

# **Tiefe Baugrube im Grundwasser**

Bauweise: Seitlich geankerte Spundwand mit verankerter  
Unterwasserbetonsohle

## **Diplomarbeit**

im Studiengang Bauingenieurwesen  
des Fachbereichs Bauwesen

an der

**HTWK Leipzig**

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (FH)

**Ing. Patrick Wagner**

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Roland Steube

Zweitprüfer:

BM Dipl.-Ing. Dietmar Hudritsch

Leipzig, Jahr 2006

## Kurzfassung

Gegenstand der hier vorgestellten Arbeit ist das Baulos H4-3 Stans. Dieses Bauvorhaben liegt im Bereich der Strecke „Eisenbahnachse Brenner, München – Verona. Die Grundwasserwanne und der Tunnel in offener und in bergmännischer Bauweise bilden das Herzstück dieses Bauabschnittes. Höchste Anforderungen werden hier an die Baugrubensicherungen und die dazugehörigen Wasserhaltungsmaßnahmen gelegt. Größtes Augenmerk ist dabei auf die weitestgehende Erhaltung der geohydrologischen Situation während der Errichtung, und im Endzustand der Baustelle gefordert.

Abgesehen von den seichten Bereichen am Anfang und am Ende der Wanne, in welchen das Bauwerk mit geböschten Baugruben hergestellt wird, erfolgt die Errichtung der Wanne beziehungsweise des Tunnels großteils im Schutze von umschlossenen, zurückverankerten Spundwandkästen, die nicht in die stauenden Schichten des Bodens reichen. Teilweise wird der Tunnel auch in bergmännischer Bauweise im Schutze einer DSV-Umschließung hergestellt.

Um eine trockene Baugrube zu erreichen, ist im Bereich der DSV-Sohlabdichtung eine begleitende Grundwasserhaltung mit innenliegenden Brunnen erforderlich. In den tieferen Abschnitten wurde anstelle der DSV-Sohlabdichtung mit Grundwasserhaltung eine verankerte Unterwasserbetonsohle hergestellt, womit einerseits eine Abdichtung der Sohle erfolgt, und andererseits die Spundwände im Sohlbereich eine Aussteifung erhalten.

In meiner Diplomarbeit behandle ich nur die Tiefe Baugrube mit der verankerten Unterwasserbetonsohle.

Bei diesen Spundwandsicherungen werden die tatsächlich aufgetretenen Verformungen mit den rechnerischen Verformungen aus der Statik verglichen, und Rückschlüsse daraus gezogen.

**Schlagwörter:** Baugrubensicherungen, Wasserhaltungsmaßnahmen, zurückverankerte Spundwandkästen, DSV-Umschließung, verankerte Unterwasserbetonsohle, Verformungen

## Abstract

The subject of my work-study is the construction site H4-3 Stans. The construction site is located on a stretch of the Brenner railway route between Munich and Verona.

The groundwater well of the tunnel, which is built in an open mining technique are the core parts of this construction method.

The top priorities for this site during construction are the security of the pit excavation itself and the water drainage measures needed. Primary attention during the construction is to ensure that the geological hydraulic situation remains in the best condition and is maintained upon completion of the project.

For the shallow areas at the start and the end of the well, an embankment will be constructed. The remainder of the well and the tunnel will be primarily protected by enclosed, anchored sheet wall piling, which doesn't reach the water tight level of the ground. Some parts of the tunnel will be built in a mined process using a DSV-enclosure.

In order to maintain a dry excavation it is necessary to install an internal drainage system including an inside well for proper drainage. In the deeper parts of the construction, under water anchored concrete plates are installed in order to achieve a watertight surface at the base, but also to support the structure of the sheet piled walls.

With this kind of process it is possible to measure any actual distortion and compare them with the calculated statistical distortion. The result of these variants leads to conclusions about problems and impacts.

**Keywords:** security of the excavation, dewatering measures, enclosed anchored sheet wall piling, DSV-enclosure, under water anchored concrete plates, distortion

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>8</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis (alphabetisch geordnet)</b> .....	<b>10</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>12</b>
<b>1 Beschreibung der Baustelle im Gesamtkonzept</b> .....	<b>13</b>
1.1 Beschreibung der Baustelle im Allgemeinen .....	14
1.1.1 Allgemeine Beschreibung der Geologie.....	14
1.1.2 Ingenieurgeologische Beschreibung der anstehenden Gesteine.....	16
<b>2 Baugrubenlösungsfindung für offene Bauweise</b> .....	<b>17</b>
2.1 Schlitzwand .....	17
2.2 Überschnittene Bohrpfahlwand .....	17
2.3 Verankerte Spundwand mit tiefliegender im Düsenstrahlverfahren (DSV) hergestellter Sohle .....	18
2.4 Verankerte Spundwand mit verankerter Unterwasserbetonsohle (UWBS) .....	19
2.5 Ausgeführte Lösungen.....	20
<b>3 Bauausführung Kasten 15 und Kasten 16 mit der seitlich geankerten Spundwand und verankerter Unterwasserbetonsohle</b> .....	<b>22</b>
3.1 Baugrube Kasten K 15.....	22
3.2 Baugrube Kasten K 16.....	26
<b>4 Beschreibung der Konstruktionsmerkmale der tiefen Baugrube</b> .....	<b>28</b>
4.1 Allgemeines.....	28
4.2 Bemessung von HZ-Spundwänden .....	33
4.3 Beschreibung der Anker für die Spundwandrückhängung.....	34
4.3.1 Anker VSL (Vorspannsystem Losinger).....	34
4.4 Beschreibung der verankerten Unterwasserbetonsohle (UWBS).....	36
4.4.1 Beschreibung der Herstellung der UWBS.....	36
4.4.2 Konstruktive Randbedingungen für Unterwasserbetonsohlen .....	38
4.4.3 Anforderungen an die Unterwasserbetonsohle (UWBS) .....	38

---

4.4.4	Allgemeine Planungsgrundsätze .....	38
4.4.5	Beschreibung des Zugpfahls.....	39
4.4.6	Bemessung der Unterwasserbetonsohle (UWBS) .....	40
4.4.7	Zusammensetzung des Beton für die Unterwasserbetonsohlen .....	41
<b>5</b>	<b>Anforderungen an die Baugrube .....</b>	<b>42</b>
5.1	Abdichtungskonzept .....	42
5.1.1	Abdichtung von der Baugrubeninnenseite nach außen .....	42
5.1.2	Abdichtung von außen nach innen .....	44
<b>6</b>	<b>Statische Ausarbeitung .....</b>	<b>45</b>
6.1	Beschreibung des statischen Systems.....	45
6.2	Lastannahmen.....	45
6.3	Erddruckberechnung.....	46
6.3.1	Aktiver Erddruck .....	46
6.3.2	Erhöhter aktiver Erddruck .....	47
6.3.3	Passiver Erddruck, Erdwiderstand.....	48
6.3.4	Erdruhedruck .....	48
6.3.5	Erddruckumlagerungen .....	48
6.4	Verformungen aus der Statik für Lastfall 2.....	49
6.5	Verformungen aus der Statik für Lastfall 3 .....	51
<b>7</b>	<b>Messprogramm und Lenzkonzept .....</b>	<b>54</b>
7.1	Beschreibung der Messprogramme .....	54
7.1.1	Autobahnmessquerschnitt - AMQ.....	54
7.1.2	Regelmessquerschnitt - RMQ.....	55
7.1.3	Vollmessquerschnitt - VMQ.....	56
7.1.4	Lageplan der Messquerschnitte .....	57
7.1.5	Verankerungen mit temporären Freispielankern bei den Baugruben.....	60
7.1.6	Verformung von verankerten Spundwänden.....	60
7.1.7	Verformung von unverankerten Spundwänden.....	60
7.1.8	Verformung der Unterwasserbetonsohle .....	60
7.1.9	Verankerung mit temporären Totmannankern bei den Baugruben .....	61
7.1.10	Höhenmäßige Lage von Geländemixpunkten .....	61
7.2	Lenzkonzept .....	61
7.2.1	Maßnahmen zur Überprüfung der Dichtheit der Sohle (Probelenzen).....	61
7.2.2	Restlenzen.....	62
<b>8</b>	<b>Qualitätsmanagementsystem für die Baugrubenherstellung .....</b>	<b>63</b>
8.1	Prüfungen der Anker für die Spundwandrückhängung .....	65
8.1.1	Allgemeines .....	66
8.1.2	Untersuchungsprüfung .....	66

8.1.3	Eignungsprüfung .....	66
8.1.4	Abnahmeprüfung .....	66
8.1.5	Prüfverfahren .....	66
8.1.6	Prüfverfahren 1 .....	67
<b>9</b>	<b>Grenzwerte .....</b>	<b>69</b>
9.1	Bei temporären Freispielankern .....	69
9.2	Bei einer verankerten Spundwand .....	69
9.3	Bei einer unverankerten Spundwand .....	69
9.4	Bei der Unterwasserbetonsohle (UWBS) .....	69
9.5	Bei temporären Totmannankern .....	70
9.6	Bei Geländefixpunkten .....	70
<b>10</b>	<b>Auswertung der Messungen .....</b>	<b>71</b>
10.1	Lastfall 2 – Spundwand verankert, Baugrube ausgehoben auf Endtiefe und geflutet bis auf Bemessungswasserspiegel .....	71
10.1.1	Tatsächliche Verformungen .....	71
10.2	Lastfall 3 – Spundwand verankert, Baugrube ausgehoben, Verankerte Unterwasserbetonsohle eingebaut und Baugrube gelenzt .....	72
10.2.1	Tatsächliche Verformungen VMQ 67 Süd (BGV V2 links) .....	72
10.2.2	Tatsächliche Verformungen VMQ 67 Nord (BGV V2 rechts) .....	73
10.3	Verformung der Unterwasserbetonsohle .....	73
10.3.1	Tatsächliche Verformungen der Unterwasserbetonsohle mit Hilfe eines „Stangenpunktes“ .....	73
10.4	Ablesung der Ankerkräfte über Kraftmessteller .....	76
10.4.1	Kontrolle der Ankerkräfte über Kraftmessteller .....	76
10.5	Vergleich der Ist - Verformungen zu den Soll Verformungen .....	77
10.5.1	Vergleich zwischen der Ist und der Soll Verformung für Lastfall 2 .....	77
10.5.2	Vergleich zwischen der Ist und der Soll Verformung für Lastfall 3 .....	77
10.5.3	Vergleich zwischen der Ist und der Soll Verformung der Unterwasserbetonsohle (Hebung) .....	78
10.6	Ergebnisse hinterfragen und erläutern .....	79
10.6.1	Interpretation der Ergebnisse für Lastfall 2 .....	79
10.6.2	Interpretation der Ergebnisse für Lastfall 3 .....	79
10.6.3	Interpretation der Ergebnisse für die Hebung der Unterwasserbetonsohle .....	80
10.7	Erkenntnisse für den weiteren Bauablauf .....	81
10.8	Allgemeine Aussagekraft dieser Ergebnisse .....	81
<b>11</b>	<b>Maßnahmenkatalog .....</b>	<b>82</b>
<b>Anhang A: Eigenschaften Spundwände .....</b>		<b>83</b>
<b>Anhang B: Eignungsprüfung Baugrubenanker (Spundwandrückhängung) .....</b>		<b>85</b>

---

<b>Anhang B1: Abnahmeprüfung Baugrubenanker (Spundwandrückhängung) .....</b>	<b>88</b>
<b>Anhang C: Abnahmeprüfung Auftriebsanker .....</b>	<b>89</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>91</b>
<b>Erklärung .....</b>	<b>92</b>