

# **EINSATZMÖGLICHKEITEN VON NÄGELN ZUR BÖSCHUNGSSICHERUNG UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES KORROSIONSSCHUTZES**

**Klaus Dietz, Stump Spezialtiefbau GmbH, Langenfeld**

## **1. EINLEITUNG**

Die Sicherung von Fels- und Lockergesteinsböschungen oder Baugrubenwänden mit Spritzbeton und Nägeln ist inzwischen ein bewährtes Bauverfahren. Vernagelungen werden immer häufiger als dauerhaftes Sicherungselement eingesetzt. Dabei gewinnt der Korrosionsschutz eine große Bedeutung. Anhand von Scherversuchen, die an der TU München durchgeführt worden sind, wird das Verhalten von doppelt korrosionsgeschützten Nägeln unter Querbeanspruchung erläutert. Schließlich werden praktische Ausführungshinweise zur konstruktiven Ausbildung von Vernagelungen im Lockergestein und Fels gegeben.

## **2. WIRKUNGSWEISE DER VERNAGELUNG**

### **2.1 Bodennägel**

Durch eine Bodenvernagelung wird die Zug- und Scherfestigkeit des Bodens erhöht, so daß der gesicherte Bodenkörper als monolithischer Block betrachtet und nachgewiesen werden kann. Die Verbesserung der Standsicherheit wird durch ein ausreichend dichtes Nagelraster und eine Spritzbetonaußenhaut erreicht. Aufgrund der Verbundwirkung sind die Verformungen der Nagelwände relativ gering. Sie liegen in der Größenordnung von 1‰ - 3‰ der Wandhöhe.

Die innere und äußere Standsicherheit des Bodenkörpers, auch in den einzelnen Bauzuständen, muß statisch nachgewiesen werden. Es sind folgende Standsicherheitsbetrachtungen durchzuführen:

- Gleitsicherheit innerhalb und außerhalb des vernagelten Bodenkörpers
- Kippsicherheit
- Grundbruchsicherheit
- Gleitkörperuntersuchungen

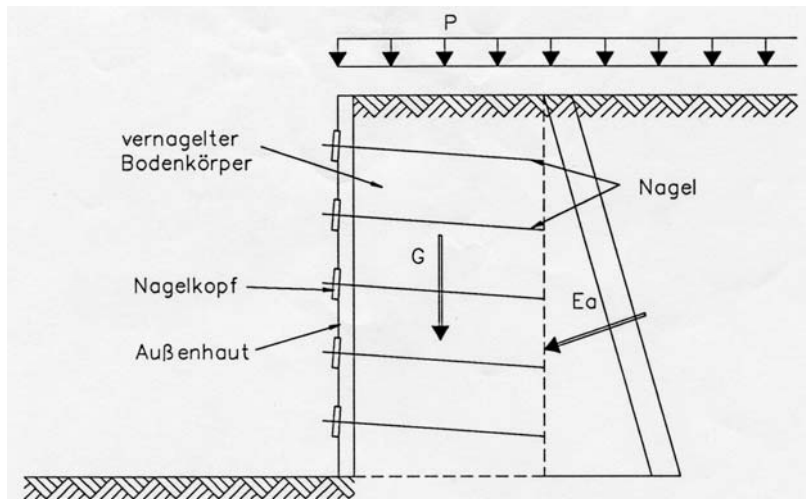


Abbildung 1: Standsicherheitsnachweis Bodenvernagelung

Die axialen Nagelkräfte liegen meist im Bereich von 50-250 kN je Nagel. Neben der axialen Nagelkraft werden Nägel auch meist auf Biegung beansprucht. Die äußere Tragfähigkeit der Nägel wird durch Probelastungen nachgewiesen.

## 2.2 Felsnägel

Im Fels treten diskrete Bewegungen an Trennflächen auf. Die Nägel wirken hier als Dübel. Bei der Öffnung einer Trennfläche in Richtung normal zu ihrer Oberfläche wird der Nagel nur auf Zug beansprucht. Bei Relativverschiebungen von Trennflächenuffern setzt der Nagel dieser Bewegung einen Widerstand entgegen. Erst durch die Verformungen werden die Nagelkräfte aktiviert. Die Berechnung der Nagelkräfte im Fels kann graphisch, nach empirischen Berechnungsverfahren oder anhand von Finite Element Berechnungen erfolgen.

## 3. KORROSIONSSCHUTZMAßNAHMEN FÜR DIE DAUERHAFTE ANWENDUNG VON NÄGELN

Für den Einsatz von Nägeln in Boden und Fels ist eine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich. Die Zulassungen unterscheiden zwischen vorübergehender (< 2 Jahre) und dauernder (> 2 Jahre) Nutzungszeit der Nägel.

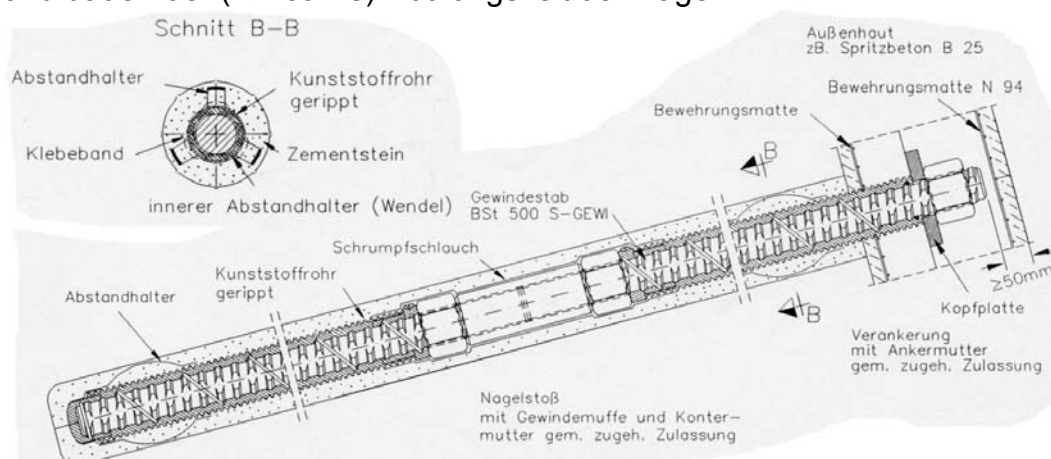


Abbildung 2: Dauernagel System Stump



Anlegen einer elektrischen Spannung geprüft. Bei einem Scherweg von ca. 15 mm rechtwinklig zur Nagelachse wurde ein schlagartiger Abfall der Spannung festgestellt. Anhand der Versuche ist damit nachgewiesen, daß für baupraktische Verformungen der doppelte Korrosionsschutz mit einem gerippten Kunststoffhüllrohr ausreichend funktionsfähig ist.

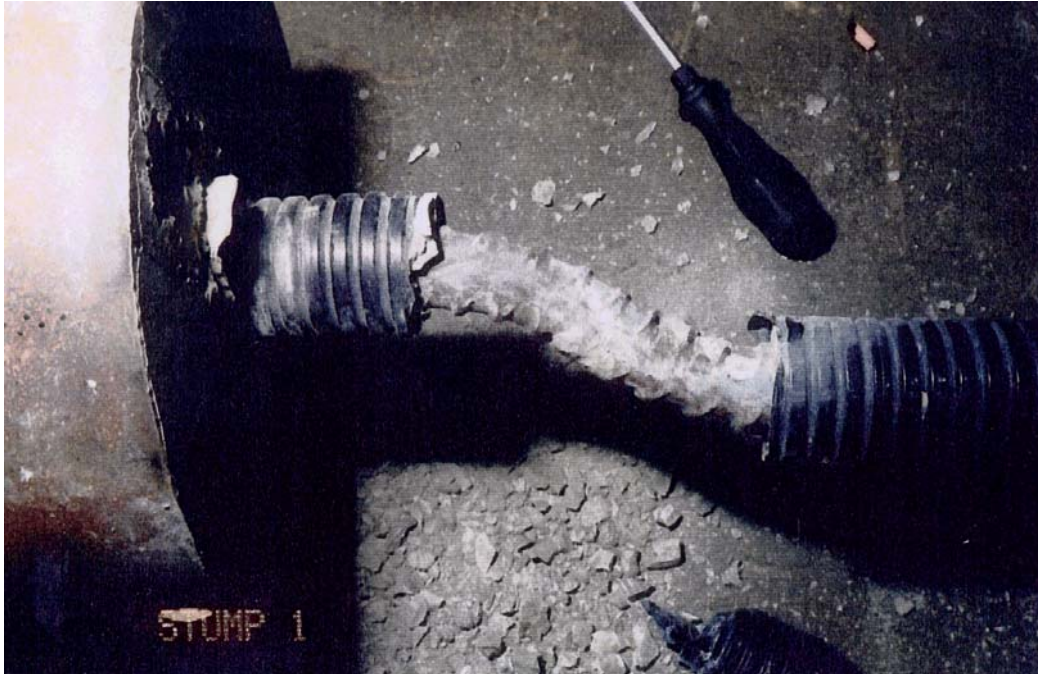


Abbildung 4: freigelegter Dauernagel nach Abscherversuch

## 5. AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

### 5.1 Universitätsklinik Würzburg

Die Baumaßnahme Universitätsklinik Würzburg ist ein sehr gutes Beispiel, um alle konstruktiven Details, die bei einer Bodenvernagelung beachtet werden sollten, vorzustellen:



Abbildung 5: Baugrubensicherung Universitätsklinik Würzburg

- sorgfältiges Fassen und Ableiten von Sickerwasser durch Dränagematten oder Abschlauungen
- zentrieren der Nägel im Bohrloch mit Abstandhaltern
- flächige Hinterfüllung der Nagelkopfplatten
- ausreichende Überdeckung des Nagelkopfes durch Mörtel oder Spritzbeton

## 5.2 Flaschenhals Koblenz

Die Dauersicherung am Flaschenhals Koblenz ist ein gutes Beispiel, um die Anpassungsfähigkeit der Boden- und Felsvernagelung vorzuführen. Die Lockergesteinsdeckschichten wurden gemäß den Berechnungsverfahren aus der Zulassung nachgewiesen. Im Felsbereich wurde die Ausrichtung der Nägel an des vorhandene Kluftsystem angepaßt.



Abbildung 6: Flaschenhals Koblenz

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Mit Boden- und Felsnägeln können Baugruben und Bauwerke bei genauer Beachtung der Zulassungsvorschriften und einer sorgfältigen Qualitätsüberwachung dauerhaft gesichert werden. Die Schutzhülle aus gerippten Kunststoffrohren gewährleistet, auch bei extremen Kluftverschiebungen, einen ausreichenden Korrosionsschutz. Es ist unverantwortlich, aus Kostengründen auf diese in der Ankertechnik bewährte Maßnahme zu verzichten. Nur mit einem geschlossenen Korrosionsschutzsystem können Bauschäden infolge Durchrostung vermieden werden.