

Innkraftwerk Ering-Frauenstein  
Durchgängigkeit und Lebensraum  
Umgebungsgewässer - Insel-Nebenarmsystem  
- Anpassung Eringer Damm

Anlage 7.1  
Bericht Geotechnische Grundlagen

Innkraftwerk Ering-Frauenstein: Durchgängigkeit und Lebensraum  
Anlage 6.1: Erläuterungsbericht Standsicherheitsuntersuchungen  
Umgebungsgewässer (UG), Insel-Nebenarmsystem (INS) und Anpassung  
Eringer Damm

Stand

10.02.2016

SKI GmbH & Co.KG

Lessingstraße 9

D-80336 München

Berichtsart

Bericht Geotechnische Grundlagen

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Verwendete Unterlagen	4
2	Veranlassung	5
3	Überblick geologischer Aufbau	5
4	Datengrundlagen und Erkundungen	5
5	Geologie des Untergrunds / Bodenschichtung	6
6	Bodenkennwerte / Rechenwerte	6
6.1	Rechenwerte Durchsickerungs- und Böschungsbruchberechnungen	6
6.2	Grundlagen für die geohydraulischen Nachweise / Sieblinien	8

Tabellenverzeichnis	
Tabelle 1	Verwendete Bodenkennwerte der Bestandsbodenschichten ..... 7
Tabelle 2	Übersicht zu den vorhandenen Sieblinien ..... 8

## Verwendete Unterlagen

- [1] Standsicherheitsuntersuchungen Stauhaltungsdämme Innstauufen Ering / Eggfing (Projekt 13151); SKI GmbH + Co.KG, München, April 2012
- [2] IB Wölfle ZT GmbH – Standsicherheitsuntersuchungen 2001 und 2004 (Eingesehen im Archiv Töging damals E.On Wasserkraft; Grundlage für [1]).
- [3] ARCADIS Consult GmbH – Bericht: Standsicherheitsuntersuchungen Innstau-stufe Ering, 2006.
- [4] IB für Geotechnik Prof. Dr.-Ing. C. Slominski – Ergebnisse der Laborversuche Sanierung Deichstauanlage Ering / Eggfing, übergeben am 16.10.2013.
- [5] IFB Eigenschenk, Geotechnischer Bericht, Anpassungsmaßnahmen an den Stauhaltungsdämmen Ering-Frauenstein, Deggendorf am 23.04.2015.
- [6] IFB Eigenschenk, Geotechnischer Bericht, Neubau einer Fischaufstiegsanlage Ering-Frauenstein, Deggendorf am 10.09.2015
- [7] Crystal Geotechnik, Zusammenstellung Laborergebnisse am Staudamm Simbach, 2000.
- [8] Crystal Geotechnik, Prüfbericht zu bodenmechanischen Laborversuchen, Staudämme Braunau, Höft und Reikersdorf, 12.08.2002.
- [9] BPS - Boden und Baustoffprüfstellen am Amt der Salzburger Landesregierung, Prüfbericht zu Laboruntersuchungen, Staudamm Reikersdorf, 26.08.1999.
- [10] BPS - Boden und Baustoffprüfstellen am Amt der Salzburger Landesregierung, Prüfbericht zu Laboruntersuchungen, Staudamm Höft, 26.08.1999.
- [11] BPS - Boden und Baustoffprüfstellen am Amt der Salzburger Landesregierung, Prüfbericht zu Laboruntersuchungen, Staudamm Braunau, 26.08.1999.
- [12] bvfs - Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg, Prüfbericht zu Laboruntersuchungen, Staudämme Höft, Reikersdorf und Braunau, Salzburg, 12.06.2002.
- [13] bvfs - Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg, Prüfbericht zu Laboruntersuchungen, Staudämme Höft, Reikersdorf und Braunau, Salzburg, 15.07.2002.

## 2 Veranlassung

Für nachfolgende Entwurfs- und Genehmigungsplanungen wurden Standsicherheitsuntersuchungen durchgeführt.

1. Innkraftwerke Ering Frauenstein - Durchgängigkeit und Lebensraum, Umgehungsgewässer - Insel-Nebenarmsystem - Anpassung Eringer Damm;
2. Innkraftwerke Ering Frauenstein - Dammanpassung Simbacher Dämme;
3. Innkraftwerke Ering Frauenstein - Dammanpassung Österreichischer Dämme.

Die Grundlagen für den Ansatz der Bodenschichtung im Dammbereich und der Bodenkennwerte werden nachfolgend dargestellt.

Für das Untersuchungsgebiet liegen verschiedene Baugrundaufschlüsse, geotechnische Gutachten und Standsicherheitsberechnungen vor. Der vorliegende Bericht Geotechnik gibt einen Überblick über die vorhandenen Unterlagen, die geotechnische Situation und die für die Standsicherheitsuntersuchungen maßgebenden Bodenparameter.

## 3 Überblick geologischer Aufbau

Die Stauhaltungsdämme und Deiche bestehen überwiegend aus sandigem Kies und Grobkies der größtenteils mitteldicht gelagert ist.

Unterhalb des Dammkörpers befindet sich eine unterschiedlich mächtige Aueschicht. Nach der geologischen Karte von Bayern im Maßstab 1: 500.000 liegen am Untersuchungsstandort Ablagerungen im Auenbereich vor, welche dem Jungholozän zugeordnet werden können. Die Ablagerungen liegen zum Teil als Mergel, Lehm, Sand, Kies und zum Teil als Torf vor.

Die darunter liegenden quartären Kiese und Sande sind überwiegend locker bis mitteldicht gelagert und weisen eine Mächtigkeit von mehreren Metern auf. Die tiefer liegenden tertiären Bodenschichten (Flinz) bestehen überwiegend aus Feinsand und sind mit zunehmender Tiefe erst mitteldicht und dann dicht bis sehr dicht gelagert.

Das linke Vorland unterhalb der Staustufe Ering Frauenstein liegt im Überschwemmungsgebiet des Inn. Oberflächennah wurden hier Flussablagerungen (Schwemmsande) jüngerer Hochwasserereignisse angetroffen. Die Unterkante dieser Bodenschicht liegt bei maximal 2 m untere Geländeoberkante. Hauptsächlich handelt es sich dabei um schwach schluffige bis schluffige teils feinsandige Kiese (siehe Anlage 7.4).

## 4 Datengrundlagen und Erkundungen

Die Staustufe Ering-Frauenstein wurde um das Jahr 1940 errichtet. Aus dieser Zeit liegen Längsschnitte mit Darstellung des Urgeländes in den Dammachsen und den Höhenverlauf der dichten tertiären Schicht vor.

In der Zeit zwischen 1994 und 2003 wurden an den Dämmen verschiedene Sanierungsmaßnahmen geplant und durchgeführt. Nachfolgende Aufzählung gibt einen Überblick über die dabei durchgeführten Baugrundaufschlüsse:

- Bohrungen Eder 1994;
- Bohrungen GMZ-Bohr 1999;
- Bohrungen GMZ-Bohr 2001;
- Bohrungen 2002 (Pegelausbau Simbach);
- Bohrungen Schützeichel KG 2002;
- Schürfen 2003 (Geo 4 GmbH).

Aus diesen Baugrundaufschlüssen wurden verschiedenste Bodenproben entnommen und durch Laborversuche ausgewertet (siehe Anlage 7.5 bis 7.11)

Im Rahmen der vorliegenden Planung wurden folgende zur durchgehenden Erkundung der unter den Dammkörpern liegenden Aueschicht weitere Schürfen durchgeführt:

- Schürfen 2013 (SKI GmbH + Co.KG, 20 Schürfe an den Dämmen der Staustufen Ering und Eggfing, siehe auch Anlage 7.2);
- Schürfen 2015 (SKI GmbH + Co.KG; IFB Eigenschenk, 28 Schürfe an den Dämmen der Staustufe Ering-Frauenstein, siehe auch Anlage 7.3);
- Schürfen 2015 (IFB Eigenschenk, 5 Schürfen am Staudamm Ering und 6 Schürfen im linken Vorland unterstrom der Staustufe, siehe Anlage 7.4).

## 5 Geologie des Untergrunds / Bodenschichtung

Gemäß den Forderungen der DIN 4020 liegen Aufschlüsse im Abstand von maximal 200 m für alle Stauanlagen vor.

Alle Bodenaufschlüsse sind in ihrer Lage und Höhe in den Längsschnitten der Anlage 3 dargestellt. Die Bodenschichtung unter den einzelnen Dämmen wird aus den einzelnen Baugrundaufschlüssen durch lineare Interpolation abgeleitet.

Die Bodenschichtung für den Bereich unterstrom der Staustufe ist in Anlage 7.4 dargestellt.

## 6 Bodenkennwerte / Rechenwerte

### 6.1 Rechenwerte Durchsickerungs- und Böschungsbruchberechnungen

Sofern Bodenkennwerte aus früheren Untersuchungen vorliegen, werden diese, sofern sie plausibel erscheinen, angesetzt. Hauptsächlich werden die Bodenkennwerte der Standsicherheitsuntersuchungen des Ingenieurbüros Wölfle ZT GmbH [2] und der ARCADIS Consult GmbH [3] verwendet.

Zur Bestimmung der für die Standsicherheitsberechnungen bedeutsamen Bodenkennwerte der Auelehmschicht wurden in [1] 20 Baggerschürfe durchgeführt und aus jedem Schurf zwei ungestörte Zylinderproben entnommen. Diese wurden

anschließend an das Ingenieurbüro für Geotechnik von Prof. Dr.-Ing. Slominski für folgende Untersuchungen übergeben:

- Bodenansprache nach DIN 4022 bzw. DIN EN ISO 14688-1 und -2
- Sieb- bzw. Schlämmanalyse nach DIN 18123
- Scherversuch nach DIN 18137-3

Die Proben wurden anhand der Sieb- und Schlämmanalysen in 6 charakteristische Gruppen eingeteilt. Die Ermittlung der Scherparameter erfolgte dann an jeweils einer repräsentativen Probe dieser 6 Gruppen. Das Gutachten von Prof. Dr.-Ing. Slominski befindet sich in Anlage 7.2.

Die bei den Standsicherheitsuntersuchungen verwendeten Bodenkennwerte sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 1 Verwendete Bodenkennwerte der Bestandsbodenschichten

Schicht	$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'$	$c'$	$k_{f,h}$ $k_{f,v}$	Quelle
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m/s]	
Wegaufbau, Krone	22	13	40	0	$1,0 \cdot 10^{-3}$	[1]
Wegeaufbau, Hinterweg	20	10	32,5	0	$1,0 \cdot 10^{-5}$	
Oberboden	17	8	20	5	nicht angesetzt	[1]
Deich- /Dammkörper	19	10	35	0	$1,0 \cdot 10^{-3}$	[6]+[7]
Dammerhöhung (Bestand)	20	10	35	0,0	$1,0 \cdot 10^{-3}$	[6]+[7]
Oberflächendichtung, Beton	25	15	45	30	$1,0 \cdot 10^{-8}$	[1]
Spundwand	25	15	45	100	$1,0 \cdot 10^{-7}$	[1]
Schmalwand	25	15	45	30	$4,0 \cdot 10^{-7}$	[1]
Anlandung, Sediment	15	7	20	0	$2,0 \cdot 10^{-5}$ $1,0 \cdot 10^{-5}$	[1]
Schwemmsande	18	10	26	0	$2,5 \cdot 10^{-5}$	[4]+[6]
Aueschicht, schluffiger Feinsand	18	10	26	0	$2,5 \cdot 10^{-5}$	[4]
quartäre Kiese/Sande (GW-Leiter)	20	10	32,5	0	$1,5 \cdot 10^{-3}$ $1,5 \cdot 10^{-4}$	[6]+[7]
tertiäre Tone/Sande („Flinz“)	20	11	27,5	0	$1,0 \cdot 10^{-7}$	[6]
Drainagekörper	20	11	35	0	$5,0 \cdot 10^{-2}$	[1]
Kiesandeckung Sickergraben	20	11	35	0	$5,0 \cdot 10^{-2}$	[1]
Defekte Dränage Fehlstelle	Werte variieren in Abhängigkeit der anliegenden Bodenschichten, siehe Festlegungen im Lastenheft (Anlage 6.2) sowie Sickerlinien- und Böschungsbruchberechnungen in den Anlagen 6.4 und 6.5.					

Bei den statischen Nachweise des Umgehungsgerinnes/ Fischaufstiegsanlage wurden für die Schwemmsande auf der "sicheren Seite " liegend gemäß dem Gutachten von Prof. Slominski [4] die etwas schlechteren Bodenkennwerte der Aueschicht verwendet.

## 6.2 Grundlagen für die geohydraulischen Nachweise / Sieblinien

Für die geohydraulischen Nachweise wurden zuerst alle aus älteren Untersuchungen vorliegenden Sieblinien zusammengestellt. Im Rahmen der 2015 durchgeführten Schürfen (siehe Anlage 7.3<sup>1</sup>) wurden weitere Sieblinien erstellt, so dass als Grundlage für die geohydraulischen Nachweise je Dammbereich mindestens 3 Sieblinien jeder Bodenschicht (Dammschüttung, Auelehm und quartäre Kiese) vorliegen.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die vorhandenen Sieblinien und Ihre Herkunft. Alle Sieblinien liegen der jeweiligen Genehmigungsplanung in den Anlagen 7.2 bis 7.11 bei.

Tabelle 2 Übersicht zu den vorhandenen Sieblinien

Entnahmestelle	Probenummer	Bodenschicht	Herkunft (Anlagennummer)
ER-2	BS1/E1	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-2	BS1/E2	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-2	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-2	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-5	BS1/E1	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-5	BS1/E2	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-5	BS1/E3	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-5	BS1/E4	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-6	BS1/E1	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-6	BS1/E2	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-6	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER-6	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
ER	A05436	Auelehm	(unbekannt)
ER	13003-29	Auelehm	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
ER	13003-30	Auelehm	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
SIM-2	BS1/E1	Auelehm	Schürfen 2015, IFB (7.3)
SIM-2	BS1/E2	Auelehm	Schürfen 2015, IFB (7.3)
SIM-2	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
SIM-2	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
SIM	56.124 links	Quartär	Crystal Geotechnik 2000 (7.4)
SIM	56.4 links	Quartär	Crystal Geotechnik 2000 (7.4)
SIM	56.8 links	Quartär	Crystal Geotechnik 2000 (7.4)
SIM	56.8 links	Quartär	Crystal Geotechnik 2000 (7.4)
SIM	57.6 links	Dammschüttung	Crystal Geotechnik 2000 (7.4)
SIM	57.6 links	Dammschüttung	Crystal Geotechnik 2000 (7.4)
SIM	13003-21	Auelehm	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
SIM	13003-22	Auelehm	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
SIM	13003-23	Auelehm	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)

<sup>1</sup> In der Anlage befinden sich der Bericht (Textteil) mit den Anlagen 2.6 (Bodenprofile) und 4 (Sieblinien). Die restlichen Anlagen können auf Verlangen nachgereicht bzw. bei der Innwerk AG eingesehen werden.



<b>Entnahmestelle</b>	<b>Probenummer</b>	<b>Bodenschicht</b>	<b>Herkunft (Anlagennummer)</b>
SIM	13003-24	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
SIM	13003-25	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
FRA-1	BS1/E1	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-1	BS2/E1	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-1	BS2/E2	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-1	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-2	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-3	BS2/E1	Schwemmsande	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-3	BS2/E2	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-4	BS3/E2	Quartäre	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-5	BS1/E1	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-5	BS1/E2	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-5	BS2/E1	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-5	BS2/E2	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-5	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-5	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-6	BS1/E1	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-6	BS1/E2	Dammschüttung	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-6	BS2/E1	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-6	BS2/E2	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-6	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
FRA-6	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-2	BS2/E1	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-2	BS2/E2	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-2	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-2	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-5	BS2/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-5	BS2/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-7	BS1/E1	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-7	BS1/E2	Auelehme	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-7	BS2/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK-7	BS2/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
REIK	13003-11	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
REIK	13003-12	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
REIK	18477	Dammschüttung	BVFS 2002_REIK (7.9)
REIK	18478	Dammschüttung	BVFS 2002_REIK (7.9)
REIK	MP 1/1	Dammschüttung	Crystal Geotechnik 2002 (7.5)
REIK	MP 2/1	Dammschüttung	Crystal Geotechnik 2002 (7.5)
REIK	29187/1	Dammschüttung	BPS 1999-REIK (7.6)
REIK	29187/2	Dammschüttung	BPS 1999-REIK (7.6)
REIK	29187/3	Quartär	BPS 1999-REIK (7.6)
REIK	29188	Quartär	BPS 1999-REIK (7.6)
MATR	13003-13	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
MATR	13003-14	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
MATL-2	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
MATL-2	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
HÖFT	13003-17b	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
HÖFT	13003-18	Auelehme	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
HÖFT	29178/1	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)

<b>Entnahmestelle</b>	<b>Probenummer</b>	<b>Bodenschicht</b>	<b>Herkunft (Anlagennummer)</b>
HÖFT	29178/2	Auelehm	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29178/3	Quartär	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29179/1	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29179/2	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29179/3	Auelehm	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29180/1	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29180/2	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29180/3	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29180/4	Quartär	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29181/1	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29181/2	Quartär	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29179/1	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29179/2	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29179/3	Auelehm	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29175/1	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29175/2	Auelehm	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29175/3	Quartär	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29176/1	Quartär	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29176/2	Quartär	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29177/1	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29177/2	Dammschüttung	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29177/3	Auelehm	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	29177/4	Quartär	BPS 1999-HÖFT (7.7)
HÖFT	18604	Dammschüttung	BVFS 2002_HÖFT (7.10)
HÖFT	18605	Dammschüttung	BVFS 2002_HÖFT (7.10)
HÖFT	18606	Dammschüttung	BVFS 2002_HÖFT (7.10)
HÖFT	19607	Dammschüttung	BVFS 2002_HÖFT (7.10)
BRA-1	BS1/E1	Auelehm	Schürfen 2015, IFB (7.3)
BRA-1	BS1/E2	Auelehm	Schürfen 2015, IFB (7.3)
BRA-1	BS3/E1	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
BRA-1	BS3/E2	Quartär	Schürfen 2015, IFB (7.3)
BRA	13003/19	Auelehm	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
BRA	13003/20	Auelehm	Schürfen 2013, Slominsky (7.2)
BRA	29182/1	Dammschüttung	BPS 1999-BRA (7.8)
BRA	29182/2	Quartär	BPS 1999-BRA (7.8)
BRA	29184/1	Dammschüttung	BPS 1999-BRA (7.8)
BRA	29184/2	Auelehm	BPS 1999-BRA (7.8)
BRA	29185	Dammschüttung	BPS 1999-BRA (7.8)
BRA	29186/1	Dammschüttung	BPS 1999-BRA (7.8)
BRA	29186/2	Quartär	BPS 1999-BRA (7.8)