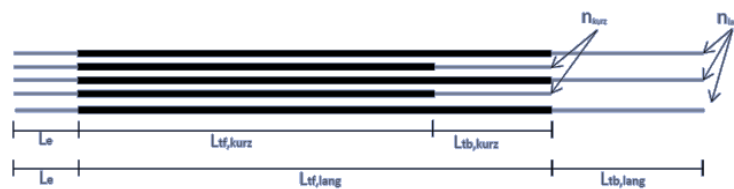
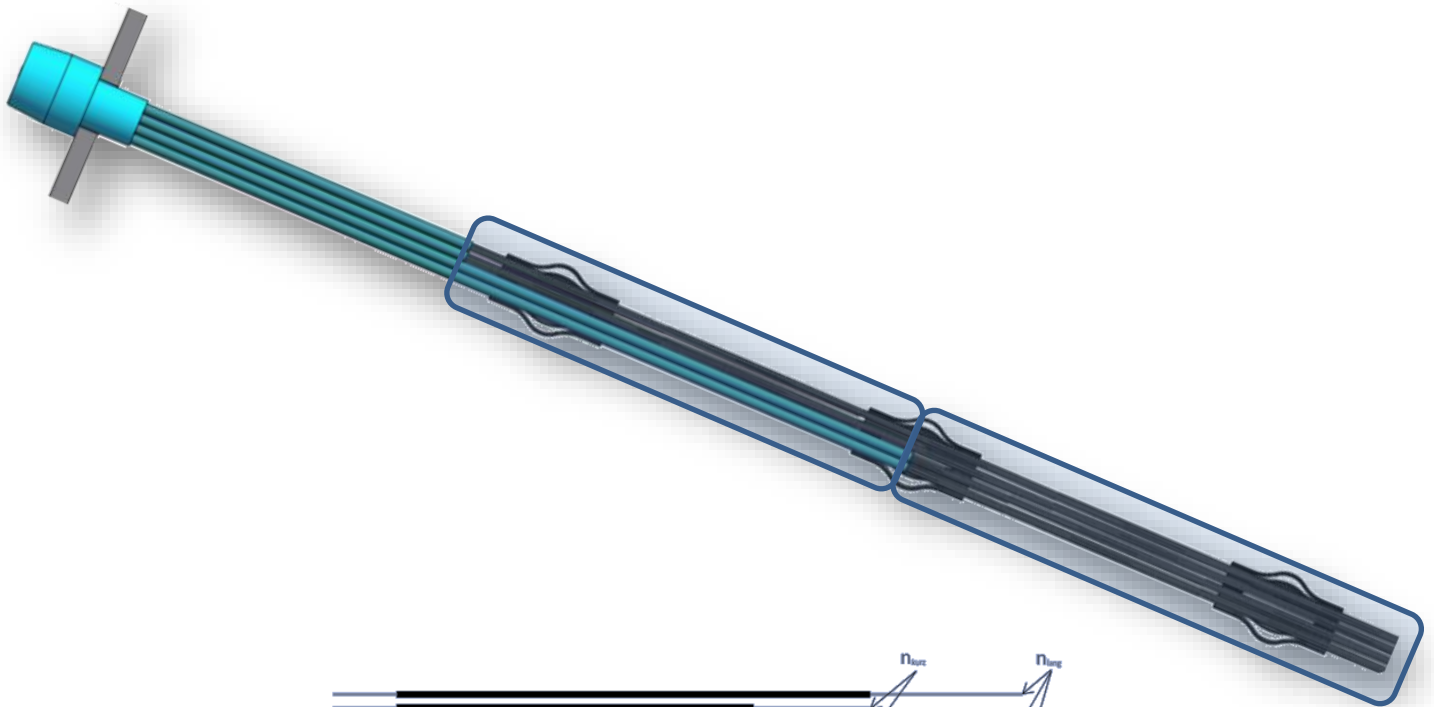


# Staffelanker BBV-multibond®



## Inhalt

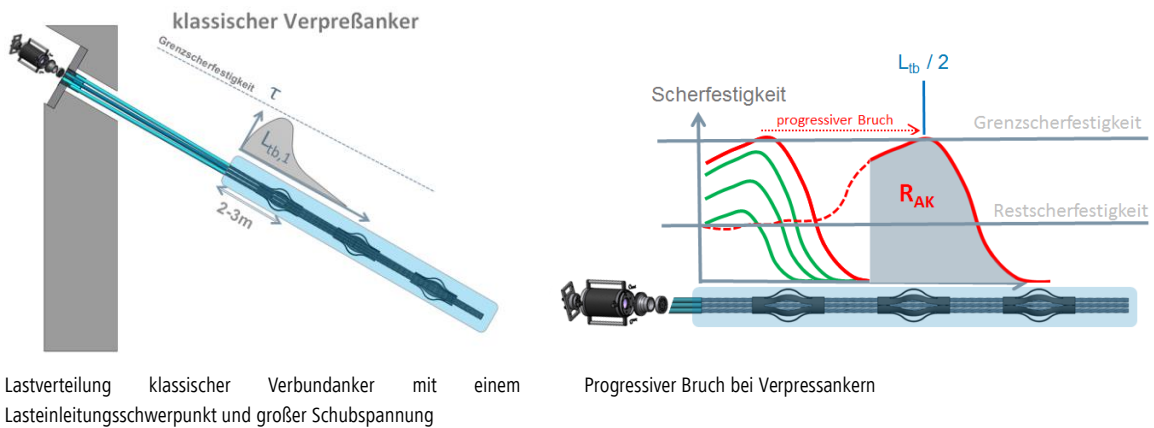
1	Staffelanker BBV-multibond® .....	3
1.1	Tragverhalten Verbundanker .....	3
1.2	Grundprinzip Staffelankersystem BBV-multibond® .....	4
1.2.1	Lastverteilung Teilanker .....	4
1.2.2	Normkonformes Prüfen und Festlegen .....	5
1.3	Systemvorteile.....	7
2	Ausführungsbeispiel .....	8
3	Zulassung und normative Regelung .....	9
4	Ausgewählte Eignungsprüfungen.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
5	Ausgewählte Veröffentlichungen.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
6	Ausgewählte Referenzprojekte .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
7	Fazit .....	10

## 1 Staffelanker BBV-multibond®

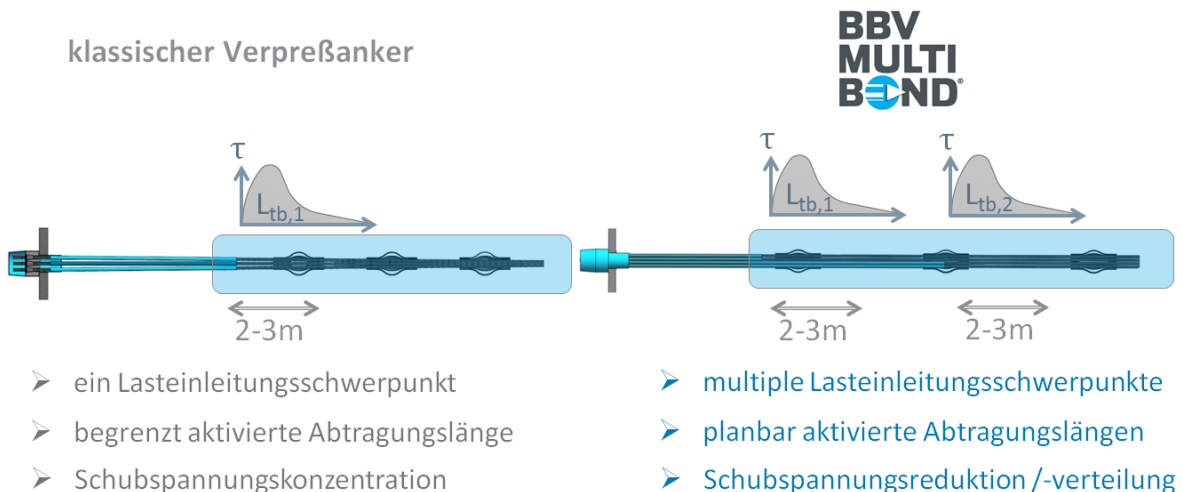
### 1.1 Tragverhalten Verbundanker

Als Ergebnis intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit meldete BBV-Systems GmbH das neuartige Staffelankersystem BBV-multibond® zum Patent an. Das innovative Ankersystem ermöglicht eine Steigerung der bekannten Tragfähigkeiten klassischer Verpressanker um 100% (2-fach) bis 200% (3-fach).

Bei klassischen Verbundankern wird die Hauptlast bereits auf den „ersten“ ca. 2-3m der Verpressstrecke abgetragen. Bis zum Erreichen der Grenzscherfestigkeit in der Verbundfläche zwischen Verpresskörper und Baugrund bildet sich ein Lasteinleitungsschwerpunkt aus welcher sich -bei weiterer Laststeigerung- in Richtung erdseitiges Ende „verschiebt“ (progressiver Bruch). Aufgrund der deutlich geringeren Restscherfestigkeiten führt eine Verlängerung der Verpressstrecken  $L_{tb} > 6-7m$  nur zu einer geringen Zunahme der Ankertragfähigkeit.



Bei Staffelankern wird die Ankerlast über mehrere Lasteinleitungsstrecken gestaffelt in den Verpresskörper eingeleitet und in den Baugrund abgetragen.



## 1.2 Grundprinzip Staffelankersystem BBV-multibond®

### 1.2.1 Lastverteilung Teilanker

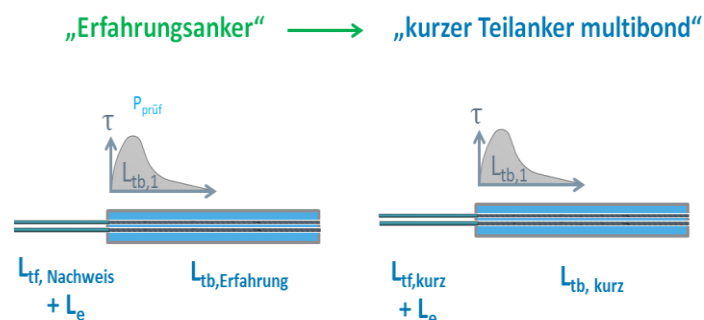
Der Verpressanker BBV-multibond® führt durch die Staffelung der Verbundlängen der Litzen die Lasten über die Länge gestaffelt in den "einen" gemeinsamen Verpresskörper ein. Durch die versetzte innere Krafteinleitung wird auch die äußere Lastabtragung des Verpresskörpers in den Baugrund gestaffelt weitergeleitet.

Die resultierende äußere Mantelreibung wird deutlich reduziert und die Last über die planbar aktivierte Abtragungslänge des Verpresskörpers "vergleichmäßig". Spannungsspitzen werden abgebaut. Die wesentlich gleichförmigere Lasteinleitung erzeugt ein homogeneres Rissbild, eine verstetigte Rissverteilung, eine größere Rissanzahl je Längeneinheit bei vergleichbaren Gesamtlasten und somit tendenziell geringere Rissbreiten. Der Korrosionsschutz der Litzen durch den umgebenden Zementstein ist dementsprechend deutlich verbessert.

Die Problematik der Staffelsysteme bestand bisher darin, dass die unterschiedlich langen freien Stahllängen ( $L_{tf,lang} > L_{tf,kurz}$ ) beim gleichzeitigen Spannen ungleiche Teilkräfte in den Teilankern erzeugen. Dies führte bei den herkömmlichen Lösungsansätzen zur Entwicklung von komplizierten Pressensystemen mit komplexen Spann- und Prüfabläufen. Ein normenkonformes Prüfen und Festlegen der Systeme war meist nicht möglich, es sei denn es erfolgte z.B. zusätzlich eine verfahrenstechnisch aufwendige Trennung der Verpresskörper. Aus diesem Grunde sind Staffelsysteme trotz immenser Traglastvorteile in Europa bis heute nur vereinzelt zur Anwendung gekommen.

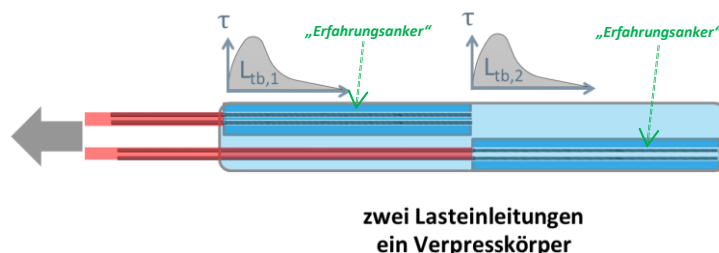
Der patentierte Staffelsystem BBV-multibond® löst diese Problematik durch Angleichung der Teilsteiigkeiten der einzelnen Teilanker. Durch Anpassung der Querschnittsfläche jedes Teilankers werden annähernd gleiche Zugkräfte in den einzelnen Teilzuggliedern erzeugt. Die einzelnen Teilanker können normkonform, gleichzeitig und gemeinsam geprüft werden. Alle normativen Anforderungen der DIN EN 1537:2014-07 und der ergänzenden DIN SPEC 18537:2017-11 werden erfüllt.

Die Angleichung der Teilsteiigkeiten durch Anpassung der Querschnittsfläche der Teilanker erfolgt unter Berücksichtigung eines Erfahrungsankers.



Aus der Wahl eines Erfahrungsankers ist die Gesamtfläche/-anzahl der Litzen des kurzen Teilankers bekannt. Der erforderliche Gesamtquerschnitt der Litzen des langen Teilankers wird berechnet. Die Lasteintragungslängen sind gleich lang, somit bleibt die Sicherheit des Erfahrungsankers trotz Verdopplung der Gesamttragfähigkeit erhalten!

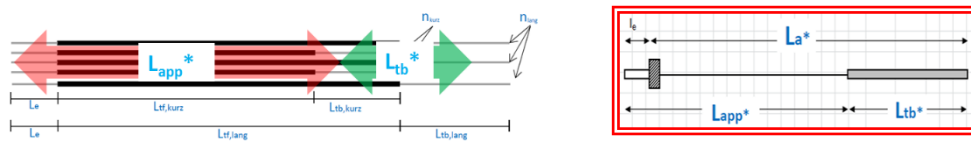
### 2x „Erfahrungsanker“ = Staffelsystem BBV-multibond®



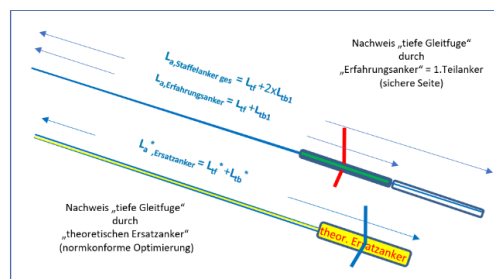
Die mögliche Ungleichförmigkeit, die dadurch entstehen kann, dass die rechnerischen und die tatsächlich gewählten Querschnittsgrößen der Teilanker nicht immer exakt gleich sind, wird durch den Korrekturbeiwert  $\epsilon_s$  berücksichtigt. Die Prüfkraft wird unter Verwendung des Korrekturbeiwertes  $\epsilon_s$  ermittelt, so dass die Litzen der Teilanker - vor allem die der kürzeren freien Stahllänge - nicht überlastet werden.

### 1.2.2 Normkonformes Prüfen und Festlegen

Die normkonforme Prüfung der Anker wird durch Berechnung eines theoretischen Ersatzankers nach dem patentierten Multibond-Prinzip ermöglicht. Der theoretische Ersatzanker mit einer berechneten, theoretischen Ankerlänge  $L_a^* = L_{tf}^* + L_{tb}^*$ , der theoretischen freien Ersatzstahllänge  $L_{app}^* = L_{tf}^* + L_e$  und der theoretischen Ersatzverbundstrecke  $L_{tb}^*$  wird nur für das Prüfprotokoll benötigt.



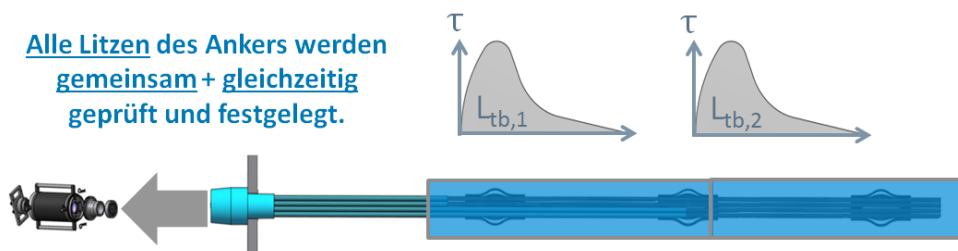
Der errechnete, theoretische Ersatzanker entspricht nicht dem realen Ankerzugglied! Die Längenangaben sind ausschließlich für das Prüfprotokoll und nicht für die Anker-Herstellung/ Einbau („Bohrprotokoll“) zu verwenden.



So kann der Staffelanker BBV-multibond® auf der Baustelle nicht nur beim Einbau (Bohren/Verpressen) sondern auch bei der Ankerprüfung und dem Spann- bzw. Festlegevorgang als „ein Anker“ betrachtet werden. Durch die spezielle Abstimmung der Steifigkeiten der Teilanker und die Verwendung des theoretischen Ersatzankers nach dem Prinzip BBV-multibond®, kann **der gesamte Staffelanker** d.h. der kurze Teilanker und der lange Teilanker **gemeinsam, normenkonform geprüft und festgelegt** werden.

### Prüfung des real vorhandenen Gesamtsystems!

Alle Litzen des Ankers werden gemeinsam + gleichzeitig geprüft und festgelegt.

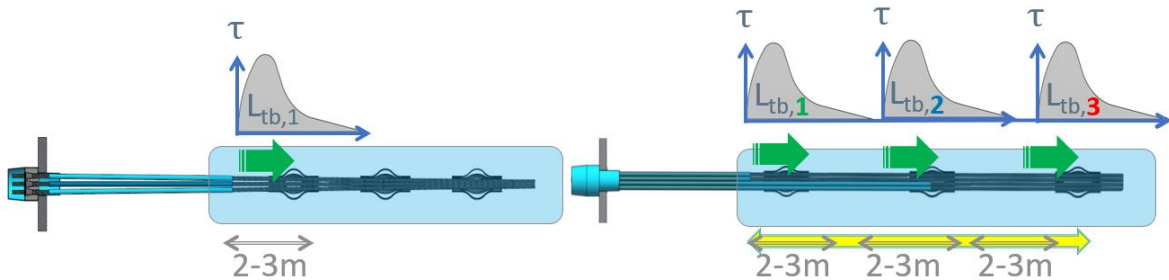


Unter Beachtung der Regeln für Entwurf, Ausführung und Prüfung, lassen sich durch Staffelanke BBV-multibond® gegenüber den klassischen Verpressankern wesentlich höhere Lasten sicher und planbar in vergleichbare Böden abtragen. Sind die Randbedingungen vergleichbar, erzeugen 2-fache Lasten, durch 2-fach aktivierte Mantelfläche folgerichtig ein vergleichbares Sicherheitsniveau.

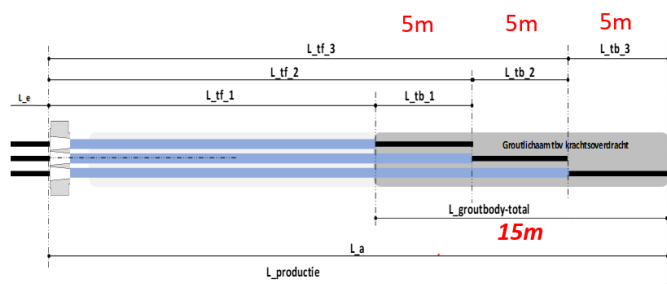
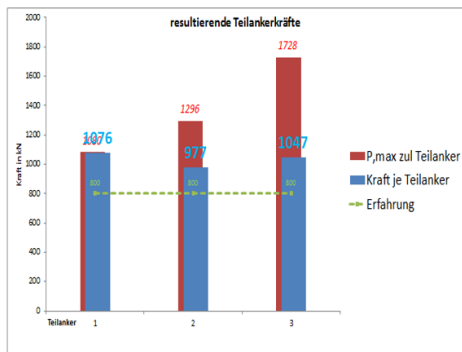
$$\text{Tragfähigkeit Staffelanke BBV-multibond}^{\circledR} \approx 2 \times \text{Tragfähigkeit Erfahrungsanker}$$

Die **Verdreifachung der Prüflast** durch 3-fach-gestaffelte Lasteinleitung wurde für das Staffelankeersystem BBV-multibond® bereits durch diverse Eignungsprüfungen und mehrere hundert Abnahmeprüfungen erfolgreich nachgewiesen und ausgeführt.

**klassischer Verpressanker**



„Zuidelijke Ringweg, Groningen“ (NL)



resultierende Teilankerkräfte		P <sub>P,max zul</sub> = 3110 kN
P <sub>ges, Erfahrung</sub>	800	P <sub>P,ges, Staffelanke</sub> 3100 kN
P <sub>ges, zul Teilanker</sub>	1080	
resultierend aus der gewählten Prüflast P <sub>P,gesamt</sub> Näherung rein elastisch!		
P <sub>P,kurzer Teilanker</sub>	1076 kN	
P <sub>P,mittlerer Teilanker</sub>	977 kN	
P <sub>P,langer Teilanker</sub>	1047 kN	

BBV-multibond® (3-fach) L-19 semi-permanent, (150mm<sup>2</sup>, 1660/1860) mit zusätzlichem Aufreißkonus (BBV-CR)

Das Sicherheitsniveau der Erfahrungsanker und der normativen Prüfungskriterien bleibt erhalten.

### 1.3 Systemvorteile

Der besondere **Vorteil des Staffelankersystems BBV-multibond®** gegenüber Systemen mit individuellem und zeitversetzten Prüfen/Spannen von Teilankern liegt in der Überprüfung des real vorhandenen Gesamtsystems mit herkömmlicher Pressentechnik ohne zusätzlichen Prüfaufwand. Das gleichzeitige und gleichförmige Einleiten der annähernd gleich großen Teilanker-Kräfte in den einen Verpresskörper verhindert unzulässige Scher-/Quer-Zugspannungen im Zementstein erzeugt eine Verstetigung der Lastverteilung.

#### Erhöhung der Sicherheit gegen Ankerversagen (bei konstanter Ankerlast)

- Bei **gleicher Ankerlast** aktiviert die Staffelung der Litzen die doppelte Lasteintragslänge im Verpresskörper. Bei gleichbleibendem Durchmesser des Verpresskörpers wird somit eine wesentlich größere Mantelfläche zur Lastabtragung herangezogen und die resultierende äußere Mantelreibung deutlich reduziert. Die daraus folgende Erhöhung (Verdopplung) des Herausziehwiderstandes **erhöht (verdoppelt) die Sicherheit gegen Versagen.**
- Inhomogenitäten des Baugrundes mit reduzierter Tragfähigkeit innerhalb der Verpressstrecke können innerhalb der längeren aktivierten Verankerungslänge durch Umlagerung besser kompensiert werden.
- Die Lastverteilung wird über die Länge des Verpresskörpers "verstetigt". Spannungsspitzen werden abgebaut / Die Rissverteilung wird homogenisiert.
- Die Rissbreite wird reduziert und der Korrosionsschutz verbessert.
- Keine Abweichungen / Zusatzaufwendungen / Änderungen der klassischen Herstellprozesse (Bohren/Verpressen/Prüfen/Spannen) auf der Baustelle erforderlich. Die Berechnung des Ersatzankers erfolgt vorab mit der Erstellung der Ausführungsplanung „im Büro“.

***Einfachheit = Sicherheit; „simply save“***

#### Erhöhung der Ankertragfähigkeit (bei konstanter Sicherheit)

- Bei **gleichem Sicherheitsniveau** wird durch die Staffelung der Litzen eine **Erhöhung (2-fach; 3-fach) des Ankertragfähigkeit** ermöglicht.
- Reduktion der Ankeranzahl / Ankerlagen (evtl. Vermeidung Ankerlage gegen „drückendes Grundwasser!)  
*[Bauzeit + Kosten]*
- Reduktion der Zwischenaushubebenen (abhängige Teil-Arbeitsschritte: Auflager herstellen/ Bohrebene/ Bohren/ (Nach-)Verpressen/ Aushärten/ Prüfen/ Festlegen/ kleinschrittiger Teilaushub) größter Einfluss auf Bauzeit! *[Bauzeit + Kosten]*
- Ersparnis Bohr-meter *[Bauzeit + Kosten]*
- *Ersparnis Transporte [Kosten]*
- Ersparnis Kampfmittelondierung *[Kosten + Sicherheit]*
- Ersparnis Entsorgung Bohrgut/Rückfluss *[Kosten]*
- Reduktion der Umsetzvorgänge / Einrichten Bohrgerät: *[Bauzeit + Kosten]*
- Ersparnis Anzahl Auflager / Durchdringungen Verbau (Fräsen/Kernen/Packer bei drückendem Grundwasser)  
*[Kosten + Sicherheit]*
- Reduktion des Setzungsrisikos durch Reduktion der Anzahl an „freien Ankerlängen“
- Reduktion des Kollisionsrisikos durch Reduktion der Ankeranzahl *[Sicherheit]*
- Ersparnis von Gestattungskosten (je Anker) *[Kosten]*
- Ersparnis Ankerrückbau / Entspannen *[Bauzeit + Kosten]*
- Entfall „Doppelanker“ *[Bauzeit + Kosten]*



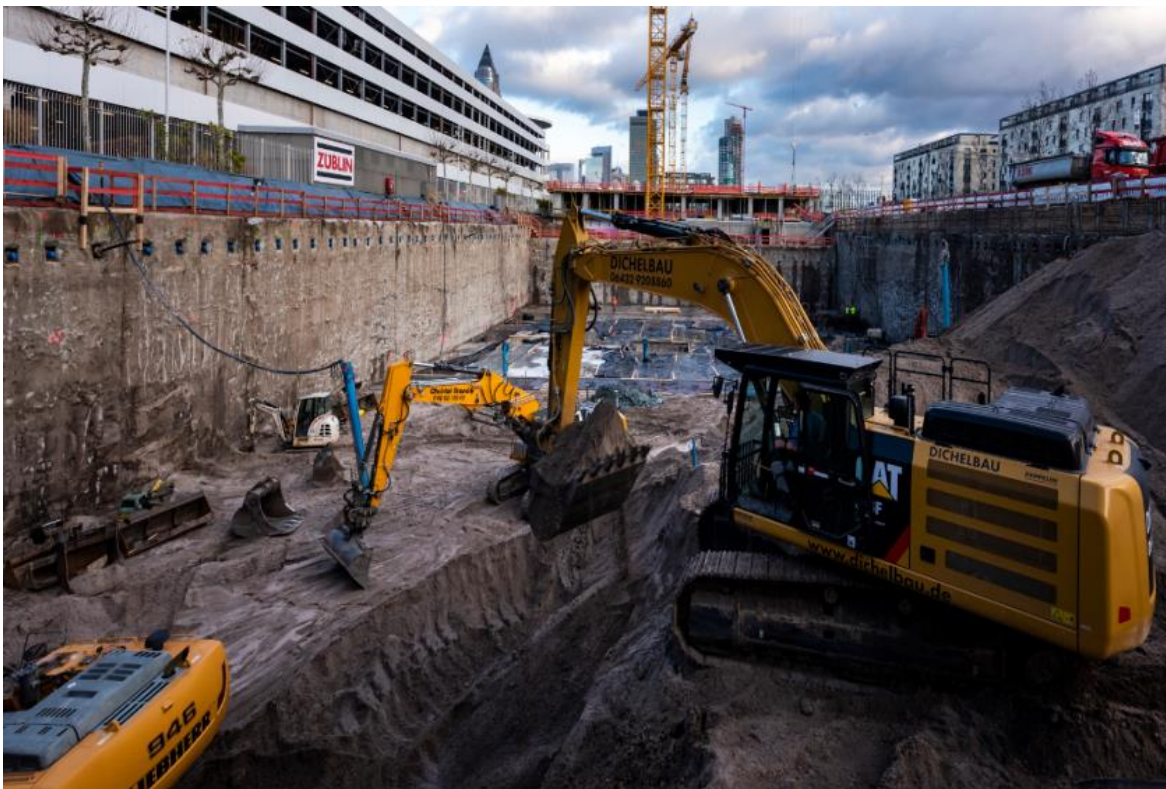
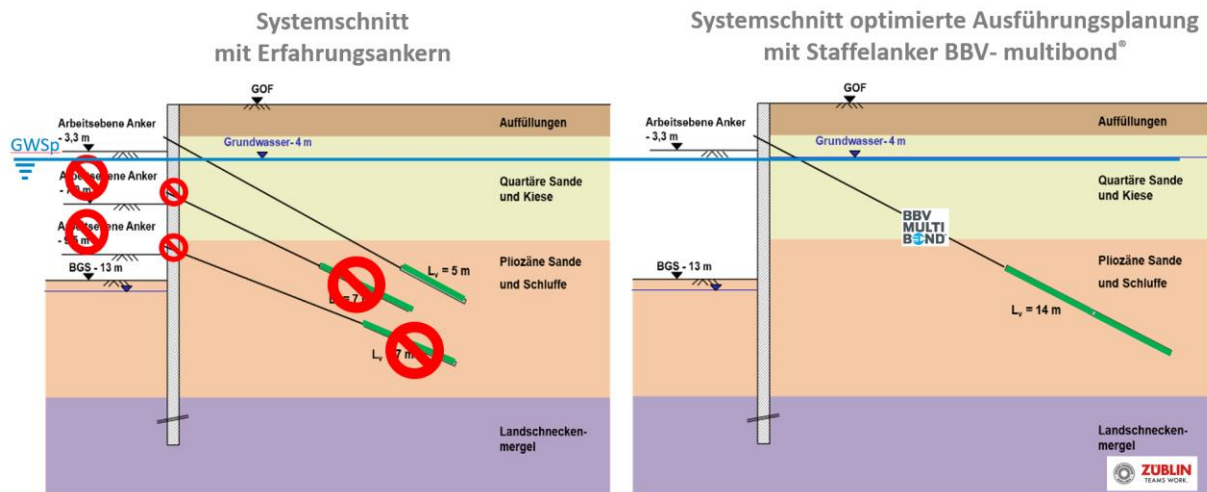
## 2 Ausführungsbeispiel

# DB Tower FFM: 13 m tiefe Baugrube mit nur einer Ankerlage unter besonderen geologischen Bedingungen

Dr.-Ing. Simon Meißner, Maximilian Kies (M. Eng.)  
Prof. Quick und Kollegen, Groß-Gerauer-Weg 1, 64295 Darmstadt

Dipl.-Ing. Markus Escher  
BBV Systems GmbH, Industriestraße 98, 67240 Bobenheim-Roxheim

Dipl.-Ing. Markus Wegerl  
Züblin Spezialtiefbau GmbH, Europa-Allee 50, 60327 Frankfurt am Main





### 3 Zulassung und normative Regelung

Die Bauart und Verwendung von Ankern wird in Deutschland über die DIN SPEC 18537:2017-11: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537:2014-07 geregelt. Eine eigenständige und zusätzliche Systemzulassung für Anker oder eine ZIE „Zustimmung im Einzelfall“ ist nur erforderlich, wenn die Norm eine Systemzulassung fordert, oder Anker in Bauart und oder Verwendung von den normativen Vorgaben abweichen.

Die Staffelung von freien Längen ist eine konstruktive Variante welche in der DIN EN 1537:2014-07 unter Punkt 8.4.5 geregelt ist. Eine gesonderte Systemzulassung ist nicht gefordert.

#### 8.4.5 Spannen von Verpressankern mit gestaffelten freien Längen

**8.4.5.1** Bei Verpressankern mit gestaffelten freien Längen muss der Spannvorgang besonders sorgfältig ausgeführt werden, um eine Überlastung jedes einzelnen Zuggliedes zu vermeiden.

ANMERKUNG Dies gilt im Besonderen für die Zugglieder mit kürzeren freien Längen.

**8.4.5.2** Der Spannvorgang muss so erfolgen, dass bei Erreichen der Prüfkraft die Kräfte in allen Zuggliedern gleich groß sind.

ANMERKUNG Nach dem Festlegen des Verpressankers und im Gebrauchszustand können die Spannungen in den einzelnen Zuggliedelementen leicht variieren.

Abbildung: Auszug aus DIN EN 1537:2014-07

Alle normativen Forderungen werden vom Anker Typ BBV-multibond® erfüllt. Die vorhandenen Zulassungen für temporäre und permanente BBV-Litzenanker gelten.

Unabhängig von der grundsätzlichen Zulassungspflicht für Bauteile und Systeme ist die Eignung aller Anker durch Prüfungen (Eignungsprüfungen) nachzuweisen. Auf jeder Ankerbaustelle ist eine Eignungsprüfung an drei Ankern durchzuführen. Bei Kurzzeitankern darf auf eine Eignungsprüfung verzichtet werden, wenn Ergebnisse von Eignungsprüfungen mit dem gleichen Ankersystem in vergleichbarem Baugrund und mit demselben Herstellungsverfahren vorliegen. Jeder Bauwerksanker ist einer normkonformen Abnahmeprüfung zu unterziehen.

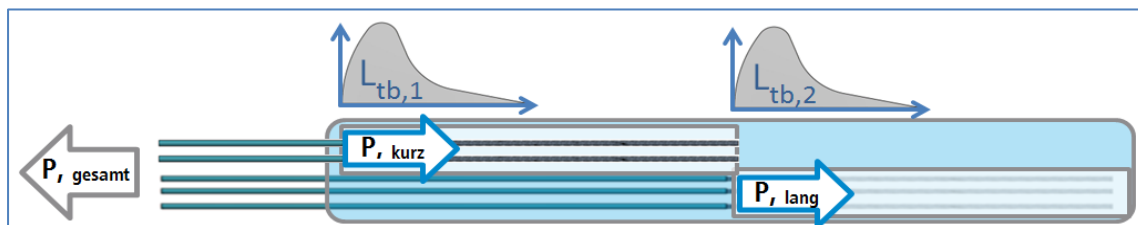
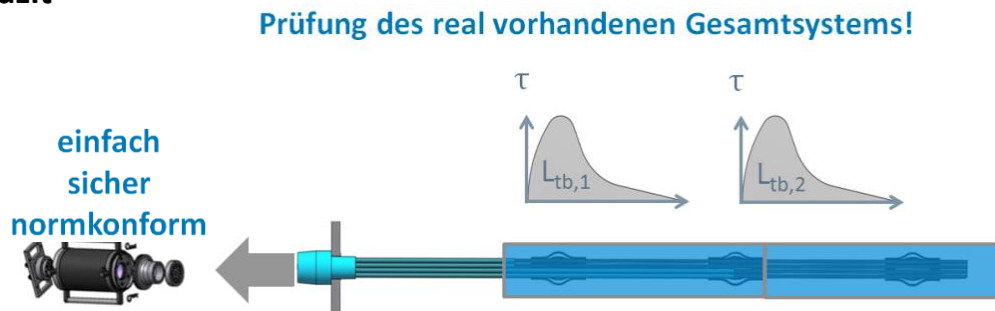


Abbildung: Teilankerkräfte des Staffelankers

## 4 Fazit



Das patentierte Staffelankersystem BBV-multibond® führt gegenüber klassischen Verpressankern sicher und normenkonform zu einer planbaren Aktivierung der „doppelten“ bzw. „dreifachen“ Ankertragfähigkeit.

Das Sicherheitsniveau der Erfahrungsanker und der normativen Prüfungskriterien bleibt erhalten.

Die Wirtschaftlichkeit und Ausführungsreife des Ankersystems BBV-multibond® ermöglicht eine deutliche Bauzeit-Ersparnis und Reduzierung der Ankerherstellkosten.

Das System eignet sich für temporäre, semipermanente und dauerhafte Verankerungen.

BBV-multibond® ist insbesondere für Bodenarten mit geringster (Anker-)Tragfähigkeit konzipiert, jedoch in allen Bodenarten und im Fels einsetzbar.

Ein gleichzeitiges und gemeinsames Spannen, Prüfen und Festlegen des gesamten Staffelankers ist mit herkömmlicher Pressentechnik möglich.

Es sind keine zusätzlichen Arbeitsschritte erforderlich.

Durch die Verstetigung des Lasteintrages wird nachweislich ein verbesserter Korrosionswiderstand erzielt.

Rückbaubare Ankersysteme vom Typ „BBV-PR“ (partiell-rückbaubar), als auch vom Typ „BBV-CR“ (komplett-rückbaubar) wurden bereits erfolgreich als Staffelanker ausgeführt.

Die Konformität zu den Vorgaben und Prüfkriterien der DIN EN1537 / SPEC18537 / SIA 267/1 wurde mehrfach nachgewiesen.



Dipl.-Ing. Markus Escher  
Leiter Geschäftsfeld Geotechnik

BBV Systems GmbH  
Industriestraße 98  
67240 Bobenheim-Roxheim