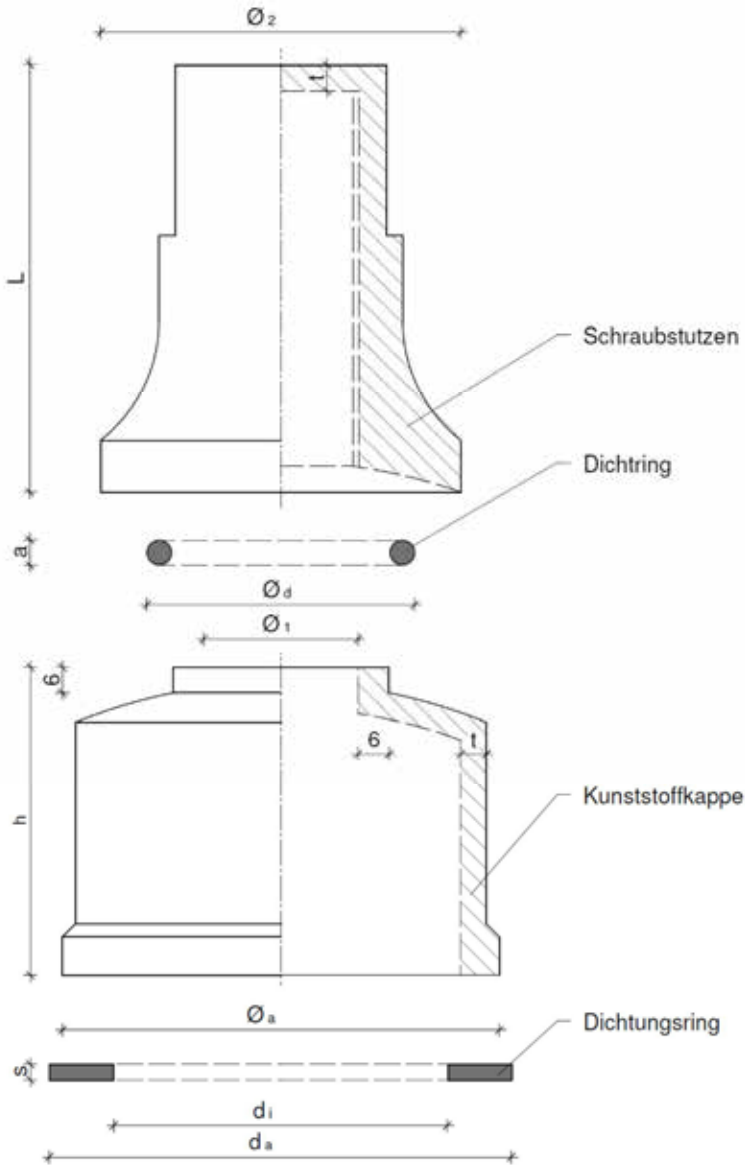
Anlage 13

12) Kunststoffkappe, inkl. Zubehör

Material: Kappe: PE-HD nach EN ISO 1872-1,2; PP nach EN ISO 9969

Dichtung: Neopren

Schraubstutzen: PE-HD nach EN ISO 1872-1,2; PP nach EN ISO 9969



Zugglied Ø [mm]	Kunststoffkappe			Schraubstutzen			Dichtring Ø _d × a [mm]	Dichtungsring	
	t [mm]	Ø _a × h [mm]	Ø ₁ [mm]	SW [mm]	Ø ₂ [mm]	L [mm]		d _a × d _i [mm]	s [mm]
18	5	85 × 60	30	41	70	82	65 × 10	90 × 65	3
26,5 - 32	5	112 × 87	42	50	90	126	77 × 10	115 × 85	3
36 - 40	5	132 × 105	58	70	110	154	93 × 10	135 × 105	3
47	5	183 × 125	72	80	130	175	107 × 10	188 × 156	3



**ANP –
SYSTEMS
GmbH**

ANP – Einstabanker SAS 950
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Zubehörteile: Korrosionsschutzmasse und
Korrosionsschutzbeschichtung

Anlage 14

15) Korrosionsschutzmasse und 19) Korrosionsschutzbeschichtung

Material: Korrosionsschutzwachs Petroplast nach ÖNORM EN 1537

Eigenschaften	Norm	Annahmekriterien
Flammpunkt	DIN 51 376	> 160° C
Dichte (23° C)	ISO 2811	~ 0,90 g/cm ³
Tropfpunkt	DIN 51 801	≥ 60° C
spez. elektr. Durchgangswiderstand	DIN 53 482	10 ⁹ Ohm.cm
Neutralisationszahl	DIN 51 558	< 1 mgKOH/g
Verseifungszahl	DIN 53 401	< 1 mgKOH/g
Prüfung auf korrosiven Schwefel	DIN 51 759	nicht korrosiv
Dauertemperaturbelastbarkeit		40° C
empf. Injektionstemperatur		90 - 120° C
Farbe		braun
Reinigungsmittel		Benzin, Petroleum, Xylol

Material: Korrosionsschutzmasse Unigel 128-F1, AS01, nach ETAG 013

Eigenschaften	Norm	Annahmekriterien
Flammpunkt	ISO 2592	> 220° C
Dichte	ASTM D1475	~ 0,90 g/cm ³
Tropfpunkt	ISO 2176	≥ 190° C
Kegelpenetration (1/10mm)	ISO 2137	270 - 300
Ölabscheidung bei 40° C	DIN 51 817	nach 72 h: 0 nach 7 d: 0
Oxidationsbeständigkeit	DIN 51 808	100 h bei 100° C: < 0,06 Mpa 1000 h bei 100° C: < 0,2 Mpa
Korrosionsschutz		
168 h bei 35° C - Salzbesprühung	NFX 41-002	bestanden, keine Korrosion
168 h bei 35° C - destilliertes Wasser	NFX 41-002	bestanden, keine Korrosion
Korrosionsprüfung	DIN 51 802	Grad: 0-0
Gehalt an aggressiven Substanzen:		
Cl ⁻ , S ²⁻ , NO ₃ ⁻ :	NFM 07-023	≤ 50 ppm (0,005%)
SO ₄ ²⁻ :	NFM 07-023	≤ 100 ppm (0,010%)

21) Korrosionsschutzbinde

Verwendet wird eine mit Korrosionsschutzwachs getränkte Binde

Material: Densoplast oder KEBU



ANP – SYSTEMS GmbH

ANP – Einstabanker SAS 950

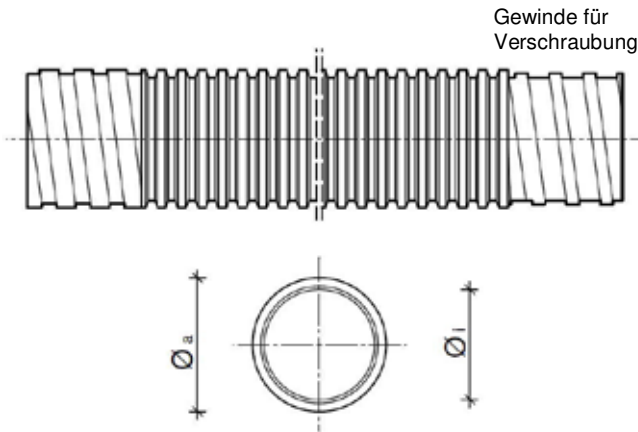
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen

Zubehörteile: Hüllrohr gerippt und Hüllrohr glatt

Anlage 15

4 Hüllrohr, gerippt

Material: PVC-U nach DIN 8061/8062
PE nach DIN 8074/8075



Zugglied Ø [mm]	Abmessungen *	
	Ø _a / Ø _i [mm]	min t [mm]
18	50 / 43	1,0
26,5		
32	56 / 49	
36	65 / 57	
40		
47	80 / 71	

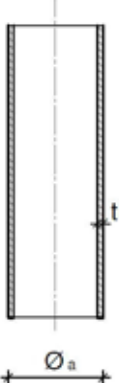
* Länge nach Bedarf

6 Hüllrohr, glatt

Material: PVC-U nach DIN 8061/8062
PE-HD nach EN ISO 1872-1,2

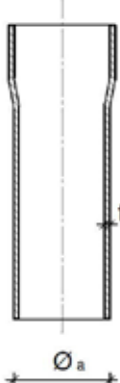
Kurzzeitanker /
Kurzzeitanker für erweiterten Kurzeiteinsatz

Daueranker



Zugglied Ø [mm]	Abmessungen *	
	Ø _a [mm]	min t [mm]
18	35	2,0
26,5	41	
32	46	
36	50	2,0 / 3,6
40	63	
47	75	4,3

* Länge nach Bedarf



Zugglied Ø [mm]	Abmessungen *	
	Ø _a [mm]	min t [mm]
18	54,2	1,7
26,5		
32	60,1	
36	69,8	
40		
47	84,9	

* Länge nach Bedarf



ANP – SYSTEMS GmbH

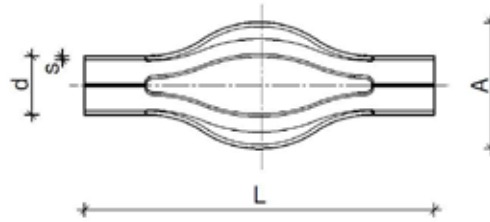
ANP – Einstabanker SAS 950

Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Zubehörteile: Federkorbdistanzhalter, Profiling, und Dichtring

Anlage 16

7) Federkorbdistanzhalter

Material: PVC-U nach DIN 8061/8062

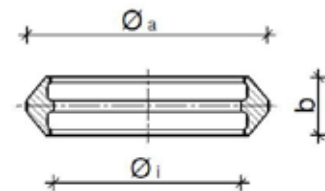


Zugglied Ø [mm]	Kurzzeitanker / Kurzzeitanker für erweiterten Korrosionsschutz			Daueranker		
	d x s [mm]	A [mm]	L [mm]	d x s [mm]	A [mm]	L [mm]
18	20 x 1,5	70	150 bis 175	55 x 3,0	125	250
26,5	32 x 1,9	80		63 x 3,0		
32	40 x 3,0	100	250 bis 290	75 x 3,6		bis
36				90 x 2,7	135	
40	50 x 3,0					
47						

14) Profiling

Material: Neopren - CR

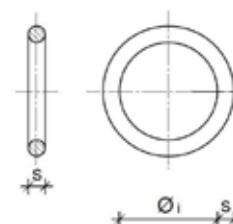
Zugglied Ø [mm]	Abmessungen		
	Ø _a [mm]	Ø _i [mm]	b [mm]
18	58,8	45,5	14
26,5			
32	65	49,5	20
36	71,5	58	20
40			
47	96	75	23



20) Dichtring

Material: Silikon, Schaum- oder Moosgummi

Zugglied Ø [mm]	Abmessungen	
	Ø _i [mm]	s [mm]
18	33	15
26,5	39	12
32	44	12
36	48	15
40	61	8
47	73	15





ANP – SYSTEMS GmbH

ANP – Einstabanker SAS 950

Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Zubehörteile: Abstandhalter, Rippendistanzhalter, Injizier- und Endkappe

Anlage 17

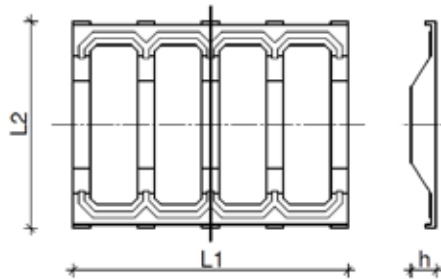
10) innerer Abstandhalter

Material: PE-HD nach ÖNORM EN ISO 1872-1;2



Zugglied Ø [mm]	PE - Schnur min. Ø [mm]
18	6
26,5	
32	
36	
40	
47	

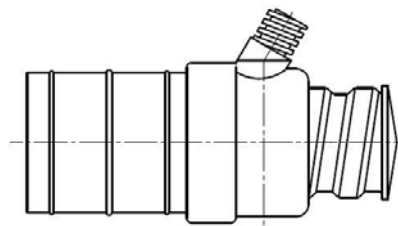
Rippendistanzhalter



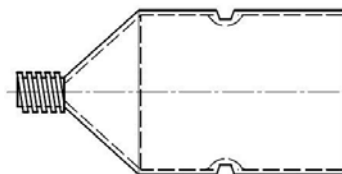
Zugglied Ø [mm]	Abmessungen			
	h [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]	Anzahl der Stege
36	6	112	124	3
40	6	112	124	3
47	8	132	124	3

13) Injizier- und Endkappe

Material: PE-HD nach ÖNORM EN ISO 1872-1;2



alternative Form





**ANP –
SYSTEMS
GmbH**

ANP – Einstabanker SAS 950
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Aufbau werksseitiger Korrosionsschutz

Anlage 18

Aufbau des werksseitigen Korrosionsschutzes

Kurzzeitanker

- Der auf Maß abgelängte Ankerstabstahl wird im Bereich der freien Stahllänge L_{tf} mit einem glatten Hüllrohr versehen, das an beiden Enden mittels Klebeband befestigt und damit abgedichtet wird. Bei Verwendung von Teilstücken mit Muffenverbindung in der freien Stahllänge L_{tf} werden diese wie unter Kapitel „Einbau“ beschrieben ausgeführt.
- Die Federkorbdistanzhalter in der Verankerungslänge L_{tb} zur Sicherung der zentrischen Lage des Ankerstabes im Bohrloch können sowohl im Werk als auch auf der Baustelle, wie auch gegebenenfalls benötigte Nachverpresssysteme, montiert werden.

Kurzzeitanker für den erweiterten Kurzzeiteinsatz

- Für eine bis zu 7 Jahren begrenzte Nutzungsdauer wird wie beim zuvor beschriebenen Kurzzeitanker das glatte Hüllrohr in der freien Stahllänge L_{tf} an beiden Enden mittels Schrumpfschlauch abgedichtet und der Ankerstabstahl vor dem Verrohren mit der Korrosionsschutzbeschichtung (Denso-Jet, Petro-Plast) eingestrichen.
- Die Montage der Federkorbdistanzhalter als auch der eventuell benötigten Nachverpresssysteme erfolgt analog der Kurzzeitanker.

Daueranker

- Der auf Maß abgelängte Ankerstabstahl wird in der freien Stahllänge L_{tf} und der Verankerungslänge L_{tb} mit Abstandhaltern in Form einer PE-Schnur bzw. Rippendistanzhaltern und einem gerippten Hüllrohr versehen.
- Am Stabanfang und Stabende für jeden zu injizierenden Teilabschnitt wird jeweils eine Injizier- und Endkappe angeordnet und mittels Klebeband gegen das gerippte Hüllrohr abgedichtet.
- Der Ringraum zwischen Ankerstabstahl und geripptem Hüllrohr wird im geeigneten Montagezustand auf einer Injizierbühne mit Zementmörtel verpresst. Die fertig verpressten Anker dürfen frühestens nach 24 Stunden von der Injizierbühne abgehoben und verladen werden; geeignete Temperaturverhältnisse für Injektion und Erhärtung vorausgesetzt.
- Wahlweise ist auch die Fertigung eines längeren Stabes mit ausinjizierter Hüllrohrummantelung möglich. Nach erfolgter Aushärtung wird der Stab in Teilabschnitte getrennt und die Enden zur Muffung vorbereitet.
- Im Bereich der freien Stahllänge L_{tf} wird zur Gewährleistung der Freispielwirkung ein glattes Hüllrohr übergeschoben und an den Enden mit einem Klebeband abgedichtet.
- Die Montage der Federkorbdistanzhalter als auch der eventuell benötigten Nachverpresssysteme erfolgt analog dem Kurzzeitanker.



**ANP –
SYSTEMS
GmbH**

ANP – Einstabanker SAS 950
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Transport, Lagerung und Einbau

Anlage 19

Transport und Lagerung

- Die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes des Ankers setzt voraus, dass besonders beim Transport, der Lagerung und beim Einbau die Hüllrohre nicht durch unsachgemäße Behandlung verletzt werden.
- Die Anker sind bodenfrei zu lagern, die Unterstützungspunkte sind in geeigneten Abständen zur Vermeidung von Durchbiegungen zu wählen und dürfen nicht scharfkantig sein. Das Stapeln von Ankern ist nur parallel neben- und übereinander zulässig. Das Eigengewicht darf nur über die Unterstützungen abgetragen werden, nicht aber über die jeweils darunter liegenden Anker.

Einbau Ankerstab

- Die Herstellung des Bohrloches erfolgt in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen unverrohrt, verrohrt oder teilweise verrohrt. Das Bohrloch ist vor dem Einbau des Ankers sorgfältig zu säubern.
- Der Bohrllochdurchmesser ist so zu wählen, dass der Anker inkl. der Federkorbdistanzhalter einwandfrei eingeführt werden kann, ohne dass die Hüllrohre durch scharfe Kanten z.B. der Bohrverrohrung, verletzt werden können. Gegebenenfalls sind geeignete Einführhilfen zu verwenden. Angaben zum Mindest-Bohrlochdurchmesser sind den **Anlagen 1 bis 3** zu entnehmen. Diese Angaben beziehen sich auf die erforderliche Zementsteinüberdeckung des Ankers mit Berücksichtigung eines Injizierschlauchs mit Ø 13 mm, jedoch ohne Berücksichtigung der Federkorbdistanzhalter.
- Beim Transport des Ankers zum Bohrloch und beim Einschieben sind Verbiegungen zu vermeiden. Bei Krantransport sollte eine Traverse mit mehreren Aufhängepunkten verwendet werden.
- Beim Einbau in Teilstücken ist während des Einbaus die Montage der Muffe mit Verdrehsicherung vorzunehmen. Dabei ist auf das Überschieben des Muffenrohres und dessen sorgfältiges Fixieren besonderes Augenmerk zu legen. Die Abdichtung des Muffenrohres erfolgt dabei mittels Schrumpfschlauch. Beim Einschieben des Ankers muss das Muffenrohr auch bei Reibung an den Bohrlöchwänden über der Muffe positioniert bleiben.
- Beim Kurzzeitanker für den erweiterten Kurzzeiteinsatz und beim Daueranker ist die Muffe vor dem Überschieben des Muffenrohres mit Korrosionsschutzmasse dick einzustreichen. Alternativ kann für den Korrosionsschutz der Muffenverbindung auch eine mit Korrosionsschutzmasse getränkte Gewebebinde verwendet werden. Dabei wird die Muffenverbindung mit der getränkten Binde zweilagig umwickelt und anschließend das Muffenrohr übergeschoben.
- Nach dem Einbau des Ankers wird das Bohrloch mit Zementmörtel verpresst. Der Kopfbereich des Ankers bleibt mörtelfrei, um die Ankerplatte mit dem angeschweißten Stahlrohr zwängungsfrei versetzen zu können.



**ANP –
SYSTEMS
GmbH**

ANP – Einstabanker SAS 950
Stabspannstahl Y1050H Ø 18 – 47 mm mit Gewinderippen
Einbau Ankerkopf

Anlage 20

Einbau Ankerkopf

Die Ankerplatte / Unterlagsplatte ist bei allen Kopfkonstruktionen zentriert einzubauen

Kurzzeitanker

- Beim Kurzzeitanker wird die Ankerplatte mit angeschweißtem Stahlrohr über den Ankerüberstand aufgeschoben.
- Nach dem Spannen des Ankers über die Kugelbundmutter werden die frei liegenden Stahlteile mit einer Korrosionsschutzmasse beschichtet. Bei nicht zugänglichem Ankerkopf ist eine Stahl-/Kunststoffkappe zu montieren. Liegen aggressive Bodenbedingungen vor ist eine mit Korrosionsschutzmasse verfüllte Schutzkappe vorzusehen.

Kurzzeitanker für den erweiterten Kurzeiteinsatz

- Beim Kurzzeitanker für den erweiterten Kurzeiteinsatz erfolgt eine Abdichtung zwischen glattem Hüllrohr und Ankerplatte mit angeschweißtem Stahlrohr mittels Dichtring. Der Bereich blanker Stabüberstand und Stahlrohr wird mit Korrosionsschutzmasse über die Injizierbohrung der Ankerplatte satt eingelassen. Bei Montage der Ankerplatte ist darauf zu achten, dass sowohl die Injizierbohrung oben angebracht ist als auch auf den ordnungsgemäßen Sitz des Dichtringes.
- Nach dem Spannen des Ankers wird der Ankerkopf mittels einer Stahl-/ Kunststoffkappe dicht verschlossen. Alle Stahlteile werden vorher mit Korrosionsschutzmasse eingestrichen. Alternativ kann die Schutzkappe auch mit Korrosionsschutzmasse verfüllt werden.

Daueranker

- Beim Daueranker erfolgt eine Abdichtung zwischen geripptem Hüllrohr und Ankerplatte mit angeschweißtem Stahlrohr mittels Profilringen. Die Profilringe werden werksseitig am Anker vormontiert. Der blanke Stabüberstand wird dick mit Korrosionsschutzmasse eingestrichen.
- Der Bereich blanker Stabüberstand / Stahlrohr wird über die Injizierbohrung der Ankerplatte mit Korrosionsschutzmasse verfüllt. Bei Montage der Ankerplatte ist darauf zu achten, dass sowohl die Injizierbohrung oben angebracht ist als auch auf den ordnungsgemäßen Sitz der vormontierten Profilringe.
- Nach dem Spannen des Ankers wird der Ankerkopf mittels einer Stahl-/ Kunststoffkappe dicht verschlossen, die ebenfalls mit Korrosionsschutzmasse verfüllt ist. Alternativ kann der Stabüberstand und die Kugelbundmutter auch vor Abdecken mit der Stahlkappe 2-lagig mit einer Korrosionsschutzbinde umwickelt werden.



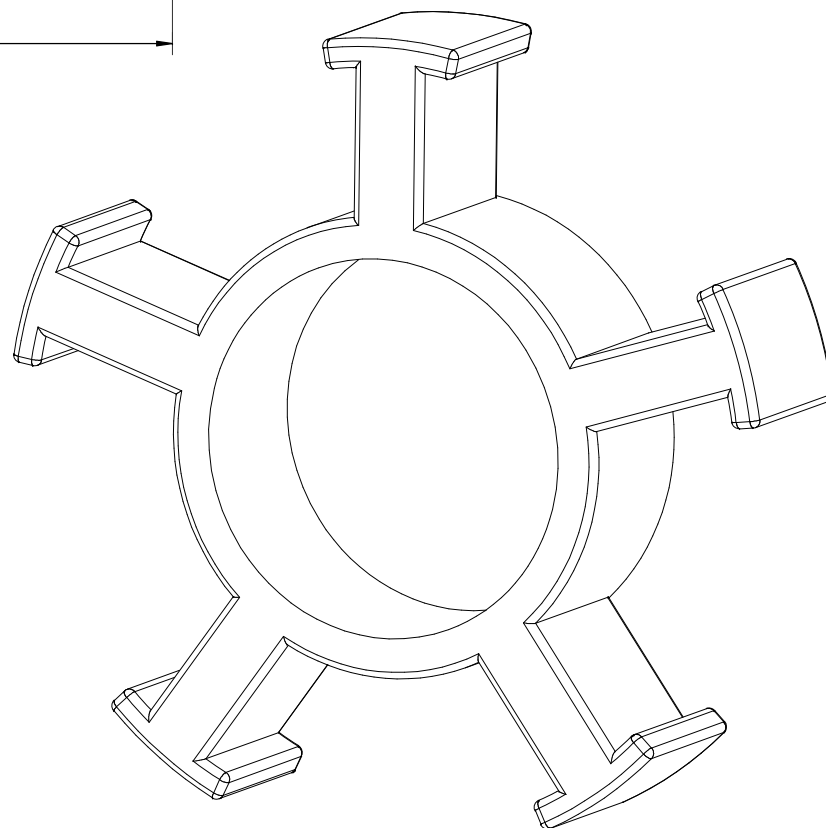
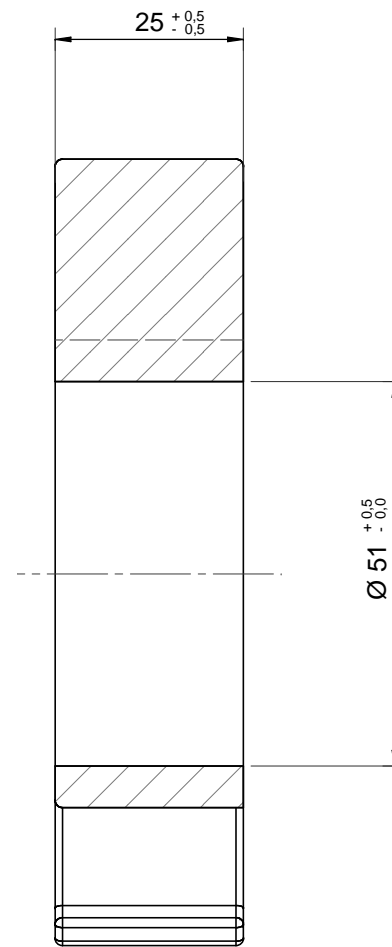
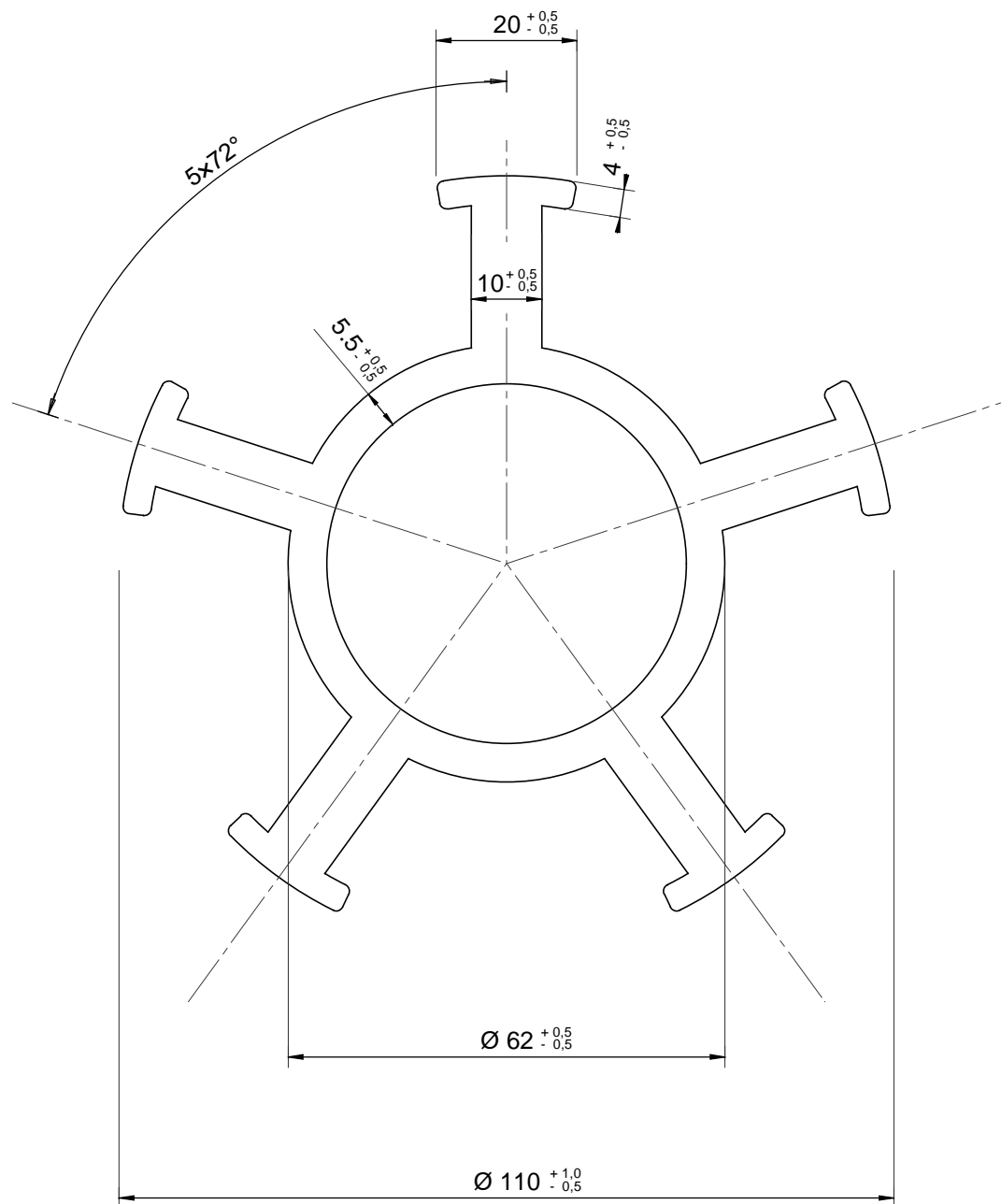
Anker | Nagel | Pfahl
A N P - SYSTEMS

ZUVERLÄSSIG . KOMPETENT . INTERNATIONAL

ANP-Systems GmbH
Christophorusstraße 12
5061 Elsbethen / Austria
Tel. + 43 662 25 32 53-0

Mail info@anp-systems.at
Web www.anp-systems.at
UID Nr. ATU65027026
Landesgericht Salzburg, FN 329 235w

Oberbank Salzburg
SWIFT OBKLAT2L
IBAN AT30 1509 0001 1114 5116
Dienstgeberrn. 401632640



Alle abgerundeten Kanten Mit R = 1 mm versehen


All rights of this drawing reserved for ANP-Systems GmbH

Material: PS acc. to EN ISO 13163 Weight: 49 g
 Tolerance: ± 0,5 mm
 Color: blank

Rev.	Ind.	Date	Remarks	Drawn	Checked
-		12.12.2013	-	C.Schöberl	Dipl.-Ing. S. Langer
a		17.11.2014	Material	R. Meisl	Dipl.-Ing. S. Langer

ANP - SYSTEMS GmbH

Christophorusstraße 12, A-5061 Elsbethen
 Phone +43(0)662/253253-0, Fax -20
 E-mail info@anp-systems.at

	Zentrierabstandhalter R 51 Ø 110	H5085-51
	Spacer R 51 Ø 110	Scale / Maßstab
Datei: H5085-51_spacer_R51_MT_a.pdf Projekt: Werkzeugzeichnung ANP-SHS/Zubehör 3D-Modell: H 5085-51_3Dmodel.stp	Tb: 400	1 : 1 / A3 Dimensions / Maße in mm

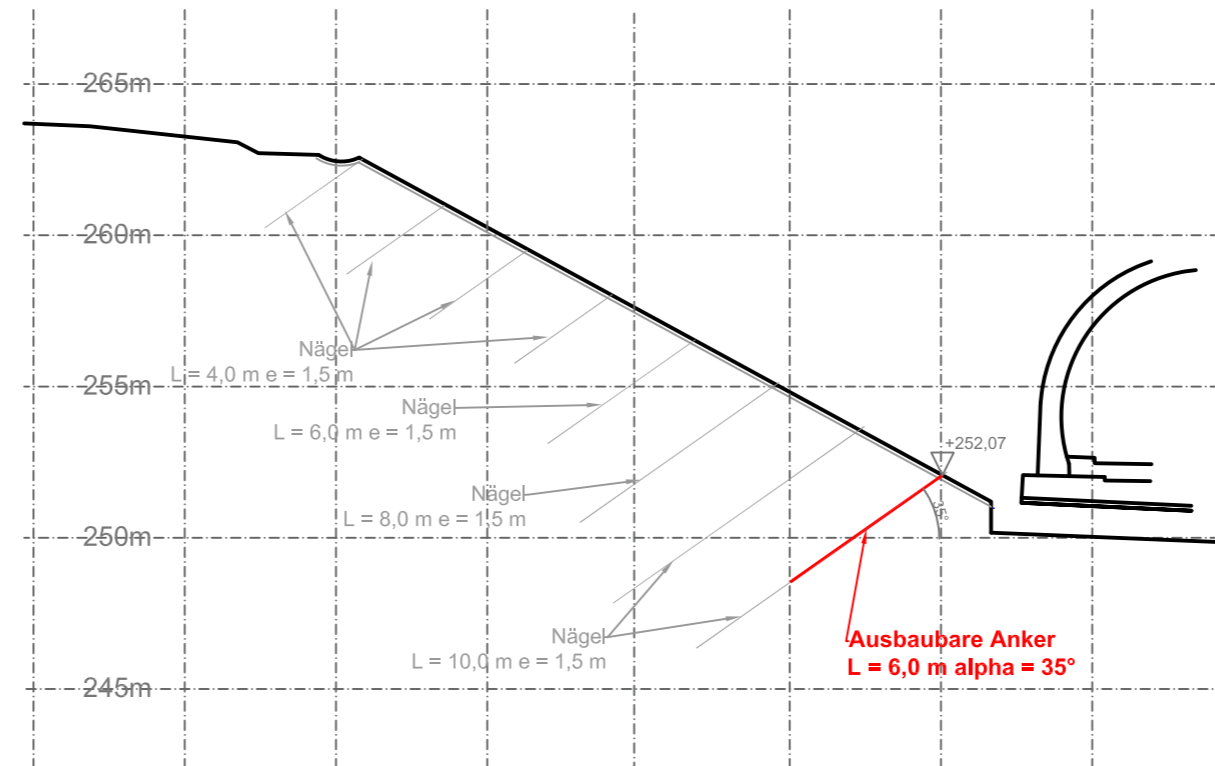
Längsabwicklungen M 1:20

Variante A

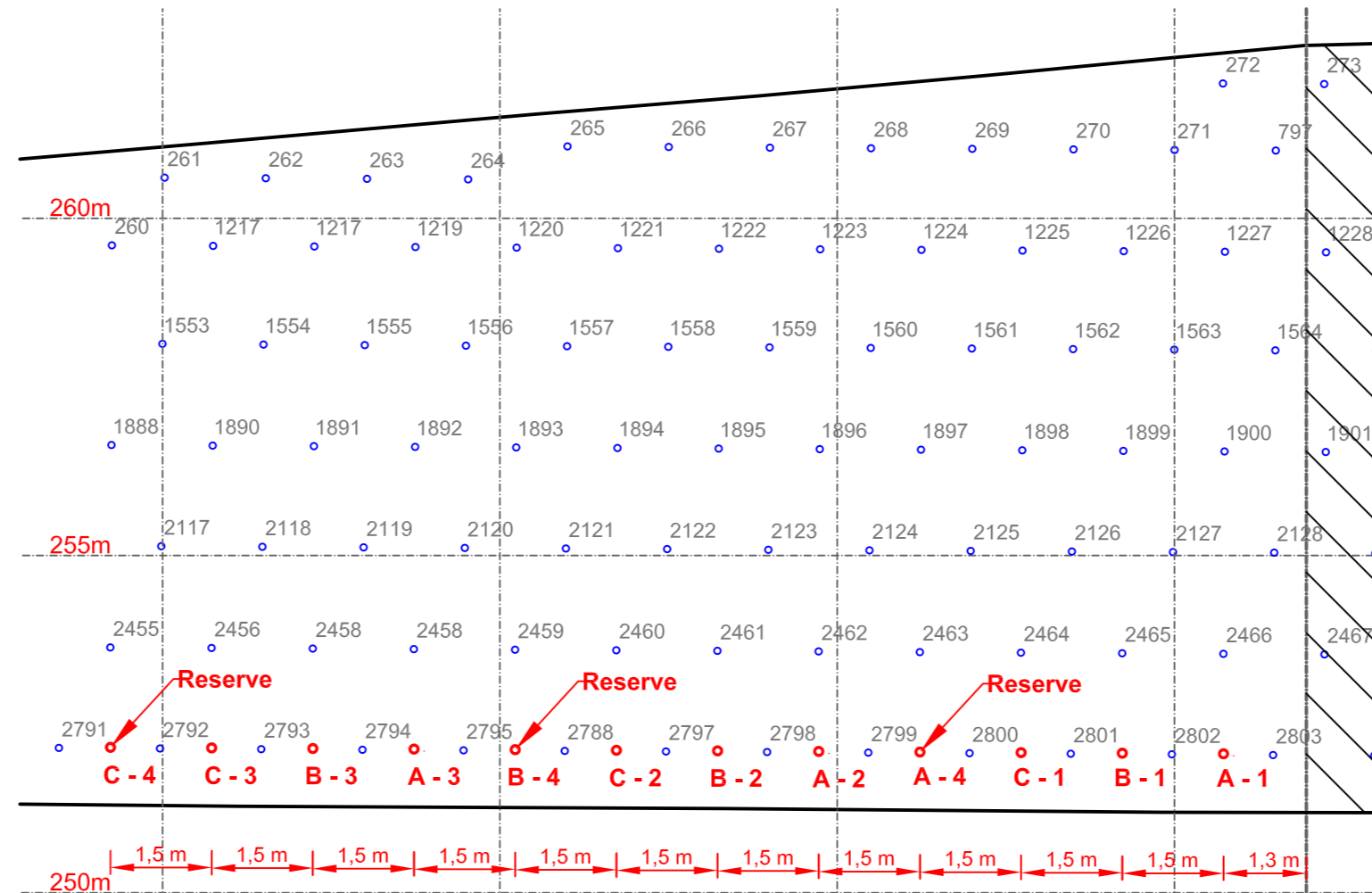
Variante B

Variante C

Querprofil West 117c M1:250



Ansicht M1:100

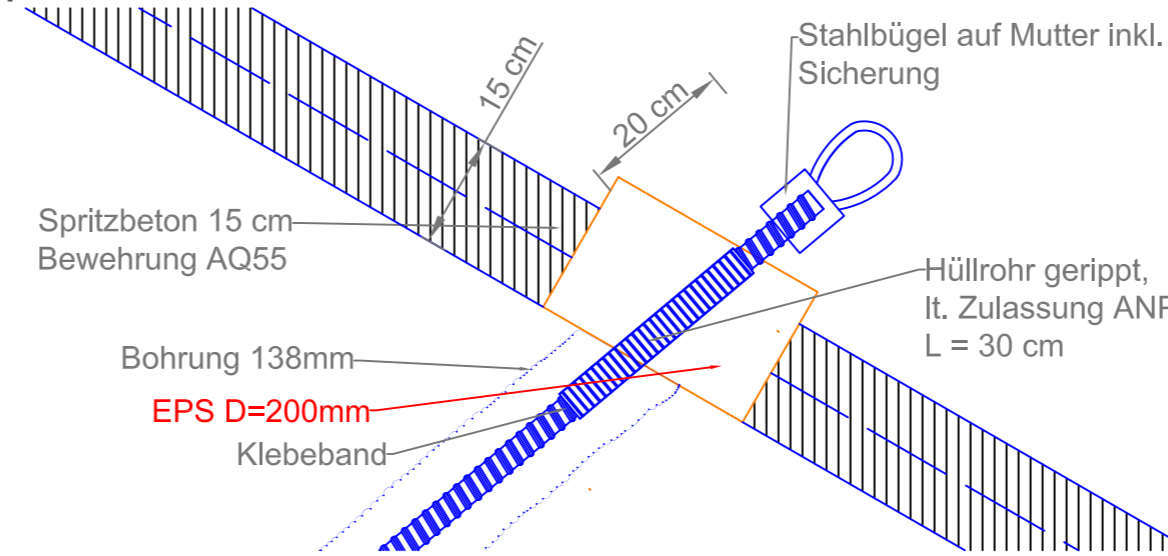


Anpassung Lage laut Absprache

Ungarn

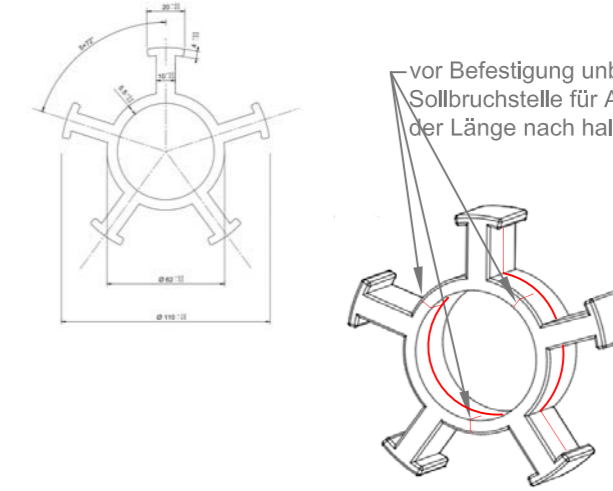
Querprofil West 117c

Kopfdetail M1:10



Zentrierabstandhalter Schema

Zentrierabstandhalter Spacer R 51 Ø 110



Bauteilliste

ALLE BAUTEILE SAS 950

Stückliste Variante A - vierfache Ausfertigung

Stk.	Bezeichnung
20	Spacer R51 DN110, halbiert
4	Einstabanker ds = 36 mm, L = 6000 mm
8	Nachverpressschlauch Aussen DN 20mm, L = ca. 7000 mm
4	Hüllrohr gerippt, L = 300mm

Stückliste Variante B - vierfache Ausfertigung

Stk.	Bezeichnung
20	Spacer R51 DN110, halbiert
4	Einstabanker ds = 36 mm, L = 6000 mm
4	Nachverpressschlauch Aussen DN 30mm, L = ca. 7000 mm
4	Hüllrohr gerippt, L = 300mm

Stückliste Variante C - vierfache Ausfertigung

Stk.	Bezeichnung
4	Einstabanker ds = 36 mm, L = 6000 mm
4	Nachverpressschlauch Aussen DN 30mm, L = ca. 7500 mm
4	Hüllrohr gerippt, L = 300mm

Stückliste Versuche ANP-Systems

Stk.	Bezeichnung
5	Stahlbügel auf Mutter inkl. Sicherung
5	Kupplungen + Sicherung
10	Muffe mit Verdrehsicherung DN36
5	Einstabanker ds = 36 mm, L = 2500 mm, SAS 950
5	Kopfplatten
4	Hüllrohr gerippt, L = 300mm

Materialbestellung IBG

Stk.	Bezeichnung
15	EPS D=200mm 250x250
-	Mischeinrichtung
-	Handschuhe und Schutzbrille
-	Dokumentationseinrichtung

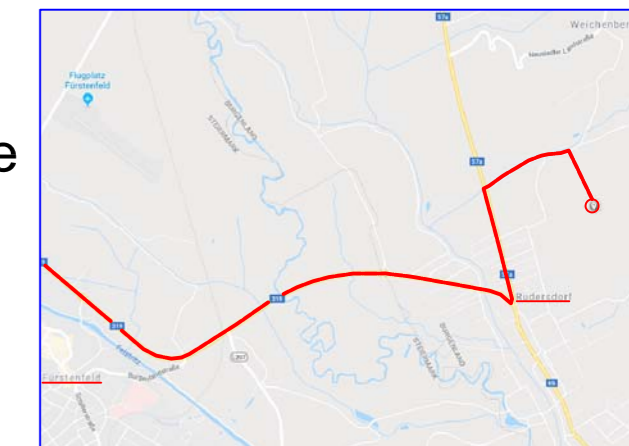
Materialbestellung KUBATEC BMT AG

Stk.	Bezeichnung
15	Betonamit 10 kg (A1000014)

Terminplan

#	KW	Datum	Beschreibung
1	48/19	26.11.2019	Abklärung Baufeld
2	48/19	29.11.2019	Übermittlung Vorabzug Pläne
3	49/19	04.12.2019	Freigabe Pläne
4	49/19	04.12.2019	Materialbestellung
5	02/20	08.01.2020	Materiallieferung ANP-Systeme
6	02/20	offen	Materiallieferung Betonamit
7	02/20	08.01.2020	Materialbestellung IBG
8	03/20	15.01.2020	Herstellung Versuchskörper
9	04/20	offen	Nagelprüfung Keller/IBG
10	04/20	22.01.2020	frühester Ausbautermin (1)

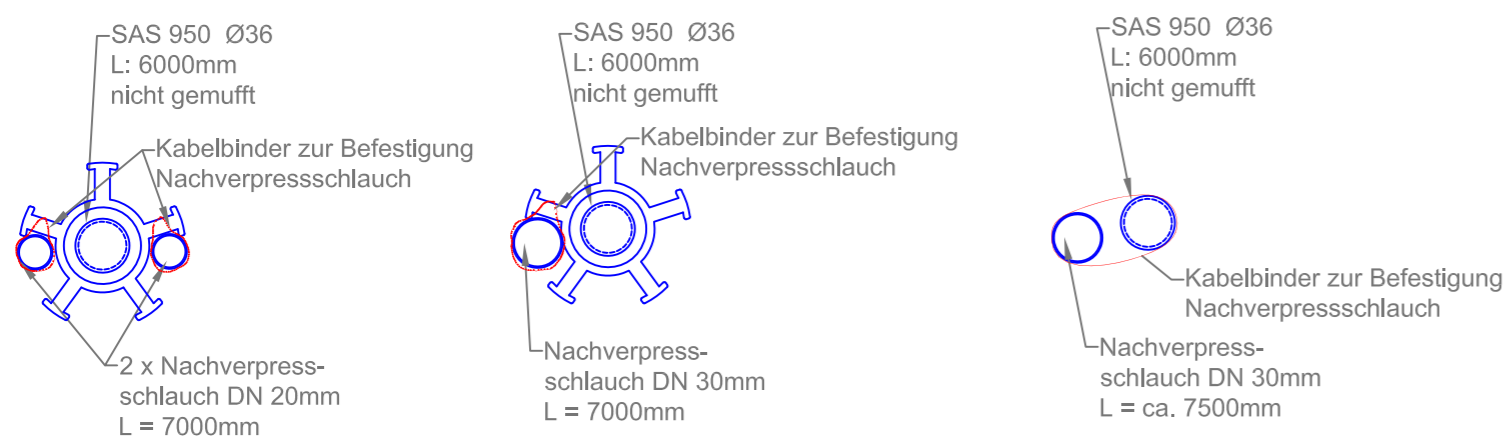
Wegbeschreibung



Lieferanschrift Baustelle

S7-BL08 Tunnel Rudersdorf
7571 Rudersdorf/Bgld.
Zufahrt laut Wegbeschreibung
1h vorher telefonische Ankündigung:
Hr. Grabner 0664/8497404
Hr. Siegl 0664/6144035

Schemaschnitte M 1:5



Prototypenprüfung
Ausbaubare Anker

Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik
Technische Universität Graz

Feldversuche

Versuchsplanung

Revision / Änderung

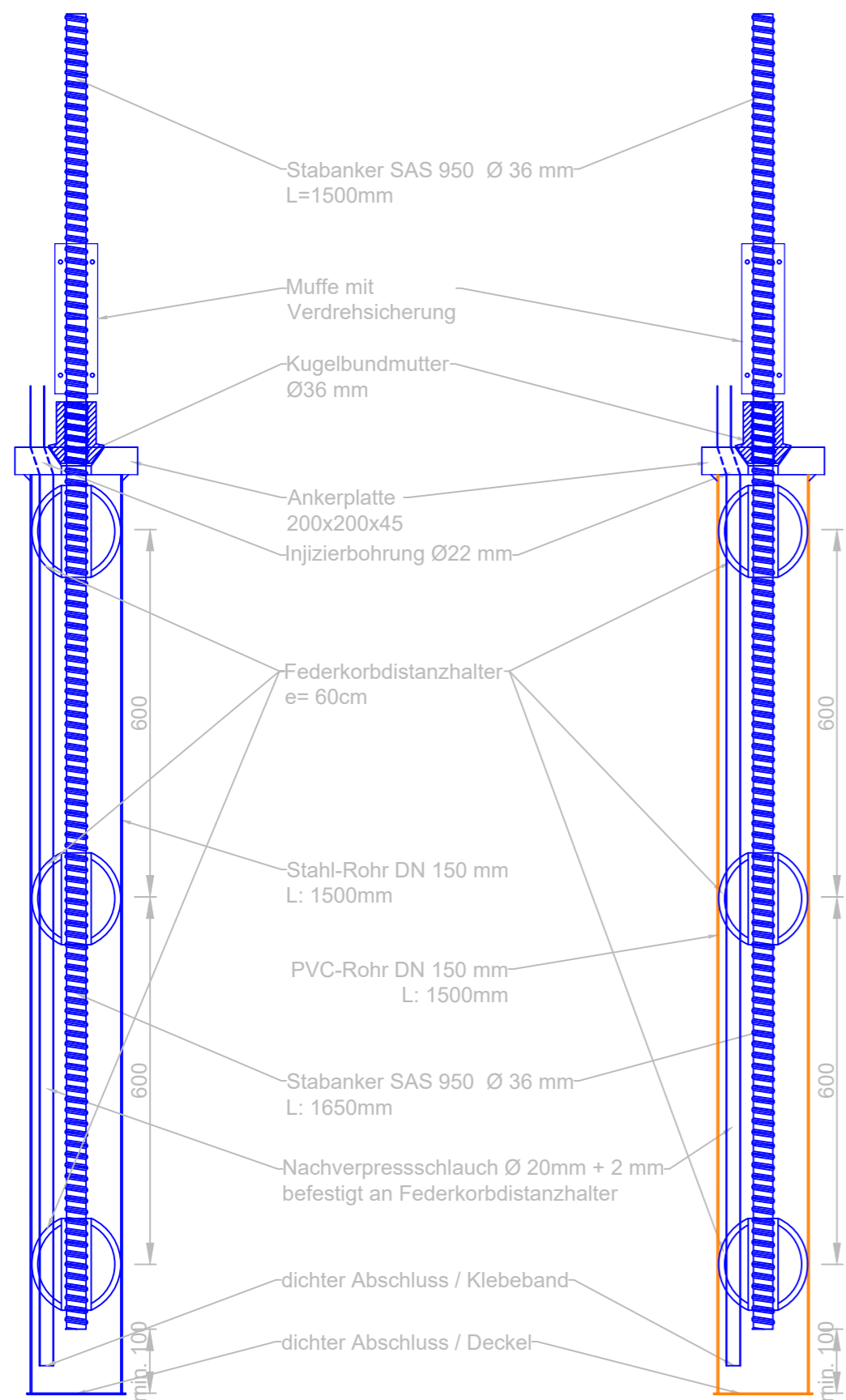
Anpassung Variante e

Maßstab	Plangröße	Datum	Ersteller	Geprüft	Plan. Nr.
1/5, 1/10, 1/20 1/100, 1/200	A2	09.01.2020	RM / EA		200_FV_01e

Versuchsreihe 1: M 1/10

Variante A

Variante B

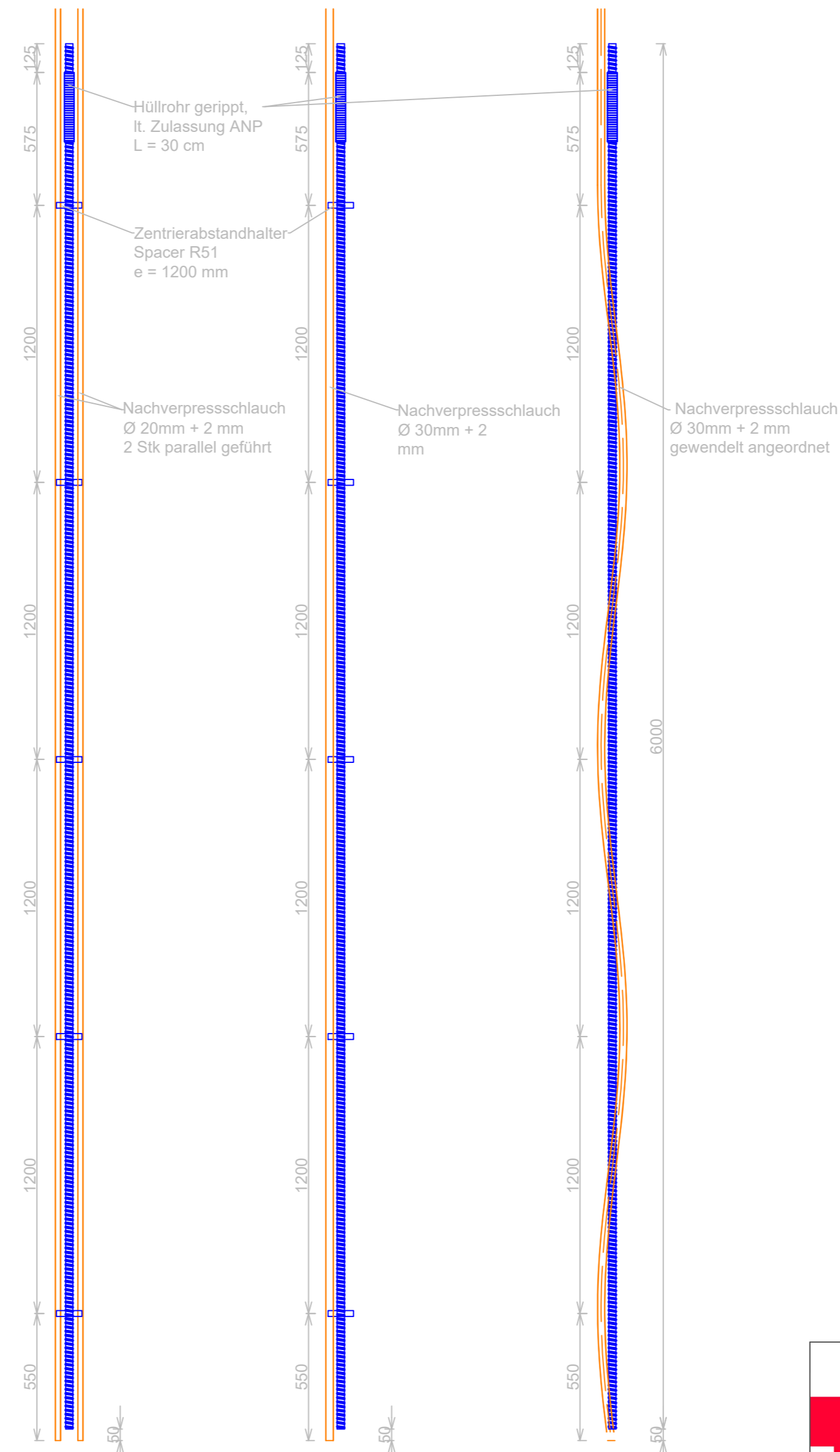


Versuchsreihe 3: M 1/20

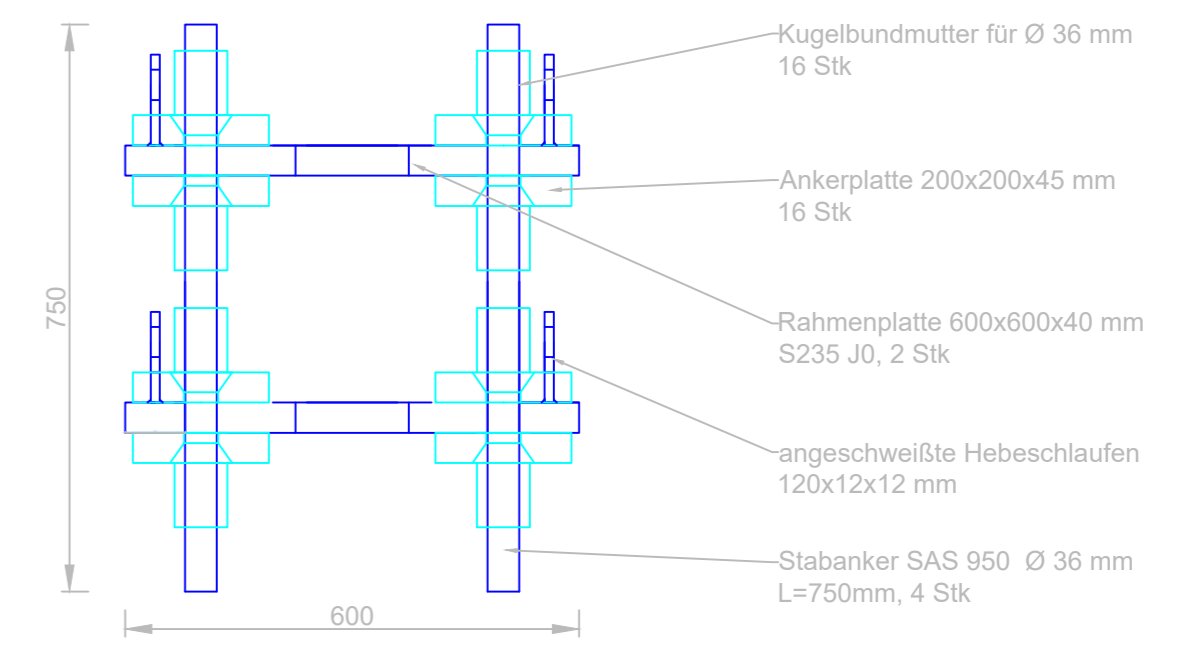
Variante A

Variante B

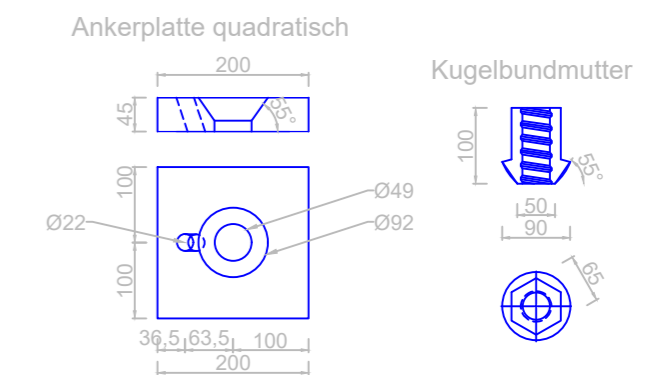
Variante C



Ankerprüfrahmen: M 1/20



Bauteile Ankerprüfrahmen: M 1/10

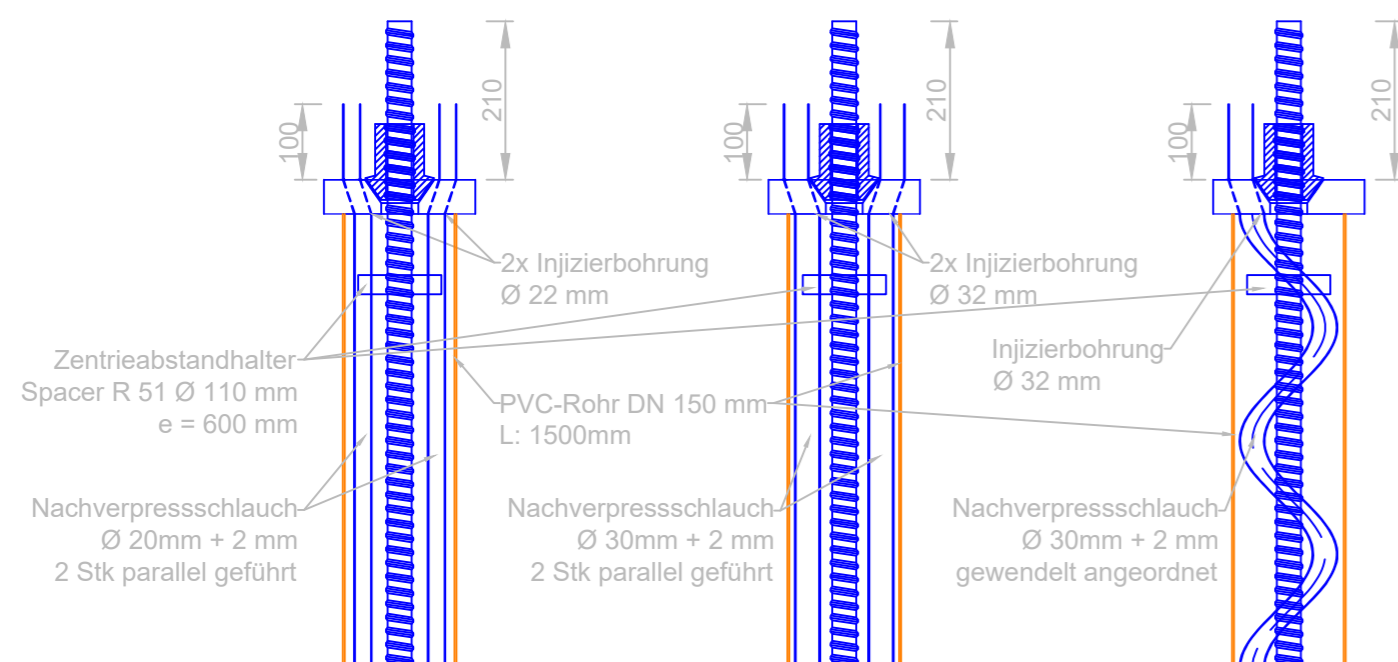


Versuchsreihe 2: M 1/10

Variante A

Variante B

Variante C

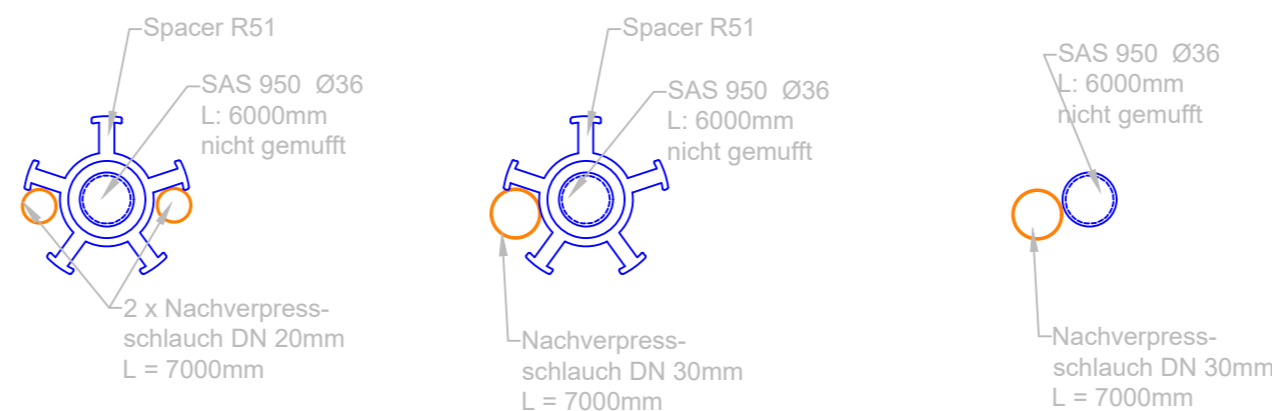


Querschnitt Versuchssreihe 3: M 1/5

Variante A

Variante B

Variante C



TU Graz
 Prototypenprüfung Ausbaubare Anker
 Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik
 Technische Universität Graz

Versuchsreihen 1 - 3, Ankerprüfrahmen

Versuchsplanung

Revision / Änderung

erste Ausarbeitung

Maßstab	Plangröße	Datum	Ersteller	Geprüft	Plan. Nr.
1/5, 1/10, 1/20 1/100, 1/200	A2	25.02.2020	RM / EA		DA_AusbA_01a

Neue Entwicklungen im Bereich der ausbaubaren Anker

**M. J. Rebhan¹⁾, H. Fuschelberger²⁾, B. Meyerhans³⁾,
R. Marte¹⁾, A. S. Eder¹⁾**

¹⁾Technische Universität Graz, Institut für Bodenmechanik, Grundbau
und Numerische Geotechnik, Graz, Österreich

²⁾ANP-Systems GmbH, Salzburg, Österreich

³⁾KUBATEC BMT AG, Ruggell, Liechtenstein

1 Innerstädtische Baugruben

Zufolge steigender Grundstückspreise aber auch um die erforderliche Nachverdichtung sicherzustellen, werden innerstädtische Bauvorhaben immer komplexer und umfangreicher. Dies ist nicht nur im Bereich des Hochbaus der Fall, sondern betrifft auch die dafür erforderlichen Gründungsmaßnahmen und Baugrubenumschließungen. Letztere sind durch eine Vielzahl an technischen, aber auch rechtlichen Randbedingungen beeinflusst. Im urbanen Bereich sind die Anforderungen an die Verformungsbegrenzungen des Baugrubenverbau ein wesentlicher Faktor. Dies betrifft insbesondere die mit Verformungen der Baugrubenumschließung verbundene Beeinflussungen von Nachbargebäuden.

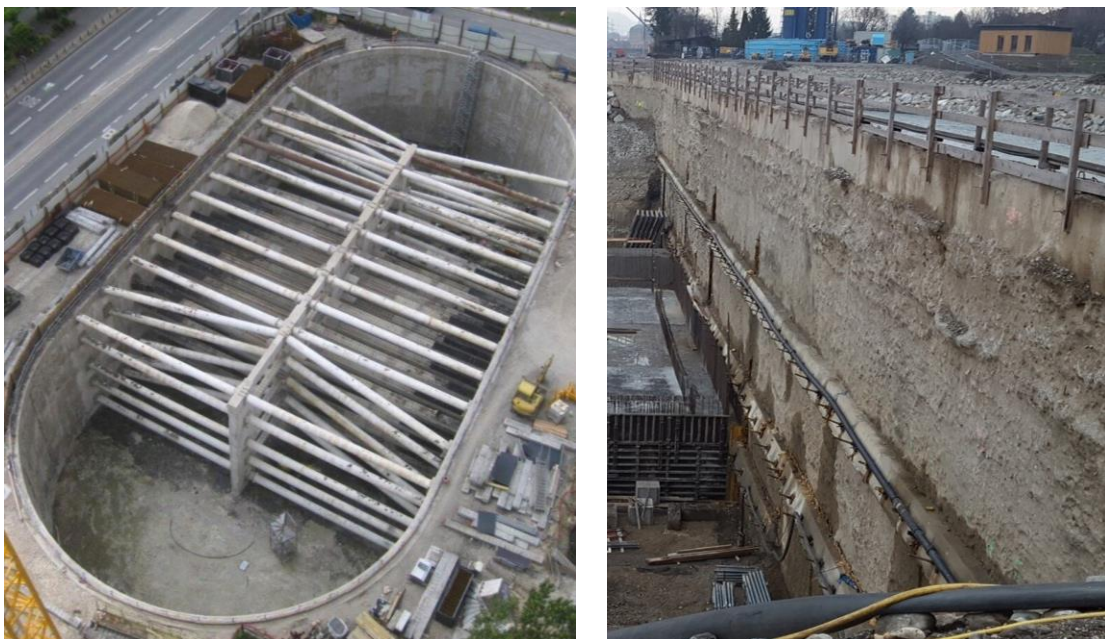


Abb. 1: Baugruben; Links: ausgesteift (Bauer Spezialtiefbau, 2019); Rechts: geankert

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und hierbei zudem eine wirtschaftliche Ausführung der Baugrubenumschließung sicherzustellen, sind neben vertikalen Baugrubenverbauten oftmals auch horizontale Bauelemente erforderlich. Diese können in Form einer Aussteifung (Abb. 1 Links) oder durch Zugelemente in Form einer Verankerung (Abb. 1 Rechts) gebildet werden. Mit diesen Konstruktionselementen können die Beanspruchungen der Verbauelemente reduziert werden und zudem die Verformungen der Baugrubenumschließung verringert werden.

Ausgesteifte Konstruktionen können in Abhängigkeit der Spannweite durch unterschiedliche Systeme bereitgestellt werden. Diese können von einfachen Lösungen aus Holz über Stahlbauprofile, bis hin zu komplexen Steifensystemen inkl. hydraulischer Vorspannung reichen. Diese stellen jedoch zumeist eine Beeinträchtigung im Bauablauf dar und erfordern oftmals auch kreative Lösungsansätze um beispielsweise die Stabilität (Knickgefahr) oder deren Rückbau im Zuge der Errichtung des Bauwerkes wirtschaftlich zu gestalten.

Eine weitere Möglichkeit um die Verformungen und Beanspruchungen von Baugrubenverbauten zu reduzieren und zudem die oben angeführten Einschränkungen durch Aussteifungssysteme zu vermeiden, ist die Verwendung von Zugelementen. Diese können durch Stab- oder Litzenanker hergestellt werden, welche auf unterschiedlichen Niveaus vorgespannt werden, um geringe Verformungen der Baugrubenumschließung sicherzustellen. Für geringere Anforderungen hinsichtlich zulässiger Verformungen kommen auch Bodenvernagelungen (mit nicht vorgespannten Zugelementen) zur Anwendung. Zum Einbau von Zugelementen ist jedoch die Nutzung bzw. Inanspruchnahme des Untergrundes im Bereich hinter der Baugrubenumschließung erforderlich. Die erforderliche Nutzung von Fremdgrund für den Einbau der Zugelemente führt oftmals zu rechtlichen Fragestellungen und/oder Mehrkosten für die Erlaubnis zur Nutzung von Fremdgrund. Generell kann es somit zu erheblichen Einschränkungen bei der Durchführung von spezialtiefbautechnischen Maßnahmen wie die Herstellung von Pfählen und Schlitzwänden, das Auffahren von Tunneln mittels TBM oder die Einbringung von Spund- oder Trägerbohlwänden führen.

Neben den in Abb. 1 sowie den obigen Beschreibungen angeführten Ausführungsvarianten für Baugrubenbauten durch Aussteifungen und Verankerungen können diese auch ohne derartige Elemente, als biegesteife, in den Boden einbindende Konstruktionen, ausgeführt werden. Da diese jedoch meist mit großen Verformungen verbunden sind, welche sich oftmals auch auf umliegende Gebäude und Bauwerke auswirken, kommen derartige Lösungen bei innerstädtischen Baugruben nur eingeschränkt zum Einsatz und werden hier in weiter Folge nicht behandelt.

2 Stand der Technik ausbaubare Anker

Zur Herstellung der in Kapitel 1 beschriebenen geankerten Baugrubenumschließungen kommen aufgrund der angeführten Nachteile in Bezug auf die Nutzung von Fremdgrund bzw. die Beeinflussung des Untergrundes ausbaubare Ankerlösungen zum Einsatz. Hier sind bereits eine Vielzahl an Systemen und Lösungen am Markt erhältlich, welche auf unterschiedlichen Methoden und Herangehensweisen basieren. Einerseits kann hier in die Verwendung metallischer und nicht metallischer Zugglieder unterteilt werden. Für erstere sind hierbei jedoch spezielle Bauformen bzw. Methoden erforderlich, um diese (störenden) Elemente wieder aus dem Untergrund zu entfernen. Bei der Verwendung geeigneter, nicht metallischer Zugglieder (z.B. GFK) können diese im Allgemeinen im Untergrund verbleiben, da aufgrund ihrer Zerspanbarkeit (geringe Querkzugfestigkeit) keine Beeinflussung bei der späteren Durchführung von Spezialtiefbauarbeiten besteht. Nachfolgend werden einige Systeme ausbaubarer Zugglieder kurz beschrieben und deren Anwendung und Nutzung dargestellt.

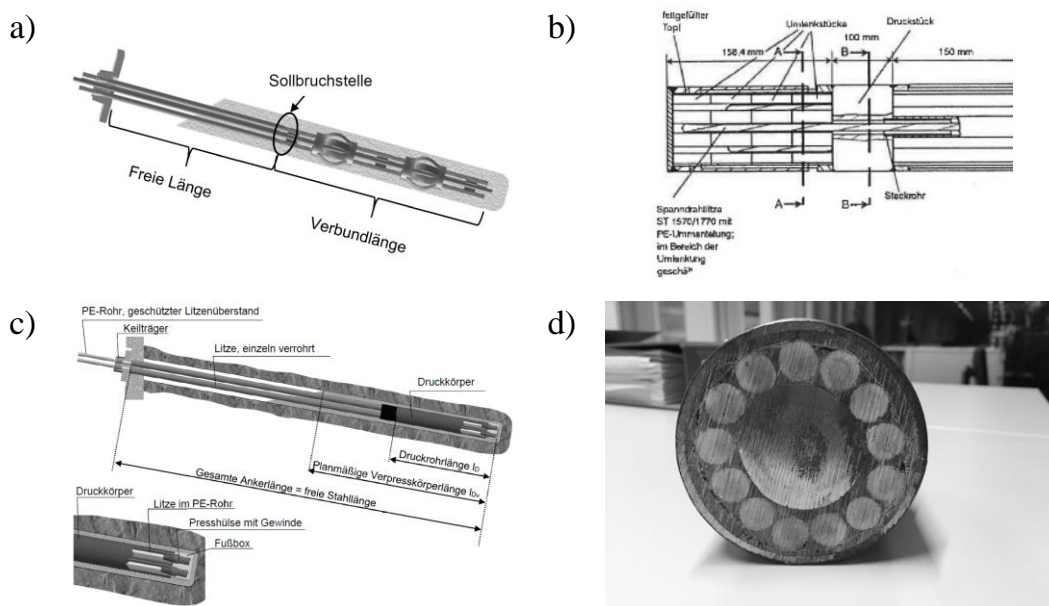


Abb. 2: Beispiele für ausbaubare Ankersysteme; a) Sollbruchstelle (Dedic D., Wörle R., 2017); b) Ankersystem mit Umlenksattel (Gipperich, C., Triantafyllidis, T., 1997); c) Druckkörper mit Fußbox (Dedic D., Wörle R., 2017); d) GFRP Litzenanker (Buchacher, P., Gutsche, R., 2017)

Abb. 2a) zeigt einen Litzenanker mit Sollbruchstelle. Hierbei wird eine Schwächung der Litzen im Zuge der Fertigung durch das induktive Erwärmen des Metallwerkstoffes erzeugt, welche zum Entstehen einer Sollbruchstelle mit geringerer lokaler Festigkeit der Litze(n) führt. Diese befindet sich im fertiggestellten Anker am Ende der Freispielstrecke, vor dem Beginn der Haftstrecke. Durch das Aufbringen einer entsprechend, über der Gebrauchslast liegenden Zugbeanspruchung auf die Litzen wird die Zugfestigkeit in diesem Bereich überschritten und diese reißt. Bei diesem System kann die Freispielstrecke, nicht jedoch die Haftstrecke, ausgebaut werden.

Zum Ausbau des gesamten Zuggliedes können unterschiedliche Systeme verwendet werden. Hierzu kann beispielsweise die Anbringung eines Umlenksattels (vgl. Abb. 2b) verwendet werden. Hierbei wird am Bohrlochtieftsten ein Umlenksattel (Verpressanker mit Schlaufe) angebracht, an welchem die gesamten Litzen des Ankers umgelenkt und wieder nach oben geführt werden. Nach dem Entspannen der Litzen, können diese herausgezogen werden. Dieses System erlaubt eine beinahe vollständige Ausbaubarkeit der Zugglieder. Im Untergrund verbleibt neben dem Verpresskörper lediglich der Umlenksattel, welcher aus Gusseisen oder anderen spröden Materialien gefertigt werden kann.

Des Weiteren können auch Druckrohranker, als erste entwickelte Ankerlösung, ausbaubar ausgeführt werden. Durch das Anbringen einer Schraubmuffe (vgl. Abb. 2c) am tiefsten Ende der Haftstrecke können sowohl Litzen- als auch Stabanker mit einem derartigen System hergestellt werden. Die Zugglieder können nach der Nutzung des Ankers ausgeschraubt werden und im Untergrund verbleiben lediglich die Körper des Druckrohrs. Werden diese aus Gusseisen oder GFK hergestellt, kann ebenfalls von beinahe keiner Beeinflussung bei weiterführenden Baumaßnahmen ausgegangen werden. Neben dem Einsatz von metallischen Werkstoffen können diese auch aus anderen, spröden Materialien wie beispielsweise faserverstärktem Kunststoff bestehen. Derartige Lösungen (vgl. Abb. 2d) kommen bereits im Tunnelbau, auf Grund ihrer Zerspanbarkeit, erfolgreich zum Einsatz. Hiermit können klassische Ankerkonstruktionen in Form eines Stab- oder Litzenankers hergestellt werden, welche bei weiterführenden Baumaßnahmen nur eine geringe Beeinflussung ergeben.

Die obigen, beispielhaft gezeigten Ausführungen sollen einen Überblick über ausgewählte, ausbaubare Ankersysteme geben. Daneben kommen und kamen auch Lösungen zur Anwendung, welche durch die Platzierung von Sprengmitteln oder auf dem Ausbau des gesamten Verpresskörpers beruhen. Diese Beispiele zeigen jedoch auch, dass bei den aktuell vorhandenen Lösungen zu ausbaubaren Ankern zum einen Sonderkonstruktionen erforderlich sind, welche die Herstellung der Zuelemente schwieriger gestalten und auch mit dementsprechenden Kosten verbunden sind. Zum anderen ist es auch nur bei einigen Ankerlösungen möglich, einen kompletten Rückbau der metallischen Bauteile, vorzunehmen.

3 Neue Methode für ausbaubare Ankerlösungen

Aus der in Kapitel 2 angeführten Beschreibung ausbaubarer Ankersysteme wird ersichtlich, dass aktuell zwar ausreichend Lösungsansätze vorhanden sind, diese jedoch mit monetären, wirtschaftlichen und auch technischen Einschränkungen verbunden sind. Daher wurde am Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik der Technischen Universität Graz im Zuge eines

Projektes gemeinsam mit Wirtschaftspartnern die Entwicklung eines neuen, vollständig ausbaubaren Ankersystems forciert.

Dieses System basiert auf der Reduktion der Verbundwirkung zwischen dem Zugelement und dem Verpresskörper. Diese Reduktion wird durch die Verwendung von Quellsprengstoff bewerkstelligt, welcher nach der Nutzung des Zugelementes in den Verpresskörper eingebracht werden kann. Nachfolgend wird hierzu einleitend das Funktionsprinzip von Quellsprengstoff erläutert, um anschließend auf die Grundüberlegungen einzugehen. Abschließend werden zudem bereits vorhandene Lösungsansätze in diesem Bereich beschrieben.

3.1 Funktionsprinzip Quellsprengstoff

Abweichend zu seinem Namen ist Quellsprengstoff kein tatsächlicher Sprengstoff, da dessen Wirkung nicht auf einer explosiven Reaktion basiert. Im englischen wird dies durch die Bezeichnung „non-explosive cracking agent“ verdeutlicht. Quellsprengstoff ist ein pulverförmiges Material, welches aus Calciumoxid und Portlandzement besteht. Durch das Anmischen mit Wasser findet eine chemische Reaktion statt, welche das Calciumoxid in Calciumhydroxid umwandelt. Dieser Prozess findet exotherm (unter Wärmeentwicklung) statt und führt zu einer Volumenzunahme. Die damit verbundene Expansion kann zum Aufbrechen fester Stoffe wie beispielsweise Beton oder Fels verwendet werden. Da diese Reaktion jedoch (nicht wie bei anderen Sprengstoffen) ohne Explosion stattfindet, ist hierzu keine Sprengbefugnis erforderlich.

Im Bauwesen findet Quellsprengstoff beim Abtrag von Betonbauteilen (bewehrt und unbewehrt) Anwendung. Im Bereich der Geotechnik kann dieses Material beispielsweise zur Beseitigung von störenden Objekten (z.B. Findling vgl. Abb. 3 Rechts) oder dem zerstörungsarmen Abtrag von Festgesteinen (z.B. im Zuge des Forstwegebaues) verwendet werden. Eine Anwendung bei geankerten Konstruktionen ist bisher nicht bekannt.

3.2 Grundüberlegungen Anker Ausbau

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, kommt Quellsprengstoff hauptsächlich zur Zerstörung von unbewehrten Betonbauteilen zum Einsatz. Hierzu ist es in der Regel erforderlich, vorab eine Bohrung bzw. einen Bohrraster (Abb. 3 Links) in den zu zerstörenden Körper herzustellen, in welchen der Quellsprengstoff anschließend eingebaut werden kann um seine expandierende und damit sprengende Wirkung zu entfalten. Die Bohrlöcher sollten hierbei einen Durchmesser von 30-40 mm und den zehnfachen Bohrlochdurchmesser als Abstand innerhalb des Rasters aufweisen.

Dieses Funktionsprinzip kann auch auf die Anwendung bei geankerten Konstruktionen umgelegt werden. Bei Zugelementen sind jedoch, im Unterschied

zu den klassischen Anwendungsgebieten dieses Produktes, abweichende Randbedingungen vorhanden, welche mit gewissen Vor- und Nachteilen verbunden sind.



Abb. 3: Verwendung Quellsprengstoff; Links: Bewehrtes Betonfundament; Rechts: Findling

Diese sind:

- Geringe Querschnittsabmessungen im Vergleich zur Längsausdehnung;
- Zylindrische Bauteile mit geringem Durchmesser;
- Unbewehrte Zementkörper;
- Größere Bewehrungsdurchmesser als bei klassischen Stahlbetonbauteilen;
- Nachträgliche Herstellen einer Bohrung nicht möglich;
- Objekt nur von der Stirnseite aus zugänglich und durch einen Bodenkörper in der Ausdehnung behindert.

Um die grundsätzliche Anwendbarkeit des Systems zur Aufsprengung eines Verpresskörpers zu prüfen, wurden erste Vorversuche (Jantscher, L., 2018) durchgeführt. Hierzu wurde in ein Kunststoffrohr Trockenbeton zur Abbildung des Verpresskörpers eingebracht und mit einem Stabanker (SAS 550) bewehrt, welcher das Zugglied simuliert. Gleichzeitig wurde ein Nachverpressschlauch mit einem Durchmesser von 30 mm in den noch feuchten Trockenbeton eingelegt um eine „Bohrung“ innerhalb des Betonkörpers zu simulieren.



Abb. 4: Vorversuche Quellsprengstoff; Links: Im Zuge der Verfüllung hergestelltes Einfüllloch in einem Verpresskörper; Rechts: Zerstörter Verpresskörper

Dieser wurde nach einer Aushärtephase von ca. 30 min wieder herausgezogen, um ein standfestes Bohrloch (Abb. 4 Links) zu erzielen. Wie das Ergebnis in Abb. 4 Rechts zeigt, war es im Zuge dieser Vorversuche möglich, den hergestellten Versuchskörper inkl. das als Schalung verwendete Kunststoffrohr aufzusprengen. Mit diesen ersten Vorversuchen konnte die prinzipielle Funktionstüchtigkeit dieser Konstruktionslösung gezeigt werden.

3.3 Bisherige Lösungsansätze

Der Einsatz von Quellsprengstoffen (non-explosive cracking agents) bei Ankern stellt keine direkte Neuentwicklung dar. Ähnliche bzw. artverwandte Systeme sind bereits in anderen Ländern patentiert, kommen jedoch nach Wissen der Autoren nicht zum Einsatz. Bei diesen Lösungsansätzen (Chemical Grout, 1983) ist es jedoch erforderlich, eine Bohrung in den Verpresskörper des Ankers herzustellen, in welches anschließend, ähnlich dem in Kapitel 3.2 beschriebenen Ansatz Quellsprengstoff eingefüllt wird. Dieser führt wiederum zu einem Aufsprengen des Verpresskörpers und zu einer Reduktion der Verbundwirkung zwischen dem Zugglied und dem Verpresskörper. Diese Methode weist jedoch den Nachteil auf, dass die Herstellung einer Bohrung in den Zementkörper mit großem Aufwand verbunden ist und zudem dessen Lage, aufgrund von Bohrabweichungen nicht gewährleistet werden kann. Zudem kann durch das Bohrequipment auch ein „Anschneiden“ der metallischen Zugglieder erreicht werden, woraus zum einen Probleme beim Ausbau der Zugglieder (Abreisen) und zum anderen ein hoher Materialbedarf durch die Abnutzung des Bohrwerkzeugs resultiert. Eine weitere Methode für ausbaubare Anker durch die Reduktion der Verbundwirkung ist zudem der Einsatz von Kunstharzen als Verpresskörper. Durch das Einbringen einer Heizleitung (Ichise Yoshio, 1974) soll dessen Festigkeit reduziert werden bzw. durch den Einsatz von Sprengmittel soll auch ein Plastifizieren dieses Materials bewerkstelligt werden. Daraus folgend können dann ebenfalls die Zugglieder aus dem Verpresskörper gezogen werden. Diese Methode wird jedoch durch zwei maßgebliche Faktoren beeinflusst. Zum einen zeigen Kunstharze nach Aufbringung einer Temperaturbeanspruchung eine gewisse Wiedererhärtung im Zuge des Abkühlens. Zum anderen weisen Kunstharze, wie alle Kunststoffe ein Langzeitkriechverhalten (ÖNORM EN ISO 899-1) auf, welches deren Einsatz als Verpresskörper schwierig gestaltet.

4 Laboruntersuchungen

Wie in Kapitel 3.2 angeführt und in Abb. 4 bereits zu erkennen ist, kann mit dem Einbringen von Quellsprengstoff in eine Bohrung eine Aufweitung dieser und daraus folgend ein Aufsprengen des Zugkörpers bewerkstelligt werden. Hierzu sind jedoch die bereits angeführten Randbedingungen (vgl. Aufzählung Kapitel 3.2) zu berücksichtigen.

Diese lassen erkennen, dass sich vor allem die Geometrie von Zugelementen und deren unbewehrte Ausführung positiv auf die Anwendung von Quellsprengstoff auswirken, jedoch auch einige Nachteile vorliegen. Da eine nachträgliche Bohrung zur Einbringung des Quellsprengstoffes, wie dies bei Betonbauteilen stattfinden würde, nicht möglich ist, sind bereits vorab dementsprechende Vorrichtung bzw. Einbauelemente vorzusehen. Zudem wird der Verfüll- bzw. Verpresskörper bei Zugelementen durch einen diesen umschließenden Bodenkörper in seiner (Quer-) Ausdehnung gehindert, woraus eine dementsprechend höhere Quellwirkung (Kraft) für das Aufsprengen des Zementkörpers erforderlich ist, als dies beispielsweise bei freigelegten Fundamenten (vgl. Abb. 3 Links) der Fall wäre.

In den Vorversuchen (vgl. Abb. 3 Rechts) zeigte sich, dass die Sprengwirkung des Quellsprengstoffes derart groß ist, dass damit Kunststoffrohre (hier PVC DN100) aufgesprengt werden konnten. Daraus folgend konnte abgeleitet werden, dass Ähnliches auch bei Verpressschläuchen erzielt werden kann, welche in den Verpresskörper des Zugelementes mit eingelegt werden. Damit konnte der oben angeführte Nachteil, bezüglich einer nachträglichen Bohrung, durch einen bereits im Zuge der Herstellung eingebrachten Kunststoffschlauch beseitigt werden. Dieser ermöglicht es, denn Quellsprengstoff entlang der gesamten Achse des Zementkörpers einzubringen und somit ein vollflächiges Aufreißen des Verpresskörpers und eine daraus folgende Reduktion der Verbundwirkung zu erwirken. Aufbauend auf den vielversprechenden Vorversuchen wurden eine Reihe weiterer Versuche mit unterschiedlichen Randbedingungen und Konfigurationen durchgeführt. Diese werden nachfolgend kurz angeführt und sind in der Masterarbeit von Eder A. (Eder, A., 2020) vertiefter beschrieben.



Abb. 5: Versuchskörper; Links: Versuchskörper vorbereitet; Rechts: Eingebrachter Quellsprengstoff im Sprengschlauch

In diesen Versuchen wurden mehrere Versuchskörper hergestellt, welche unterschiedliche Konfigurationen des Konzeptes abbildeten. Diese wurden sowohl in Kunststoff- als auch Stahlrohre mittels Einpressmörtel (vgl. Tab. 1) eingebaut.

Damit wurden unterschiedliche Steifigkeiten des Untergrundes simulieren bzw. dessen Einfluss auf die Expansionswirkung des Quellsprengstoffes aufgezeigt. Zudem wurden unterschiedliche Querschnitte für die Verpressschläuche (nachfolgend „Sprengschläuche“) verwendet, um ebenfalls den Einfluss des Durchmessers bzw. auch der Anordnung dieser auf die Zerstörung des Verpresskörpers bzw. die Reduktion des Verbundes zu untersuchen.

Tab. 1: Prüfergebnisse des Ankerzements (gemäß EN 196-1:2016)

Leistungsmerkmal		Mittelwert	Einheit
Biegezugfestigkeit	72 Stunden	9,40	MPa
	28 Tage	5,00	MPa
Druckfestigkeit	72 Stunden	68,10	MPa
	28 Tage	99,50	MPa

Abb. 5 Links zeigt die Versuchskörper, welche mit einer Länge von 1,00 m (im Rohr) und einem Stabdurchmesser 36 (SAS 950) hergestellt wurden. Für die Versuchsdurchführung wurden diese mit einer Neigung von 15° gelagert. Dies entspricht zum einen einer klassischen Neigung von Ankern und ermöglicht zum anderen ein einfacheres Einbringen des Quellsprengstoffes. Die Sprengschläuche wurden dabei bis zur Oberkante (Abb. 5 Rechts) mit Quellsprengstoff befüllt. Nach dem Abwarten der Bruchzeit von rund 24 Stunden wurden die Versuchskörper genauer untersucht. Dabei konnte bereits von außen erkannt werden, dass wiederum eine Schädigung der Kunststoffrohre stattgefunden hatte, und dass im Kopfbereich der Verpresskörper (vgl. Abb. 6 Links) bereits Risse zu erkennen waren. Nach weiteren 24 Stunden wurde die Schalung (Kunststoffrohr) entfernt und die gesamte Wirkung bzw. die Funktionstüchtigkeit des Quellsprengstoffes konnte erkannt werden.



Abb. 6: Versuchsergebnisse; Links: Aufgesprengter Versuchskörper im Kopfbereich; Rechts: Detailansicht aufgesprengter Verpresskörper

Wie Abb. 6 Rechts zeigt, lag eine vollständige Zerstörung des Verpresskörpers vor. Dies ließ sich zum einen an durchgehenden Längsrissen erkennen, zeigte sich jedoch auch durch ein Zerbröckeln des Verpresskörpers.

Daraus folgt, dass der hier beschriebene Ansatz, durch die Verwendung von Quellsprengstoff ausbaubare Ankerlösungen zu bewerkstelligen, prinzipiell möglich ist. Zufolge der Expansionswirkung dieses Materials kommt es zu einem Aufsprengen des Verpresskörpers und in weiterer Folge zu einem Aufbrechen. Daraus kann eine gewisse Reduktion der Verbundwirkung zwischen dem Zugglied und dem Verpresskörper erreicht werden, welche in weiterer Folge dazu führen kann, dass ein Ausziehen des Zugglieds und damit ein vollständiger Ausbau aller metallischer Bauteile eines Ankers ermöglicht wird.

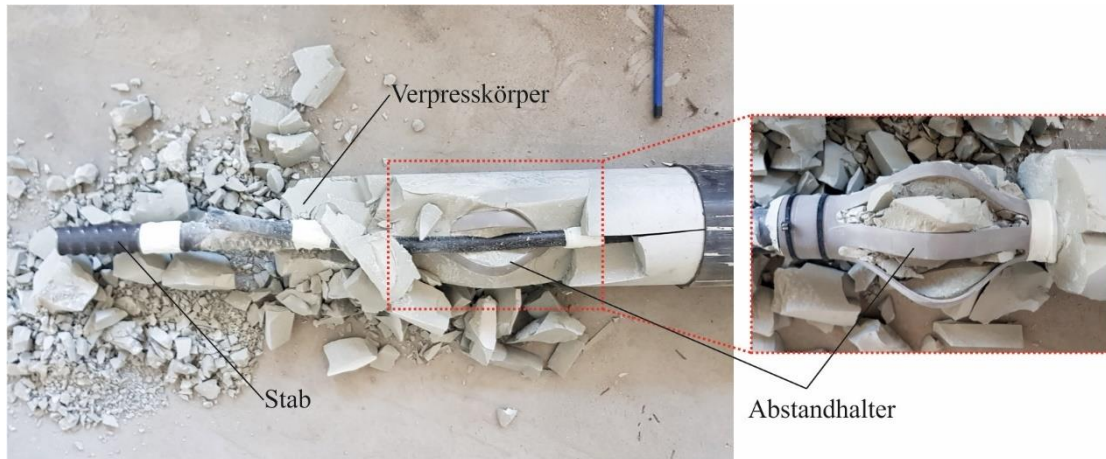


Abb. 7: Zerstörter Verpresskörper nach dem Entfernen des Schalrohrs inkl. Detailbereich Abstandhalter

Wie Abb. 7 zeigt, sind jedoch bis zu einer praktischen Umsetzung dieses Lösungsansatzes noch einige Anpassungen bzw. auch Entwicklungen erforderlich. So lässt sich erkennen, dass zwar prinzipiell eine vollflächige Zerstörung des Verpresskörpers stattfand, diese jedoch nicht den Zementstein im Inneren der Abstandhalter so weit lockern konnte, dass der Stab entfernbar war. Eine ähnliche Problemstellung ergibt sich auch, wenn zur Herstellung des Ankers im Bereich der Haftstrecke eine Kupplung (in Form einer Muffe) erforderlich ist. Diese stellt eine „Verdickung“ des Querschnitts dar, welche in weiterer Folge einen sehr hohen Ausziehungswiderstand aufweist und daher die Entfernung des Zugglieds beeinträchtigen bzw. unmöglich machen wird. Die zur Praxistauglichkeit erforderliche Entwicklungen werden im Zuge von Feldversuchen getestet und erprobt. Diese werden in Kapitel 5 näher beschrieben.

5 Feldversuche

Aufbauend auf den Laborversuchen wurden Feldversuche geplante, welche die Umsetzung der bisherigen Erkenntnisse unter einer praktischen Anwendung berücksichtigen. Hierzu konnte als erstes Versuchsfeld, dank der Unterstützung durch die ASFINAG, ein Baufeld entlang der Neubaustrecke der S7 im Bereich des Tunnels Rudersdorf herangezogen werden. In diesem Versuchsfeld wurden im Bereich einer großflächigen Böschungssicherung (vgl. Abb. 8) 12 Zugelemente in Form von 6,00 m langen Nägeln eingebaut. Die 12 Zugelemente teilen sich dabei

auf die Versuchsserien 1 bis 3 auf. An diesen wird in unterschiedlichen Zeitabständen der Quellsprengstoff (Betonamit, 2018) eingebracht um auch die Festigkeitsentwicklung des Verpressmaterials als einen der Untersuchungsparameter einfließen zu lassen. Als Zugstab wurden Einstabanker SAS 950 (ANP-Systems, 2019) mit einem Durchmesser von 36 mm (vgl. Abb. 9 Links) verwendet. Neben den erforderlichen Abstandhaltern wurden auch bereits die Sprengschläuche an den Stabankern appliziert.



Abb. 8: Installierte Versuchskörper im Bereich der gesicherten Einschnittböschung Tunnel Rudersdorf

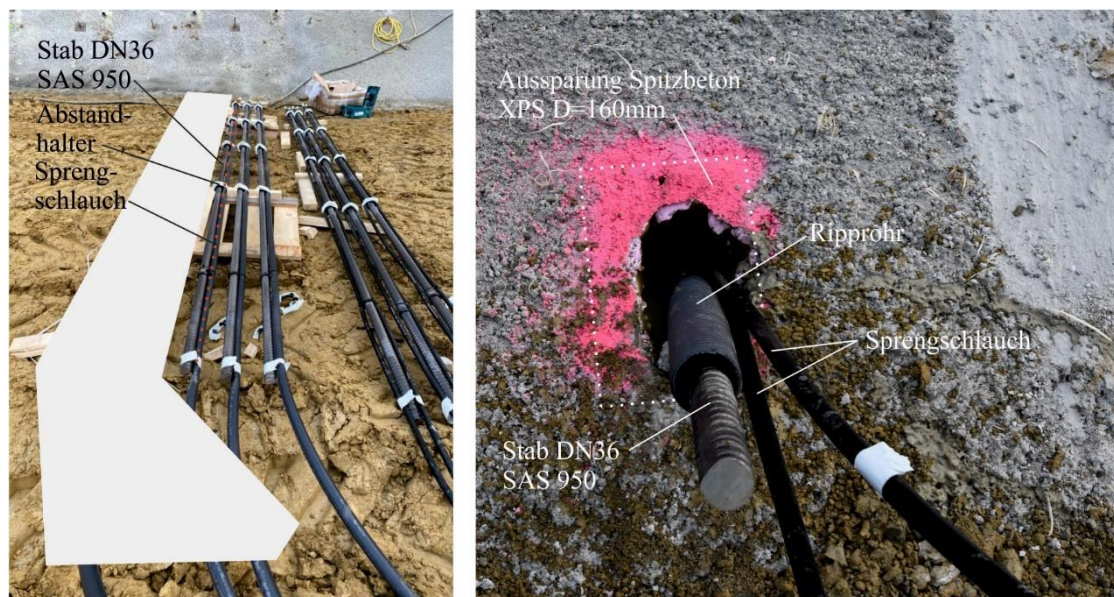


Abb. 9: Versuchskörper S7; Links: Vorbereitete Einstabanker vor dem Einbau; Rechts: Hergestellter Versuchskörper mit Sprengschlauch

Um den Ausbau aus der Vorsatzschale (Spritzbeton einlagig bewehrt $d=15$ cm) einfacher zu gestalten wurde im Bereich Nagelkopf zu Spritzbetonschale eine Aussparung in Form einer XPS Platte eingebaut und ein Ripprohr angebracht.

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des gegenständlichen Fachbeitrages finden die Feldversuche zum Einsatz des Quellsprengstoffes sowie zum Ausbau der Stabanker gerade statt. Nach dem Einbringen des Quellsprengstoffes und entsprechender

„Sprengung“ des Mörtels soll der Ausbau durch das Anbringen einer schraubbaren Montagevorrichtung mit inkludierter Kraftmesseinrichtung mittels eines Baggers stattfinden. Dieser sehr rudimentäre Versuchsaufbau wurde aus zeitlichen und baupraktischen Gründen festgelegt, da in dieser ersten Versuchsreihe lediglich die grundsätzliche Funktionstauglichkeit der Methode unter baupraktischen Randbedingungen erkundet werden soll. Eine genauere Untersuchung des Ausbauverhaltens und vor allem der dafür erforderlichen Ausziehkräfte ist in weiteren Feldversuchen im Anschluss an diese Feasibility Study geplant.

6 Ausblick und weitere Forschungstätigkeiten

Die Ausführungen dieses Beitrages zeigen, dass die Entwicklung eines ausbaubaren Ankersystems durch Anwendung von Quellsprengstoff unter Laborbedingungen erfolgreich getestet werden konnte. In den angeführten Feldversuchen finden aktuell erste Machbarkeitsstudien zu dieser Fragestellung unter baupraktischen Randbedingungen statt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden auf weitere Feldversuche umgelegt, mit welchen die Anwendung des beschriebenen Konzepts auch bei Litzenankern und zudem in unterschiedlichen Böden betrachtet werden soll. Anschließend soll eine Weiterentwicklung des Quellsprengstoffs an die Anforderungen der Geotechnik aber auch der Systemkomponenten der Ankerlösungen wie beispielsweise Muffen und Abstandhalter stattfinden, um eine praxistaugliche Umsetzung von mittels Quellsprengstoff ausbaubaren Ankern zu ermöglichen.

In weiterer Folge können die hier vorgestellten und aus einer Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft entstandenen Innovationen hoffentlich Anwendung bei Baugrubenverbauten und anderen geotechnischen Aufgabenstellungen finden, bei welchen der Ausbau von Zugelementen erforderlich ist.

Anerkennung und Danksagung

Die Durchführung der beschriebenen Labor- und Feldversuche war durch die Unterstützung der beiden Wirtschaftspartner ANP-Systems und KUBATEC BMT AG möglich, welche sowohl ihr Fachwissen als auch Untersuchungsmittel und Probekörper zur Verfügung stellten. Des Weiteren wurden die Labor- und Feldversuche auch durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG und das Amt für Volkswirtschaft AVW des Fürstentums Liechtenstein ermöglicht. Zudem wurden die Feldversuche erst durch die Unterstützung der Keller Grundbau GmbH und deren Baustellenpersonal sowie den MitarbeiterInnen der Autobahnen- und Schnellstraßenfinanzierungs- Aktiengesellschaft ASFiNAG möglich, welche den Einbau für Untersuchungszwecke im Zuge der Errichtung der Schnellstraße S7 ermöglichten.

7 Literatur

- ANP-Systems, 2019. *ANP-Einstabanker SAS 950*, Zulassung BMVIT-327.120/0003-IV/IVVS2/2019, Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Bauer Spezialtiefbau, 2019. Girsch Erwin, *Teil der Vorlesung ASMFE im SS 2019*, Technische Universität Graz, Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik, Graz.
- Betonamit, 2018. *Gebrauchsanweisung Betonamit®*.
- Buchacher, P., Gutsche, R., 2017. *Ausbaubare Temporäranker und eine mögliche Alternative*, Beiträge zum 32. Christian Veder Kolloquium, Gruppe Geotechnik Graz, Technische Universität Graz, 20. und 21. April 2017.
- Chemical Grout, 1983. *Patent JP-S 58110717 A* vom 01.07.1983, Japanisches Patentamt, Maschinenübersetzung.
- Dedic, D., Wörle, P., 2017. *Vollständig rückbaubare Litzanker: Innovationen und Erkenntnisse*, Beiträge zum 32. Christian Veder Kolloquium, Gruppe Geotechnik Graz, Technische Universität Graz, 20. und 21. April 2017.
- Eder, A., 2020, *Entwicklung sowie Labor- und Feldversuche zu ausbaubaren Ankern mittels Quellsprengstoff*, Diplomarbeit, Institut für Bodenmechanik, Grundbau und Numerische Geotechnik, Technische Universität Graz, unveröffentlicht.
- Gipperich, C., Triantafyllidis, T., 1997. *Entwicklung eines rückbaubaren Verpreßankers*, Bauingenieur, Heft 72, Seite 221-234, Springer VDI-Verlag.
- Jantscher, L., 2018. *Entfernung von Bodenankern*, Masterprojekt, Institut für Bodenmechanik und Grundbau, Technische Universität Graz.
- ÖNORM EN 196-1. Prüfverfahren für Zement - Teil 1: Bestimmung der Festigkeit, ICS 91.100.10, Austrian Standards, Wien, Ausgabe: 15.10.2016.
- ÖNORM EN ISO 899-1. *Kunststoffe – Bestimmung des Kriechverhaltens, Teil 1: Zeitstand-Zugversuch*, ICS 83.080.01, Komitee 074, Austrian Standards, Wien, Ausgabe: 01.03.2018.
- Yoshio, I., 1974. *Verfahren zur Entfernung einer Stahlzugkabelverankerung und Stahlzugkabelanker HIEZU*, Österreichische Patentschrift, 1433/74, Österreichisches Patentamt, Wien.

Autor:

Vorname, Name: Matthias J. Rebhan

Titel: Dipl.- Dipl.- Ing. Dr.techn.

Firma, Abteilung: Technische Universität Graz, Institut für Bodenmechanik,
Grundbau und Numerische Geotechnik

Adresse: Rechbauerstraße 12, 8010, Graz, Österreich

Tel: 0316 873 6738

Fax: 0316 873 6230

mail: rebhan@tugraz.at

internet: www.soil.tugraz.at

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja

Vortragender: ja

Co-Autor:

Vorname, Name: Harald Fuschelberger

Titel: Dipl.- Ing.

Firma, Abteilung: ANP-Systems GmbH

Adresse: Christopherusstraße 12, 5062, Elsbethen, Österreich

Tel: 0662 2532530

Fax: 0662 25325320

mail: harald.fuschelberger@anp-systems.at

internet: www.anp-systems.at

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja

Vortragender: nein

Co-Autor:

Vorname, Name: Bruno Meyerhans

Titel:

Firma, Abteilung: KUBATEC BMT AG

Adresse: Widaustraße 3, 9491, Ruggell, Liechtenstein

Tel: +423 375 78 78

Fax: +423 375 78 79

mail: bruno.meyerhans@betonamit.com

internet: www.betonamit.com

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja
Vortragender: nein

Co-Autor:

Vorname, Name: Roman Marte
Titel: Univ. Prof. Dipl.- Ing. Dr.techn.
Firma, Abteilung: Technische Universität Graz, Institut für Bodenmechanik,
Grundbau und Numerische Geotechnik
Adresse: Rechbauerstraße 12, 8010, Graz, Österreich
Tel: 0316 873 6738
Fax: 0316 873 6230
mail: roman.marte@tugraz.at
internet: www.soil.tugraz.at

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja
Vortragender: nein

Co-Autor:

Vorname, Name: Alexander S. Eder
Titel:
Firma, Abteilung: Technische Universität Graz, Institut für Bodenmechanik,
Grundbau und Numerische Geotechnik
Adresse: Rechbauerstraße 12, 8010, Graz, Österreich
Tel: 0316 873 6738
Fax: 0316 873 6230
mail: rebhan@tugraz.at
internet: www.soil.tugraz.at

Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: nein
Vortragender: nein