

Prüftechnik ZDL GmbH ♦ Mühlenschweg 5 ♦ 49090 Osnabrück

Frau
Maria Anna Meyer zu Mecklendorf
Am Hühneberg 12
49170 Hagen a. T. W.

Prüftechnik ZDL GmbH
Umwelt und Baugrund
Zielinski ♦ Driemeier ♦ Lünne

Ludger Lünne
☎ (0541) 40 696 13, Fax: 40 696 20
mobil 0171 / 768 40 39
e-mail: l.luenne@prueftechnik-zdl.de

Osnabrück, 14. Februar 2011

Geotechnische Untersuchung der Stauanlage „Teutoburger Waldsee“, Am Hühneberg in 49170 Hagen a. T. W.

**Ergänzende Betrachtungen
zur exemplarischen Untersuchung der Sickerlinie und Standsicherheit
(ZDL-Bearbeitungsnummer 11272 - E1)**

Vorbemerkungen

Die Prüftechnik ZDL GmbH, Osnabrück, führte im Auftrag von Frau Maria Anna Meyer zu Mecklendorf, eine geotechnische Untersuchung des Erddammes der Stauanlage „Teutoburger Waldsee“ durch. Unsere Gesellschaft wurde nunmehr über das zuständige Planungsbüro IPW aus Wallenhorst beauftragt, auf Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse (s. Gutachterliche Stellungnahmen 01.71.7236.01 vom 06.02.2001, 11272 - 1 vom 05.02.2010 und 11272 - Ülb vom 08.03.2010) ergänzende Betrachtungen zur exemplarischen Untersuchung der Sickerlinie und Standsicherheit des Erddammes anzustellen.

Standsicherheitsnachweise mit Gesamtsicherheitsbeiwerten

Die DIN 19700-11 gibt für die Sicherheitsnachweise von Tragwerken Gesamtsicherheitsbeiwerte an. Die erdstatischen Berechnungen zur Standsicherheit wurden im Februar 2010 mit Teilsicherheitsbeiwerten gemäß der Neufassung der DIN 1054 durchgeführt, was gemäß DIN 19700-11, Abschnitt 7.1.2.1, auch zulässig ist. Im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse werden hier ergänzend die Berechnungen mit Gesamtsicherheiten nachgereicht. Die Berechnungen betreffen die Situationen „Wasserstand zum Untersuchungszeitpunkt“ und „maximales Stau- und Einleiteziel“ für die See- und die Luftseite der vier betrachteten Profile A - D. Die Standsicherheiten wurden mit dem Lamellenverfahren mit kreisförmigen Gleitflächen nach DIN 4084 berechnet. Die Gleitkreisdarstellungen sind in der Anlage zu ersehen. Die Bezeichnung der Anlagen (1.3, 2.3, 3.3 und 4.3) wurde analog zur Bezeichnung in der Gutachterlichen Stellungnahme vom 05.02.2010 gewählt.

In der DIN 19700-11 wird zwischen verschiedenen Bemessungssituationen unterschieden. Diese hängen vom Lastfall und von den Tragwerkswiderstandsbedingungen ab. Den Bemessungssituationen sind Gesamtsicherheitsbeiwerte zugeordnet. Die im gegebenen Fall jeweils einzuhaltende Sicherheit richtet sich nach dem Bemessungsfall I und beträgt für den Lastfall 1 laut DIN 19700-11 $\eta_{\min} = 1,3$. Wird die Sicherheit des Bemessungsfalles I nach DIN 19700-11 nachgewiesen, sind auch die erforderlichen Sicherheiten für niedrigere Wasserstände erbracht.

Die Wasserstände des Stauziels (93,85 mNN) und des höchsten Stauziels (94,30 mNN) liegen lediglich 0,45 m auseinander. Aus diesem Grund wird bei einem schnellen Anstieg des Seewasserspiegels um diesen Betrag keine ungünstiger verlaufende Sickerlinie als beim höchsten Wassereinstau resultieren und deshalb auch keine ungünstigere Standsicherheit als beim betrachteten höchsten Stauziel eintreten, so dass eine weitere Betrachtung dieser Situation u. E. nicht notwendig wird. Der Ansatz von Erdbeben kann aufgrund der geografischen Lage entfallen.

Als max. Wasserstand im Schöningsteich wird mit „91,40 mNN“ angesetzt.

Profil A

Die mittels der vier Standsicherheitsberechnungen bestimmten Böschungsbruchsicherheiten sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und erreichen jeweils die Anforderung von $\eta_{\min} \geq 1,3$.

Tabelle 1: Zusammenstellung der vorhandenen Sicherheiten „Profil A“

Bereich	Wasserstand See [mNN]	Wasserstand „Teich 2“ [mNN]	$\eta_{\min}$
Seeseite	94,10 (09./10.12.2008)	91,30 (09./10.12.2008)	1,49
	94,30 (maximales Einstauziel)	91,40 (maximales Einstauziel)	1,53
Luftseite	94,10 (09./10.12.2008)	91,30 (09./10.12.2008)	1,51
	94,30 (maximales Einstauziel)	91,40 (maximales Einstauziel)	1,41

Profil B

Die mittels der vier Standsicherheitsberechnungen bestimmten Böschungsbruchsicherheiten sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und erreichen jeweils die Anforderung von $\eta_{\min} \geq 1,3$.

Tabelle 2: Zusammenstellung der vorhandenen Sicherheiten „Profil B“

Bereich	Wasserstand See [mNN]	Wasserstand „Teich 2“ [mNN]	$\eta_{\min}$
Seeseite	94,04 (01.2001) / 94,07 (01.2001)	91,30 (01.2001 + 12.2008)	1,67
	94,30 (maximales Einstauziel)	91,40 (maximales Einstauziel)	1,67
Luftseite	94,04 (01.2001) / 94,07 (01.2001)	91,30 (01.2001 + 12.2008)	1,67
	94,30 (maximales Einstauziel)	91,40 (maximales Einstauziel)	1,66

Profil C

Die mittels der vier Standsicherheitsberechnungen bestimmten Böschungsbruchsicherheiten sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und erreichen jeweils die Anforderung von $\eta_{\min} \geq 1,3$.

Tabelle 3: Zusammenstellung der vorhandenen Sicherheiten „Profil C“

Bereich	Wasserstand See [mNN]	Wasserstand „Teich 2“ [mNN]	$\eta_{\min}$
Seeseite	94,08 (10.12.2008)	91,20 (10.12.2008)	1,51
	94,30 (maximales Einstauziel)	91,40 (maximales Einstauziel)	1,56
Luftseite	94,08 (10.12.2008)	91,20 (10.12.2008)	2,10
	94,30 (maximales Einstauziel)	91,40 (maximales Einstauziel)	1,78

Profil D

Die mittels der vier Standsicherheitsberechnungen bestimmten Böschungsbruchsicherheiten sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und erreichen jeweils die Anforderung von $\eta_{\min} \geq 1,3$.

Tabelle 4: Zusammenstellung der vorhandenen Sicherheiten „Profil D“

Bereich	Wasserstand See [mNN]	Wasserstand „Grenzgraben„ [mNN]	$\eta_{\min}$
Seeseite	94,07 (10.12.2008)	91,32 (10.12.2008)	1,34
	94,30 (maximales Einstauziel)	92,00 (Hochwasserstand)	1,39
Luftseite	94,07 (10.12.2008)	91,32 (10.12.2008)	1,58
	94,30 (maximales Einstauziel)	92,00 (Hochwasserstand)	1,48

Gemäß den an vier Profilschnitten durchgeführten exemplarischen Untersuchungen ist unter Berücksichtigung der aktuellen Planungsdaten, insbesondere des höchsten Einstauziels des Teutoburger Waldsees von 94,30 mNN, keine Besorgnis einer aktuellen oder zukünftigen Standsicherheitsgefährdung der Stauanlage infolge der Sickerwasserdurchströmung bis zum höchsten Seewassereinstau ableitbar.

Qualmwasser

Im Rahmen der Geotechnischen Untersuchung erfolgten mehrere Begehungen des Erddammes mit „Inaugenscheinnahme“ der Böschungen des Landschaftswalles und der Böschungen zu den Teichen. Hinweise auf Austritte von Sickerwasser (sogenanntes Qualmwasser) und/oder auf Verformungen der Böschungen infolge von Standsicherheitsbeeinträchtigungen wurden nicht ersichtlich.

Körnungslinie

Dieser Stellungnahme liegen in der Anlage die vier Körnungslinien, die im Rahmen der Stellungnahme vom 06.02.2001 mittels Nasssiebung nach DIN 18123 bestimmt wurden, bei.

Baustellenverkehr

Sämtliche vom erforderlichen Baustellenverkehr genutzten Fahr- und Bewegungsflächen sind mit einer mindestens 50 cm starken ungebundenen Tragschicht zu befestigen. Die Befestigung der vorhandenen Umfahrung ist dabei in erforderlicher Stärke zu ergänzen. Bereiche, die zuvor nicht mit einer Befestigung versehen waren, sind vom ggf. vorhandenen humosen Oberboden zu befreien. Im Rahmen einer Baugrundabnahme sind dann die Maßnahmen zur Planumsherrichtung (Verdichtung, Verbesserung etc.) durch den Gutachter festzulegen. Zur Ergänzung der vorhandenen bzw. zur Neuerstellung der ungebundenen Befestigungsschichten ist korn- und raumstabiler sowie verunreinigungsfreier (Einbauklasse 0 gemäß LAGA-Merkblatt) Schotter der Körnung 0/45 bzw. 0/56 nach ZTV SoB-StB zu nutzen. Der Einbau ist lagenweise mit ca. 0,25/0,30 m Schüttstärke vorzunehmen. Das Tragschichtmaterial ist in mehreren Übergängen mit einem maximal mittelschweren Walzenzug auf einen dynamischen Verformungsmodul $E_{vd} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ zu verdichten. Das maximale Gesamtgewicht der Fahrzeuge ist auf 30 to zu begrenzen.

Prüftechnik ZDL GmbH

Dipl.-Geol. Ludger Lünne



Dipl.-Geol. Ralf Zielinski

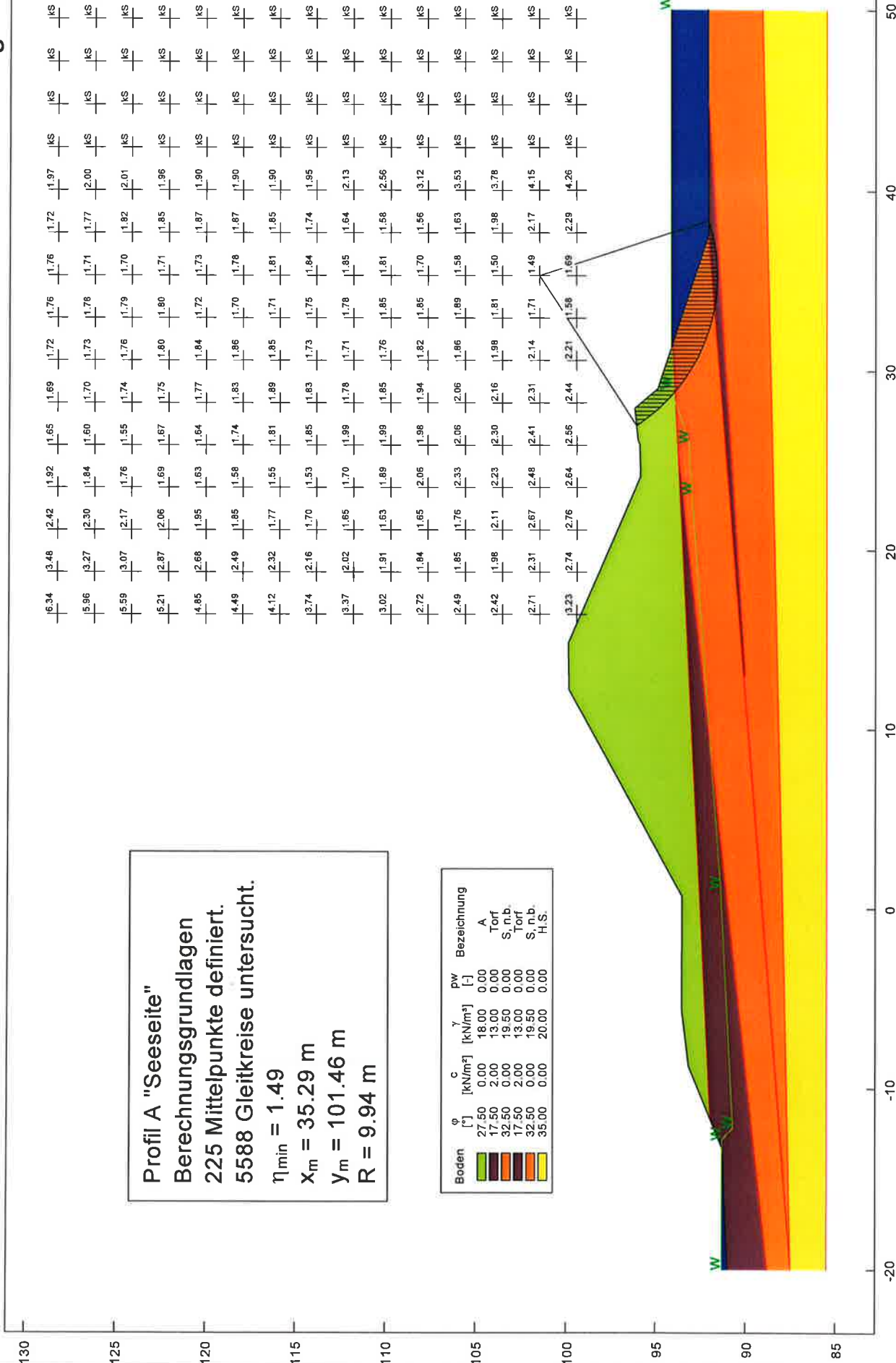
Gleitkreisdarstellungen der Stand sicherheitsberechnungen mit Gesamtsicherheiten

Die Anlagenummern entsprechen denen der Gutachterlichen Stellungnahme Nr. 11272 - 1,
in denen die Berechnungen nach dem Teilsicherheitskonzept durchgeführt wurden

Anlage 1.3-1

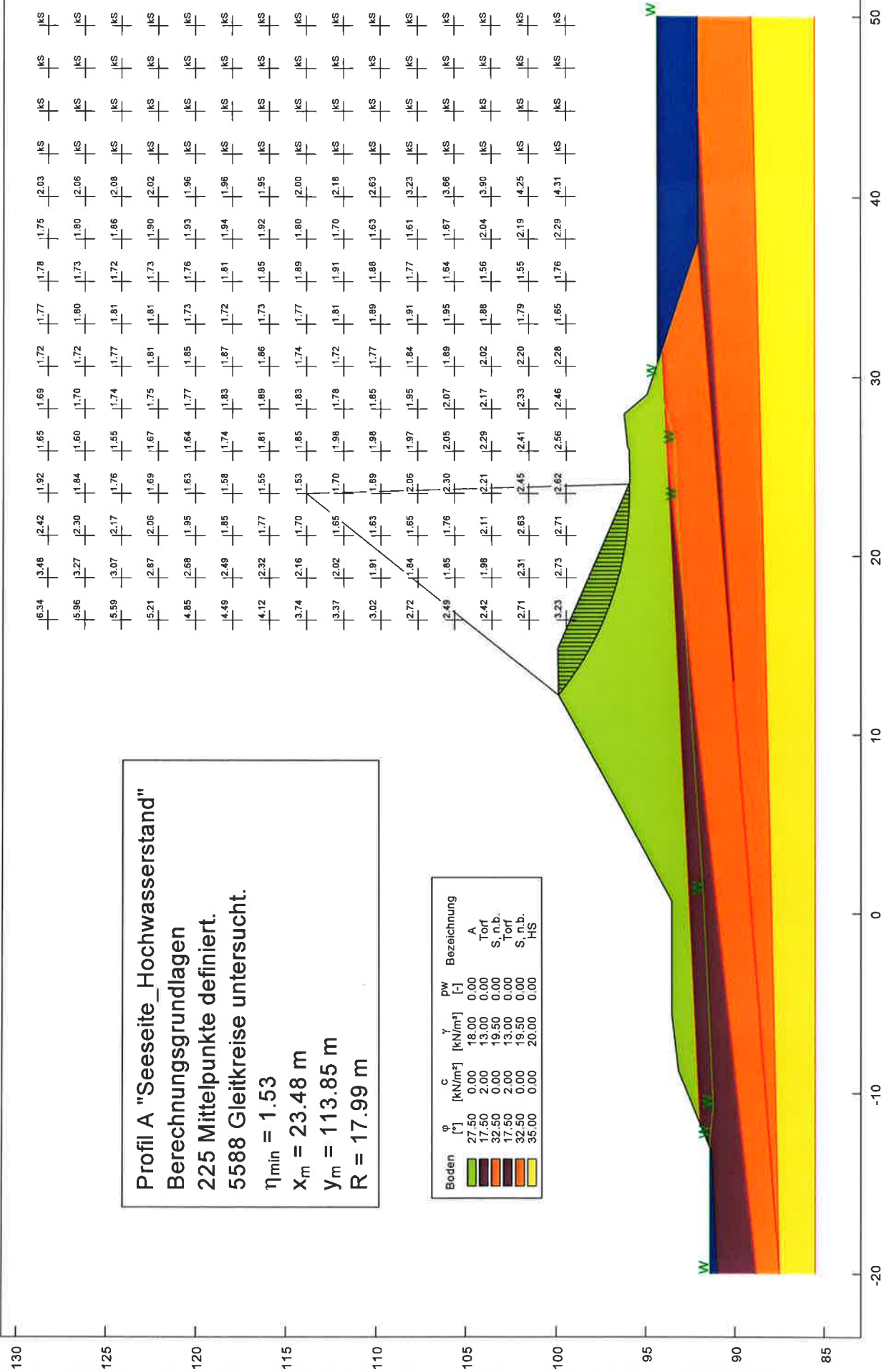
Profil A "Seeseite"
 Berechnungsgrundlagen
 225 Mittelpunkte definiert.
 5588 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.49$
 $X_m = 35.29 \text{ m}$
 $Y_m = 101.46 \text{ m}$
 $R = 9.94 \text{ m}$

Boden	φ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	p _w [-]	Bezeichnung
	27.50	0.00	18.00	0.00	A
	17.50	2.00	13.00	0.00	Torf
	32.50	0.00	19.50	0.00	S, n.b.
	17.50	2.00	13.00	0.00	Torf
	32.50	0.00	19.50	0.00	S, n.b.
	35.00	0.00	20.00	0.00	H.S.



Anlage 1.3-2

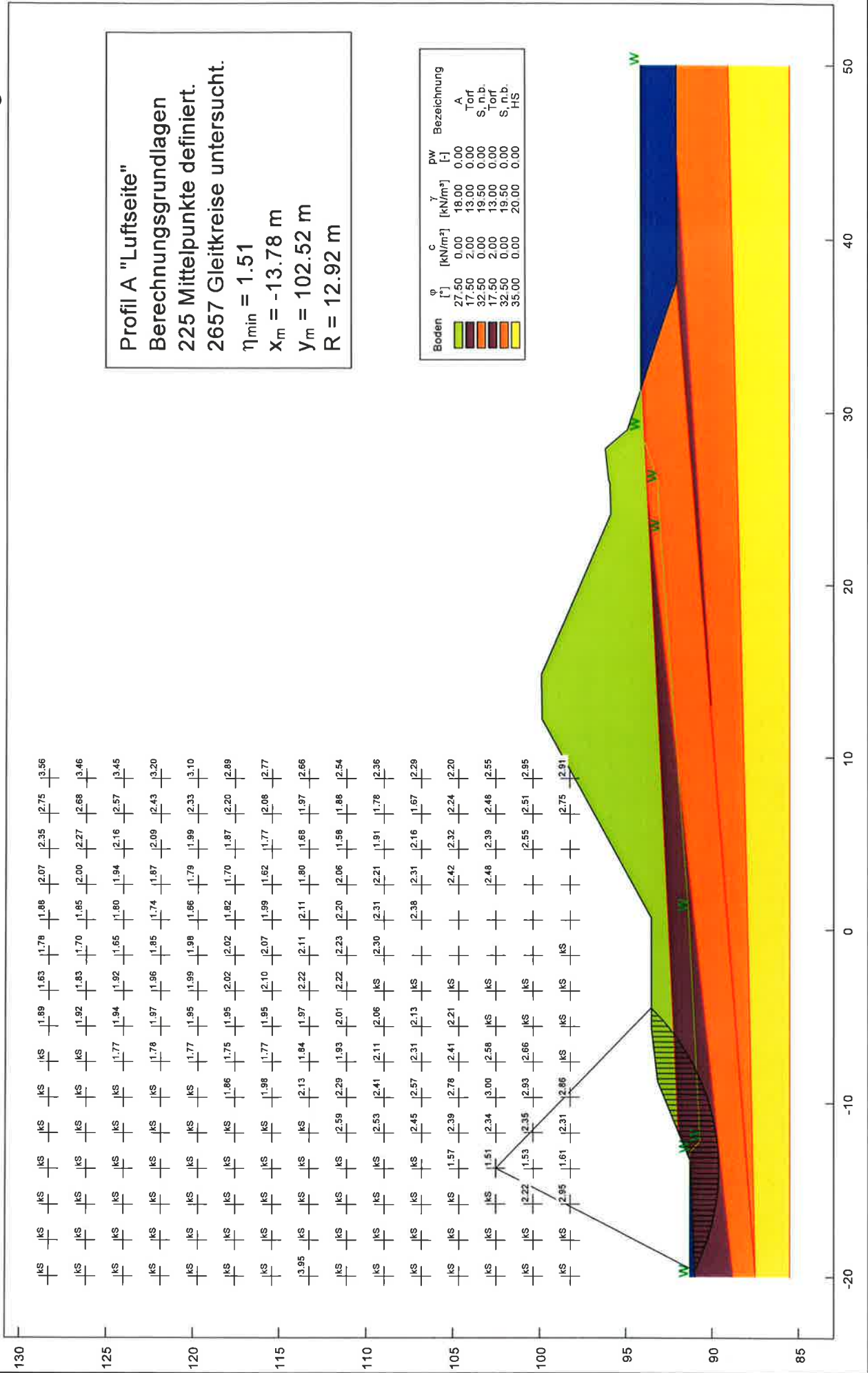
Profil A "Seeseite_Hochwasserstand"
Berechnungsgrundlagen
225 Mittelpunkte definiert.
5588 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.53$
 $X_m = 23.48 \text{ m}$
 $Y_m = 113.85 \text{ m}$
 $R = 17.99 \text{ m}$



Anlage 1.3-3

Profil A "Luftseite"
Berechnungsgrundlagen
225 Mittelpunkte definiert.
2657 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.51$
 $x_m = -13.78 \text{ m}$
 $y_m = 102.52 \text{ m}$
 $R = 12.92 \text{ m}$

Boden	φ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	pw [-]	Bezeichnung
	27.50	0.00	18.00	0.00	A
	17.50	2.00	13.00	0.00	Torf
	32.50	0.00	19.50	0.00	S.n.b.
	17.50	2.00	13.00	0.00	Torf
	32.50	0.00	19.50	0.00	S.n.b.
	35.00	0.00	20.00	0.00	HS



Anlage 1.3-4

Profil A "Luftseite-Hochwasserstand"

Berechnungsgrundlagen

225 Mittelpunkte definiert.

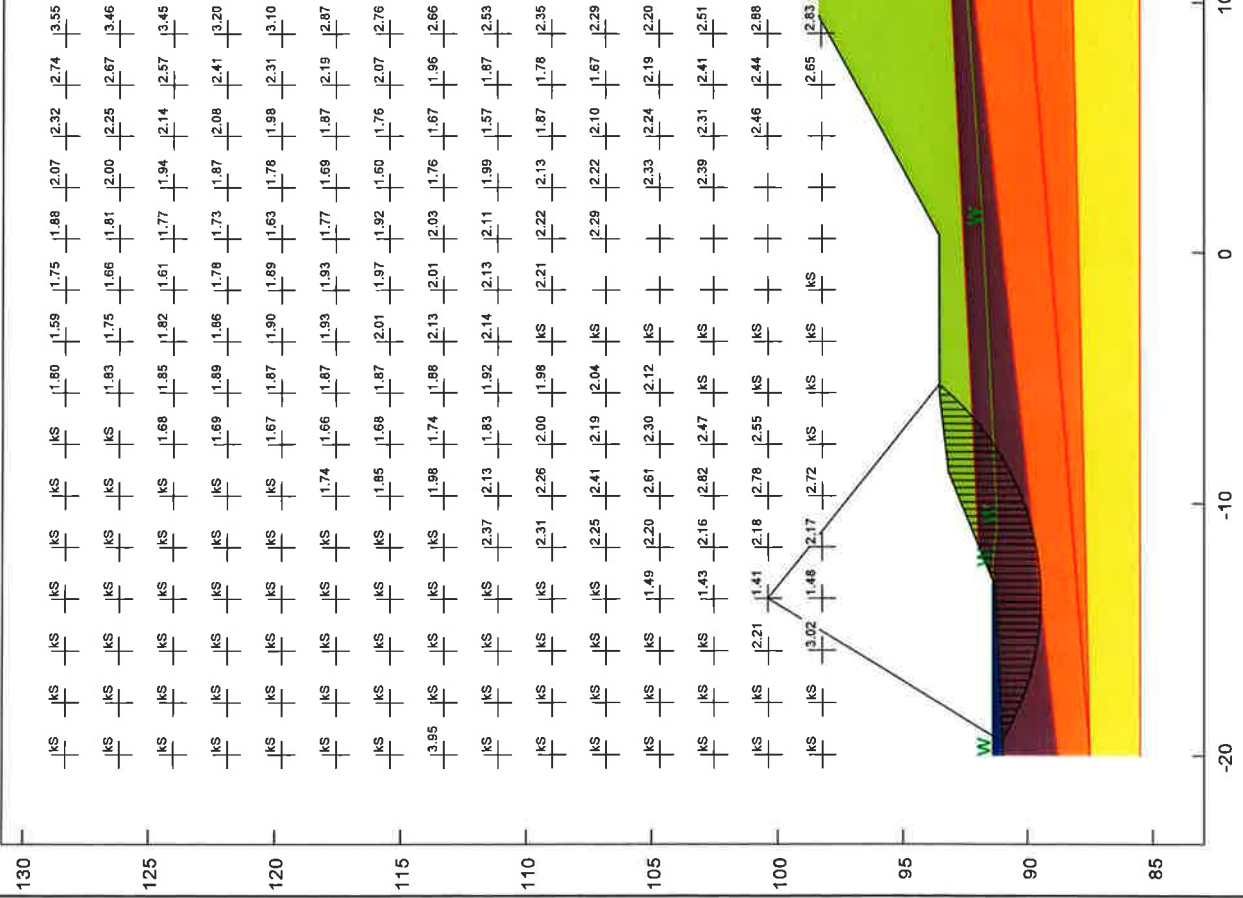
2657 Gleitkreise untersucht.

$\eta_{\min} = 1.41$

$x_m = -13.78 \text{ m}$

$y_m = 100.37 \text{ m}$

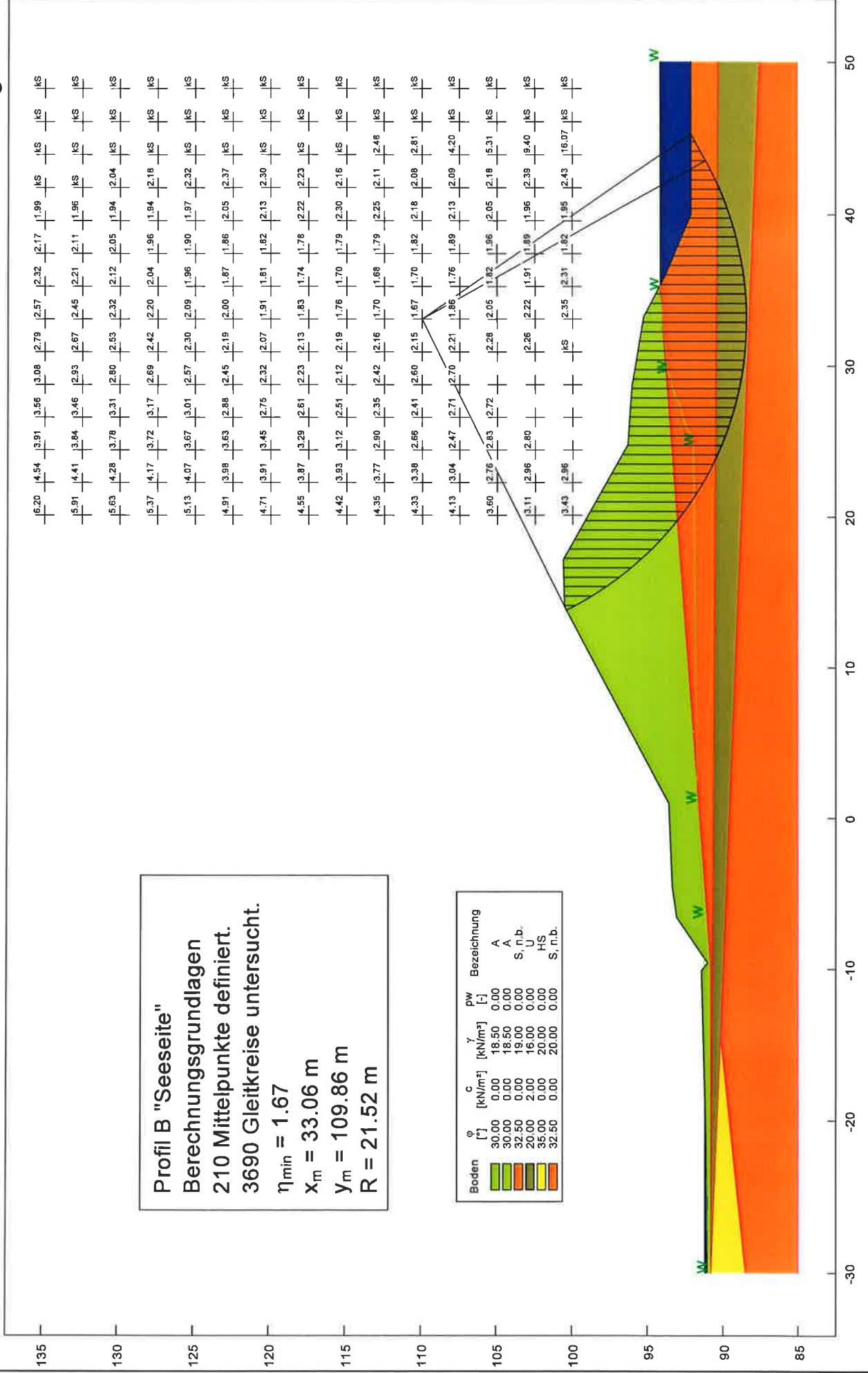
$R = 10.92 \text{ m}$



Anlage 2.3-1

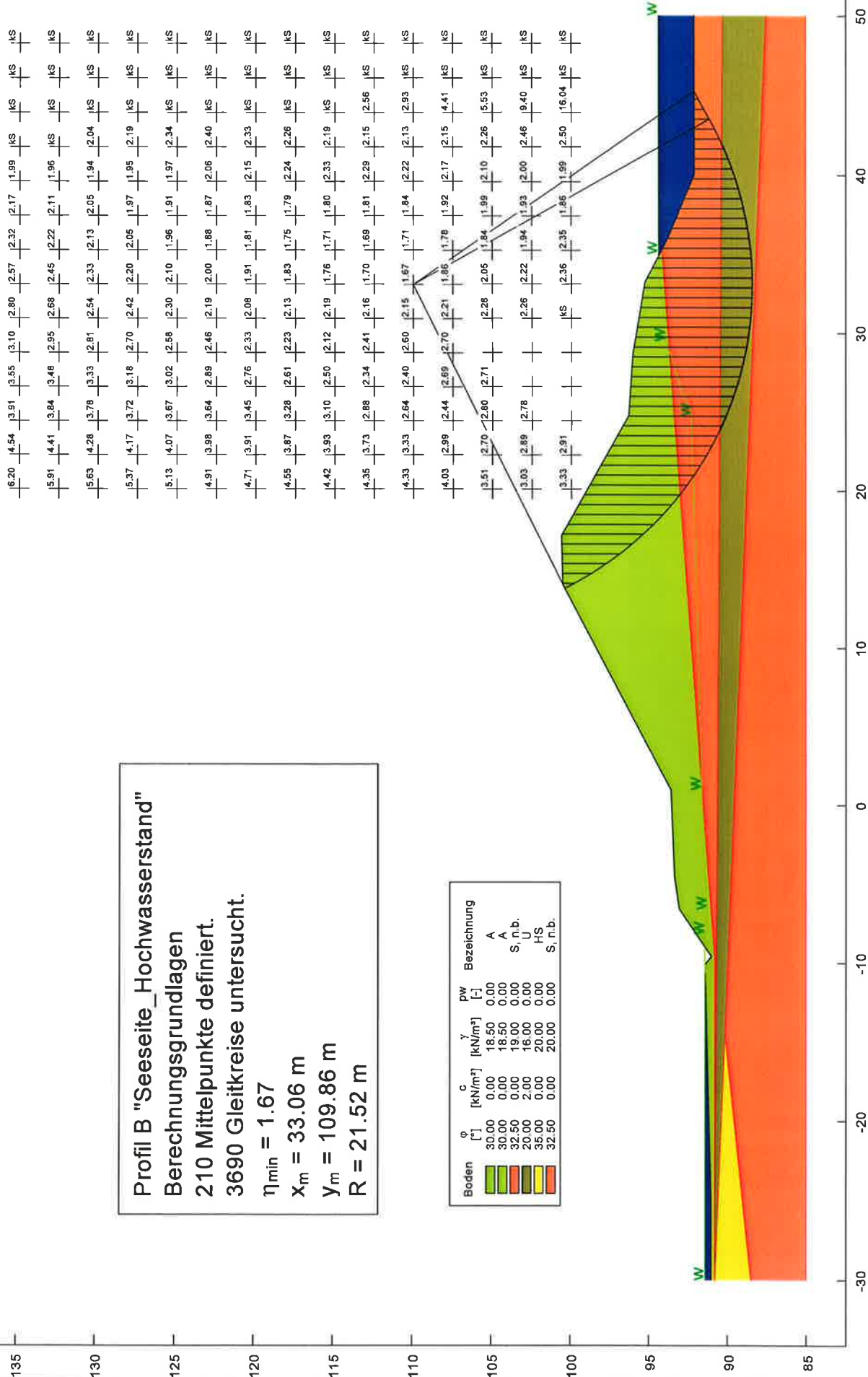
Profil B "Seeseite"
 Berechnungsgrundlagen
 210 Mittelpunkte definiert.
 3690 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.67$
 $x_m = 33.06 \text{ m}$
 $y_m = 109.86 \text{ m}$
 $R = 21.52 \text{ m}$

Boden	ϕ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	pw [-]	Bezeichnung
	30.00	0.00	18.50	0.00	A
	30.00	0.00	18.50	0.00	A
	32.50	0.00	19.00	0.00	S, n.b.
	20.00	2.00	16.00	0.00	U
	35.00	0.00	20.00	0.00	HS
	32.50	0.00	20.00	0.00	S, n.b.



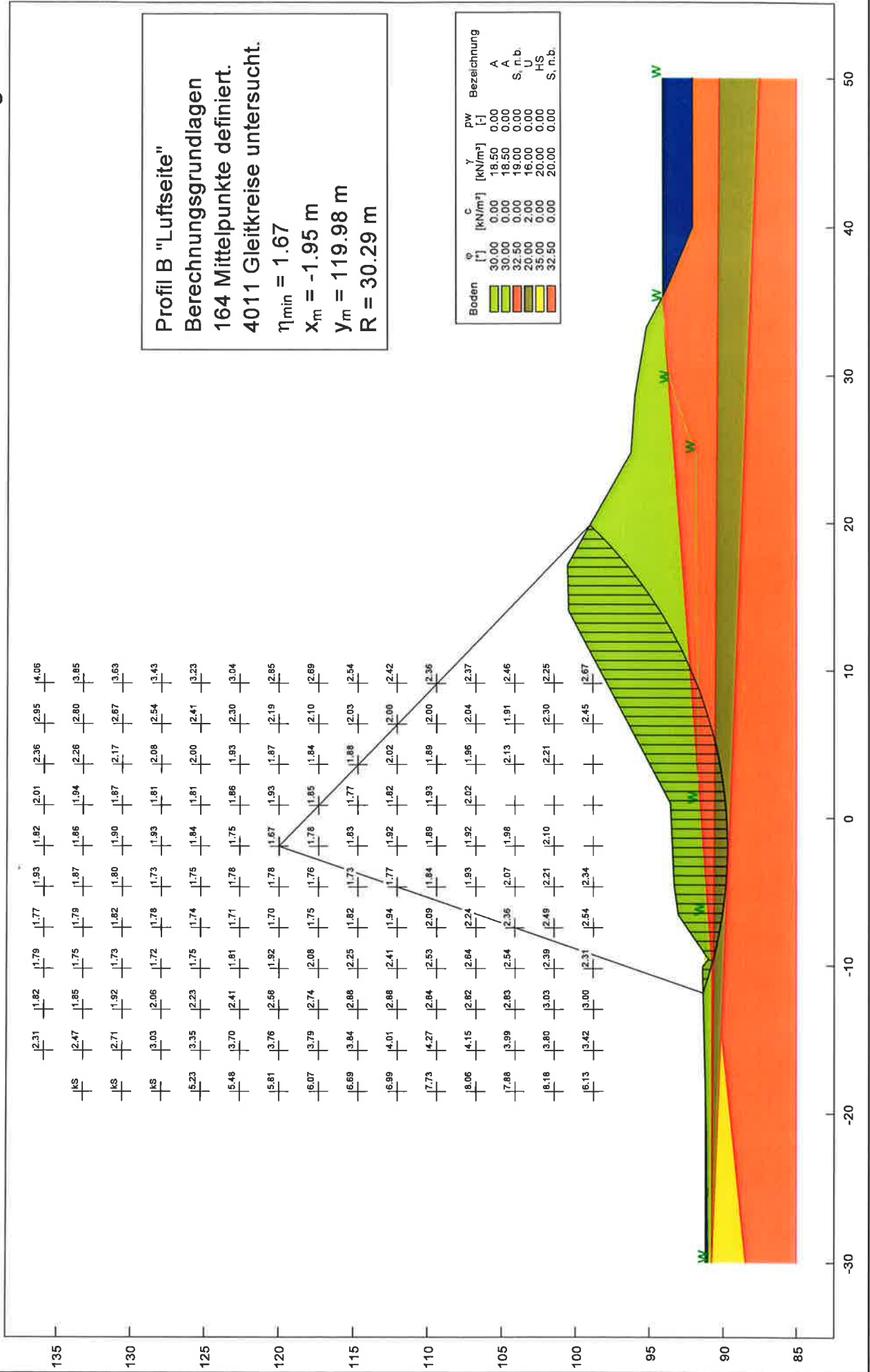
Anlage 2.3-2

Profil B "Seeseite_Hochwasserstand"
 Berechnungsgrundlagen
 210 Mittelpunkte definiert.
 3690 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.67$
 $x_m = 33.06 \text{ m}$
 $y_m = 109.86 \text{ m}$
 $R = 21.52 \text{ m}$

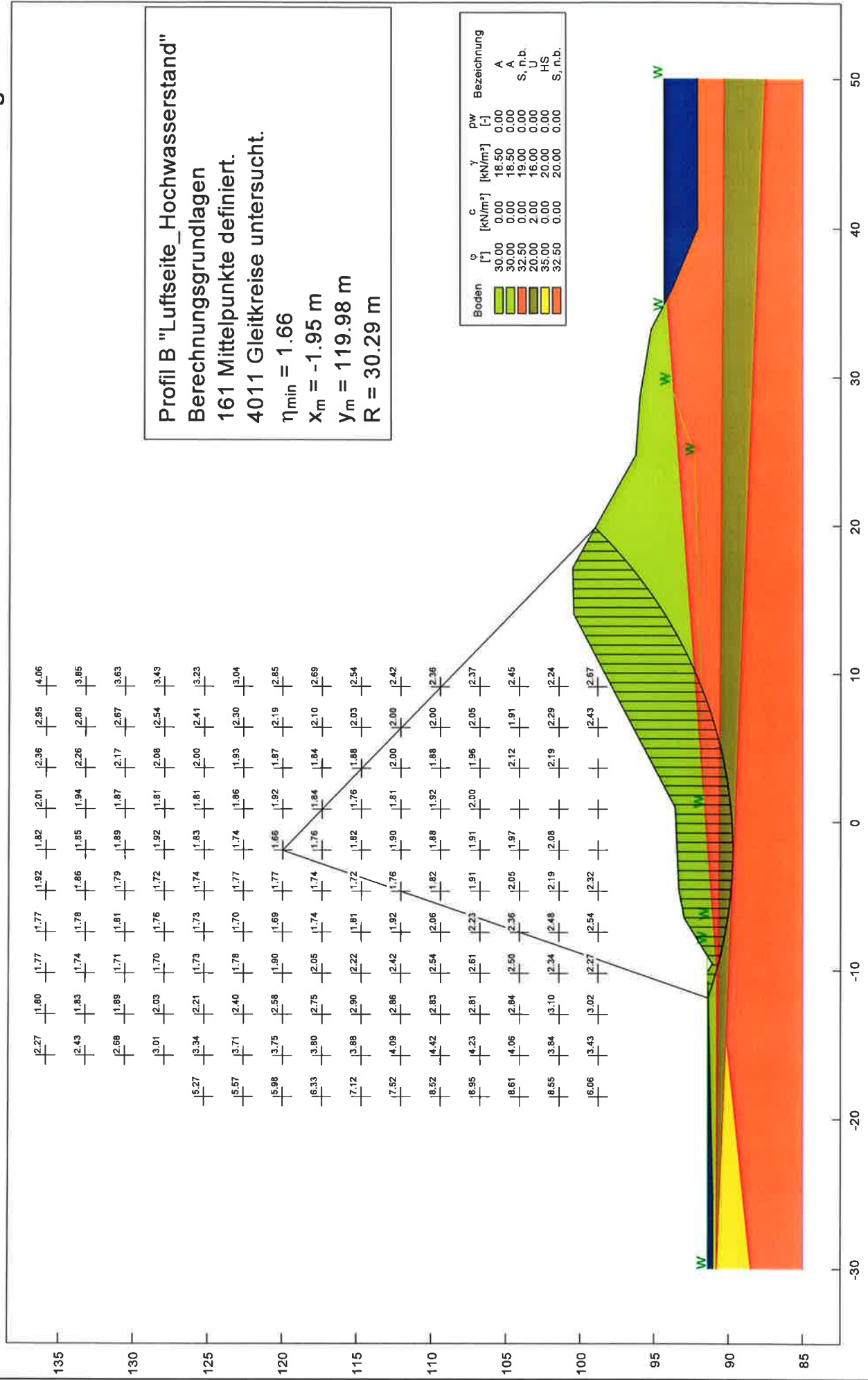


Anlage 2.3-3

Profil B "Lufseite"
 Berechnungsgrundlagen
 164 Mittelpunkt definiert.
 4011 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.67$
 $x_m = -1.95 \text{ m}$
 $y_m = 119.98 \text{ m}$
 $R = 30.29 \text{ m}$

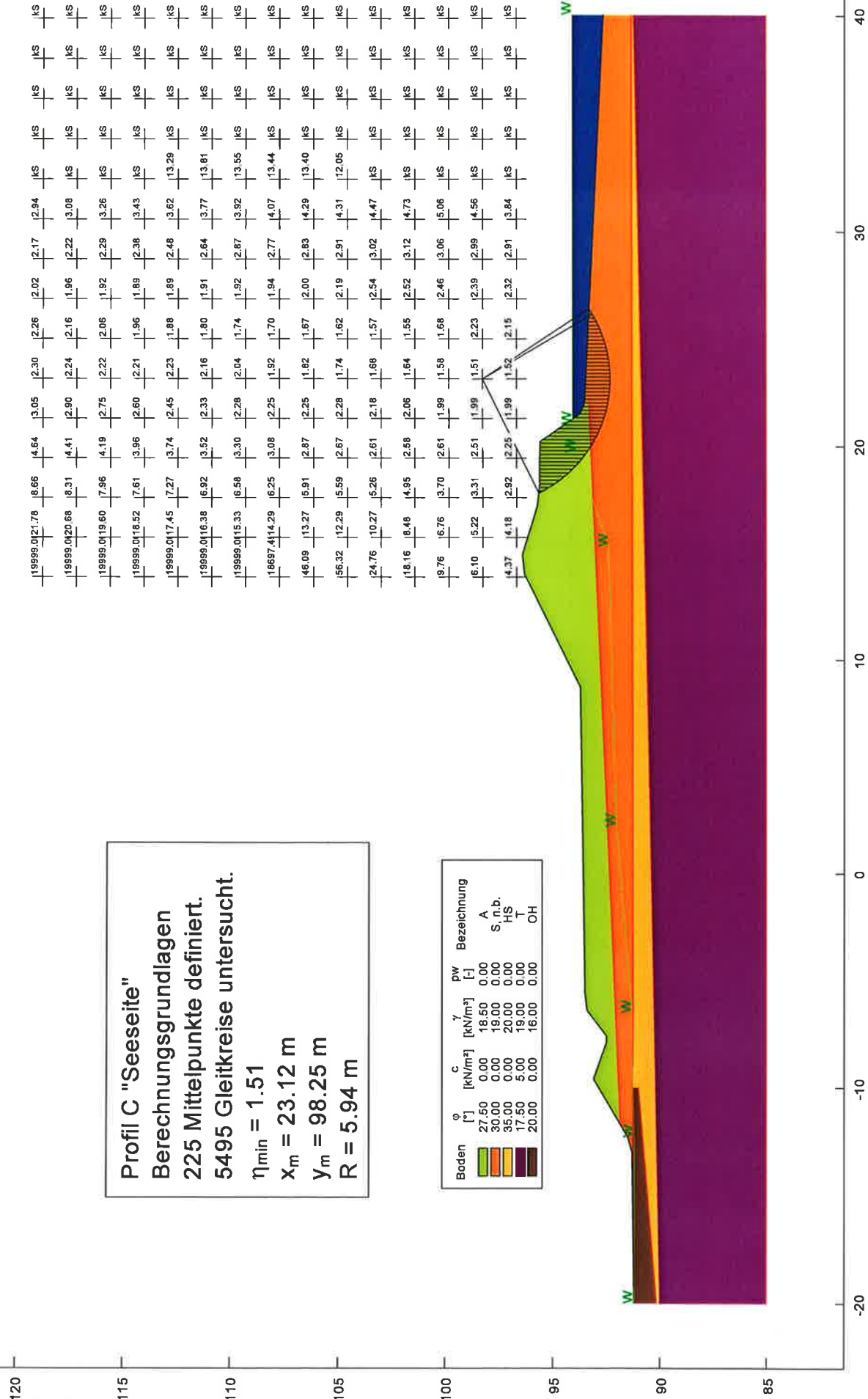


Anlage 2.3-4



Anlage 3.3-1

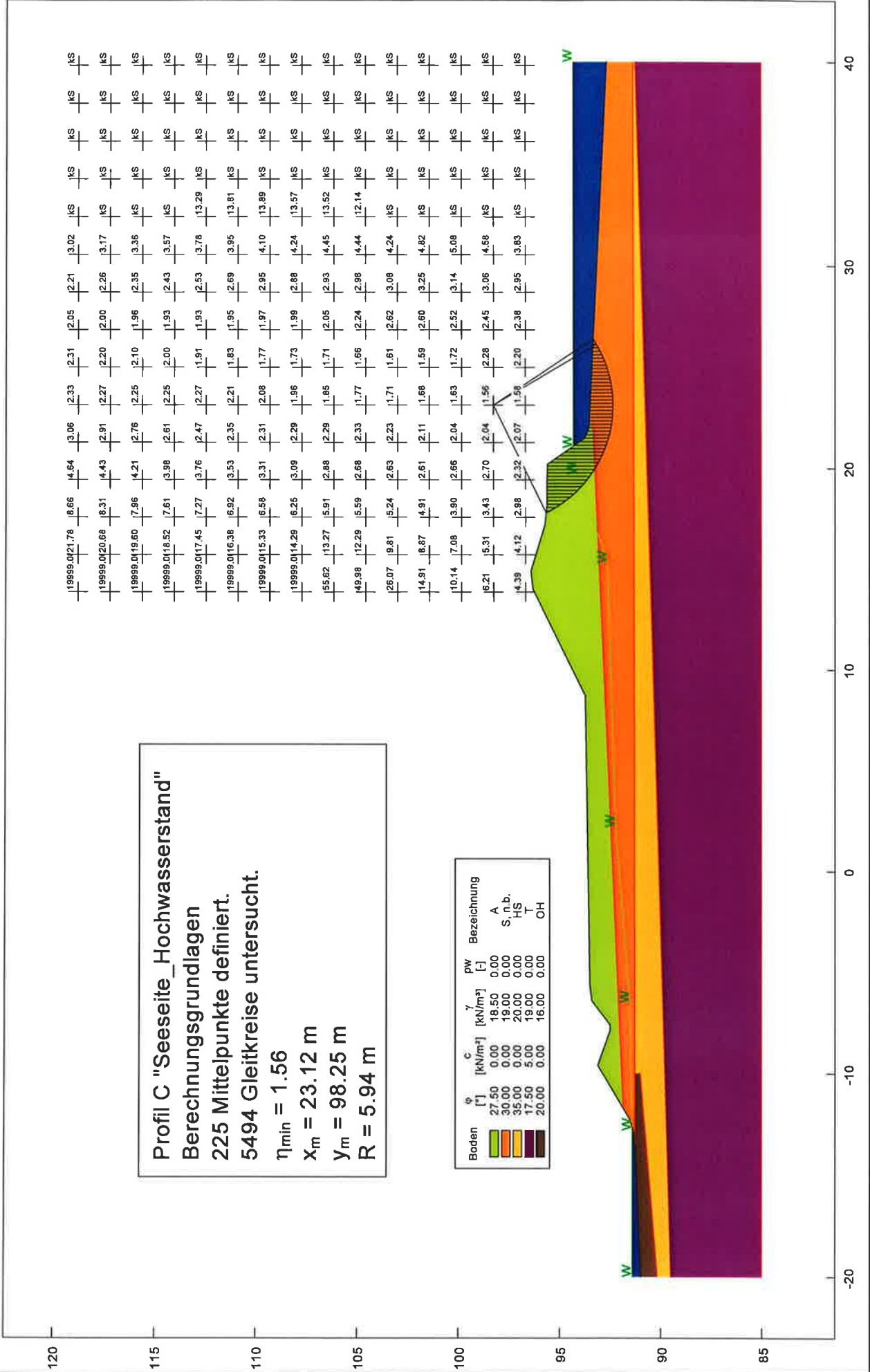
Profil C "Seeseite"
Berechnungsgrundlagen
225 Mittelpunkte definiert.
5495 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.51$
 $x_m = 23.12 \text{ m}$
 $y_m = 98.25 \text{ m}$
 $R = 5.94 \text{ m}$



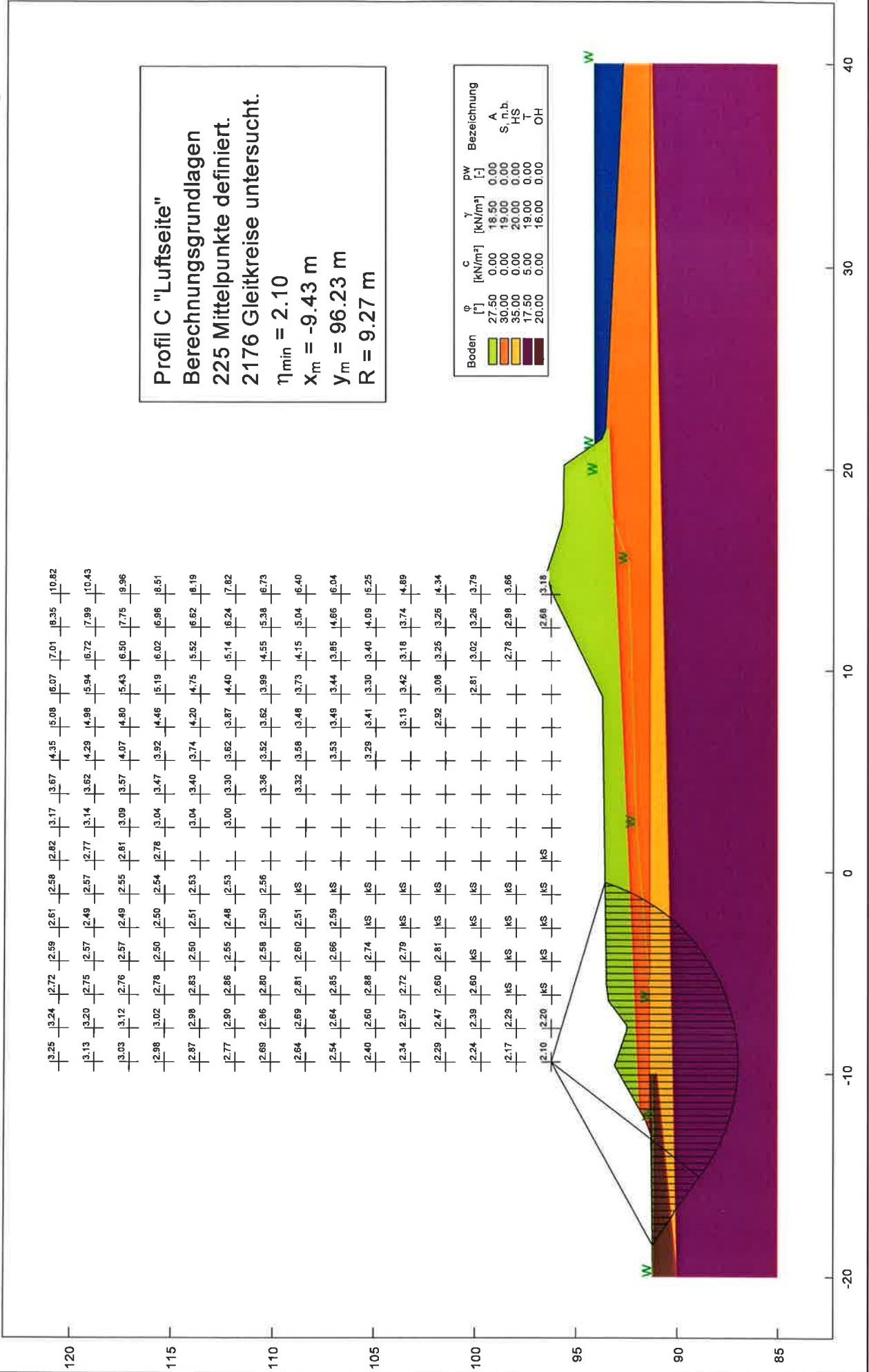
Anlage 3.3-2

Profil C "Seeseite_Hochwasserstand"
 Berechnungsgrundlagen
 225 Mittelpunkte definiert.
 5494 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.56$
 $x_m = 23.12 \text{ m}$
 $y_m = 98.25 \text{ m}$
 $R = 5.94 \text{ m}$

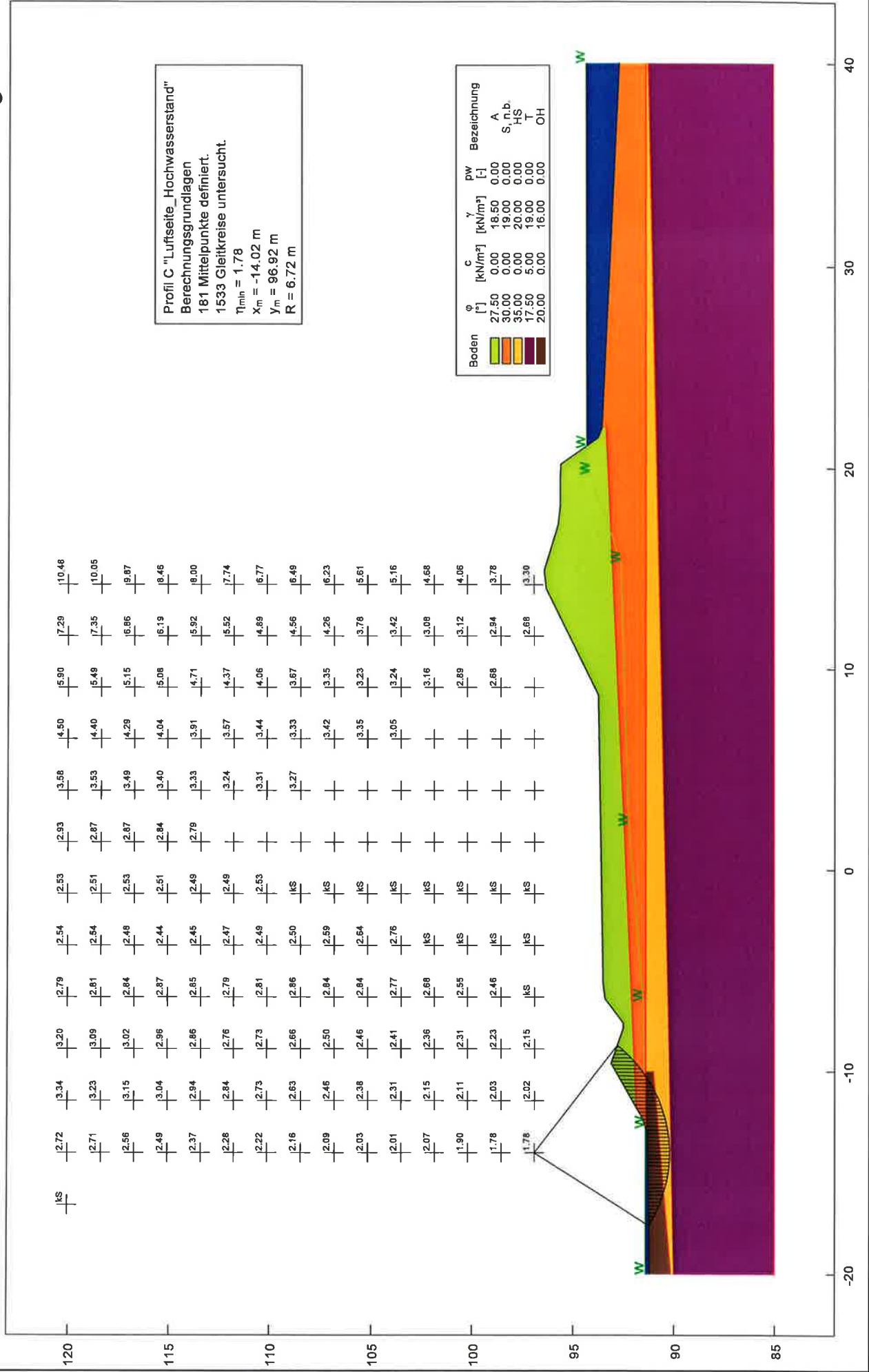
Boden	ϕ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	p_w	Bezeichnung
	27.50	0.00	18.50	0.00	A
	30.00	0.00	19.00	0.00	S, n.b.
	35.00	0.00	20.00	0.00	HS
	17.50	5.00	19.00	0.00	T
	20.00	0.00	16.00	0.00	OH



Anlage 3.3-3

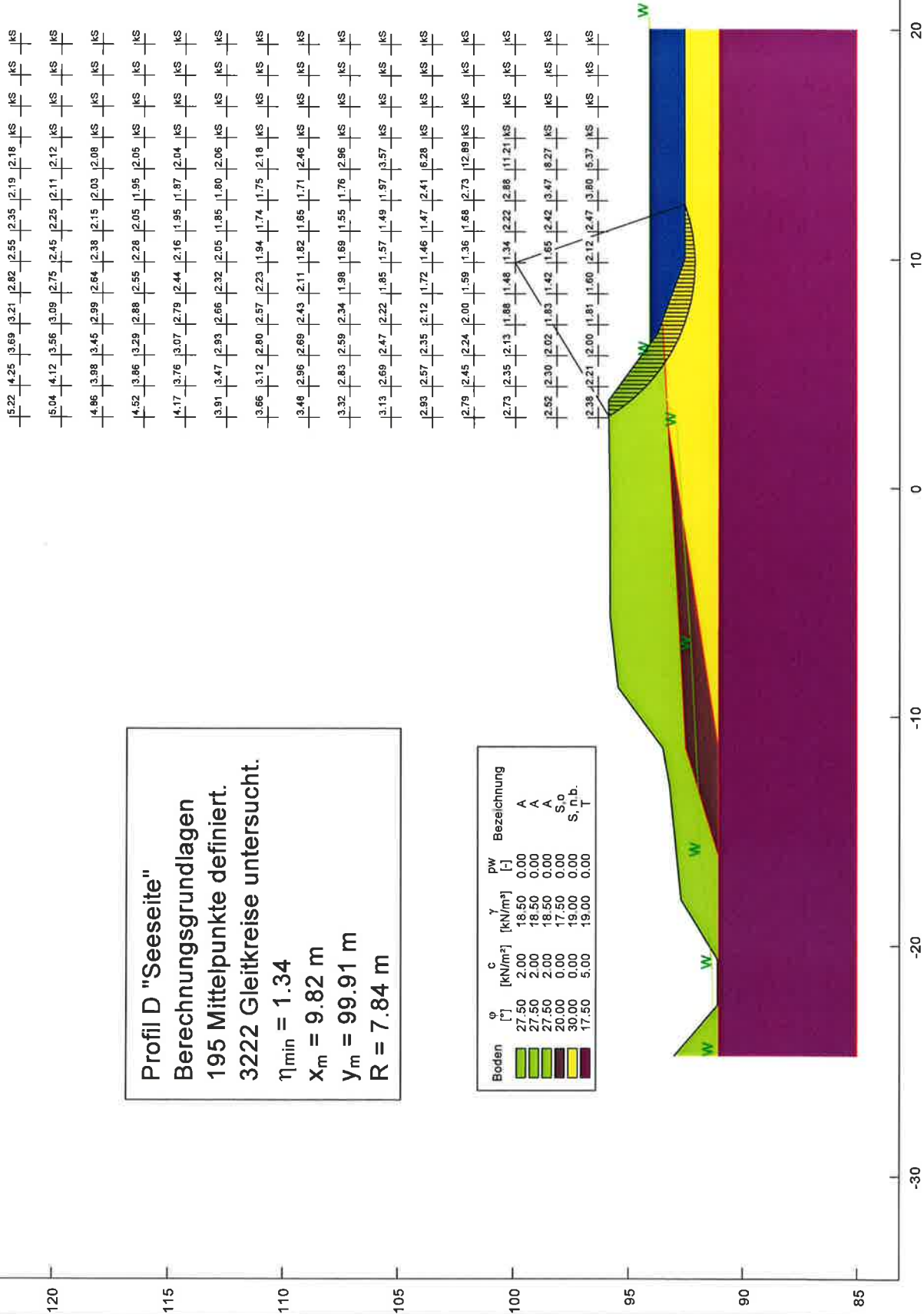


Anlage 3.3-4



Anlage 4.3-1

Profil D "Seeseite"
Berechnungsgrundlagen
195 Mittelpunkte definiert.
3222 Gleitkreise untersucht.
 $\eta_{\min} = 1.34$
 $x_m = 9.82 \text{ m}$
 $y_m = 99.91 \text{ m}$
 $R = 7.84 \text{ m}$



Anlage 4.3-2

Profil D "Seeseite-Wasserhochstand"

Berechnungsgrundlagen

195 Mittelpunkte definiert.

3222 Gleitkreise untersucht.

$\eta_{\min} = 1.39$

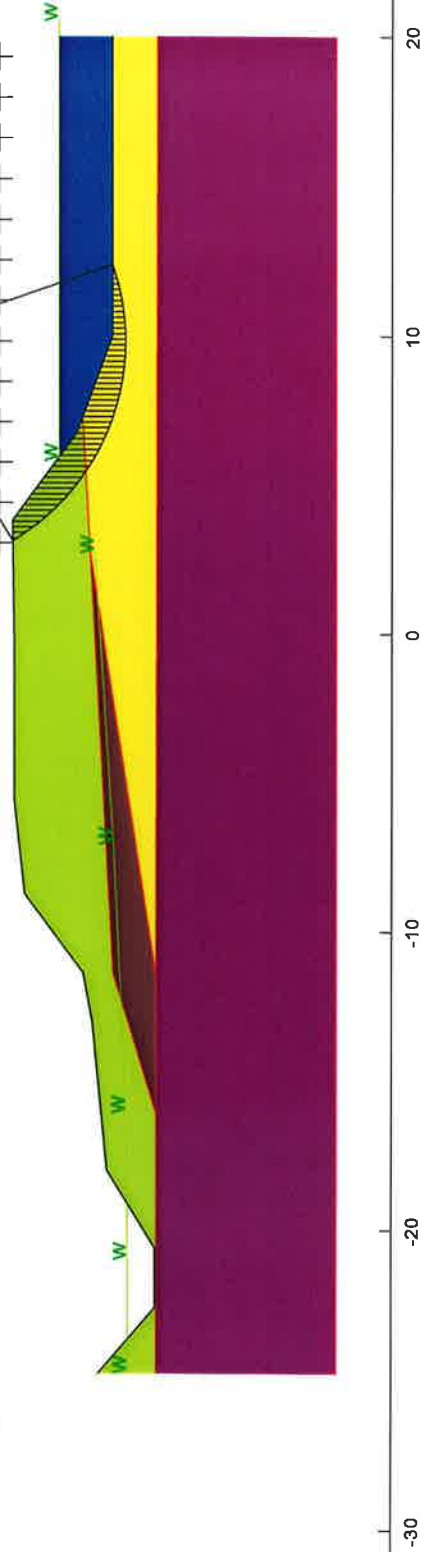
$x_m = 9.82 \text{ m}$

$y_m = 99.91 \text{ m}$

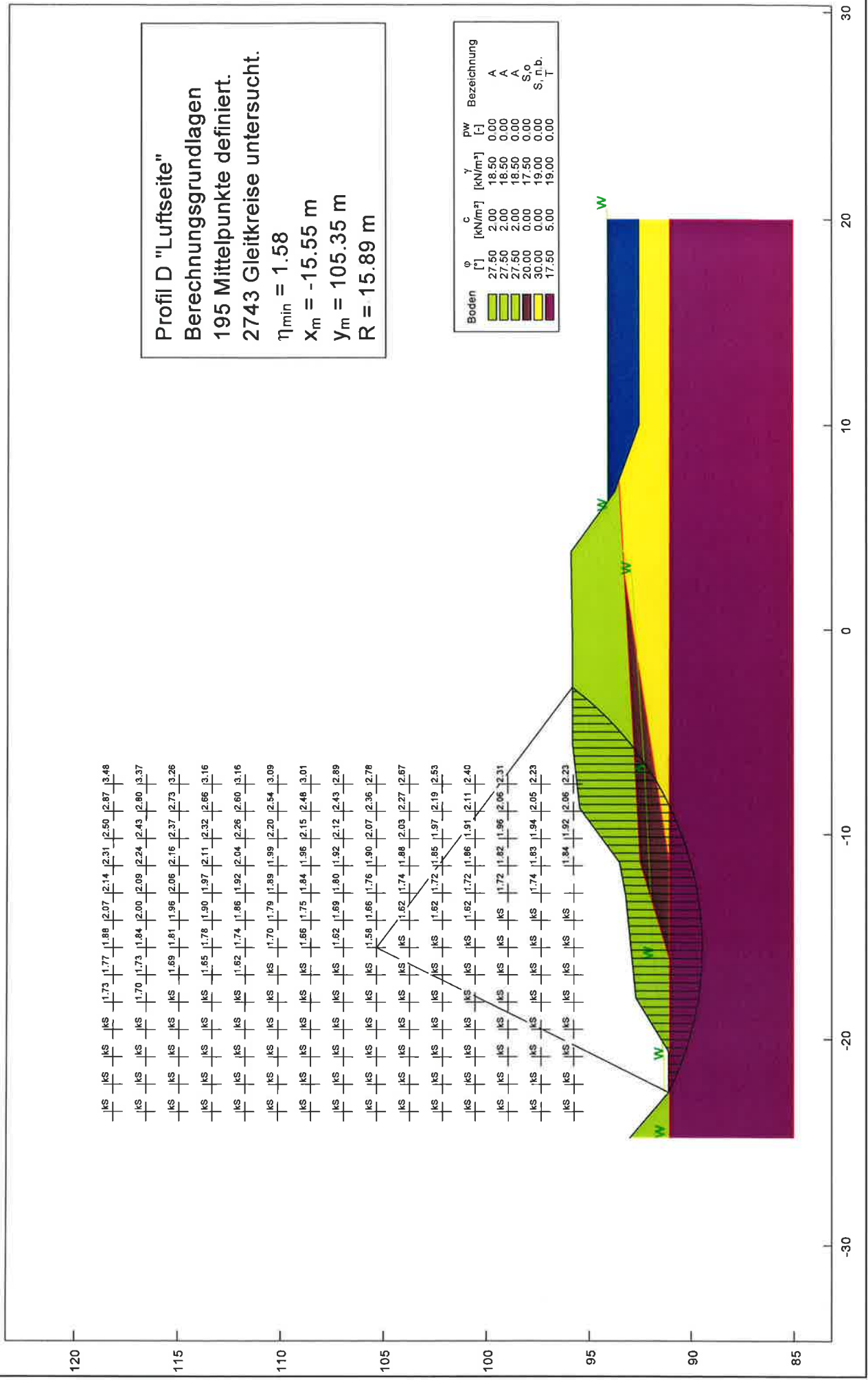
$R = 7.84 \text{ m}$

15.35	4.36	3.78	3.29	2.90	2.62	2.41	2.26	2.24	KS	KS
15.16	4.22	3.65	3.17	2.82	2.52	2.31	2.17	2.19	KS	KS
14.98	4.08	3.53	3.07	2.71	2.45	2.21	2.08	2.14	KS	KS
14.69	3.96	3.39	2.95	2.61	2.34	2.11	2.00	2.11	KS	KS
14.32	3.86	3.17	2.85	2.50	2.23	2.00	1.92	2.10	KS	KS
14.05	3.57	3.03	2.73	2.38	2.11	1.90	1.85	2.13	KS	KS
13.78	3.22	2.89	2.63	2.30	1.99	1.79	1.80	2.25	KS	KS
13.60	3.06	2.78	2.49	2.17	1.87	1.69	1.77	2.54	KS	KS
13.43	2.93	2.68	2.40	2.04	1.74	1.60	1.81	3.08	KS	KS
13.24	2.78	2.56	2.28	1.90	1.62	1.53	2.04	3.73	KS	KS
13.02	2.65	2.43	2.18	1.77	1.50	1.51	2.51	6.60	KS	KS
12.87	2.52	2.31	2.06	1.64	1.40	1.75	2.83	12.85	KS	KS
12.81	2.42	2.20	1.93	1.52	1.39	2.32	2.97	11.21	KS	KS
12.57	2.36	2.08	1.89	1.47	1.74	2.50	3.57	8.27	KS	KS
12.41	2.25	2.06	1.87	1.67	2.17	2.54	3.84	5.37	KS	KS

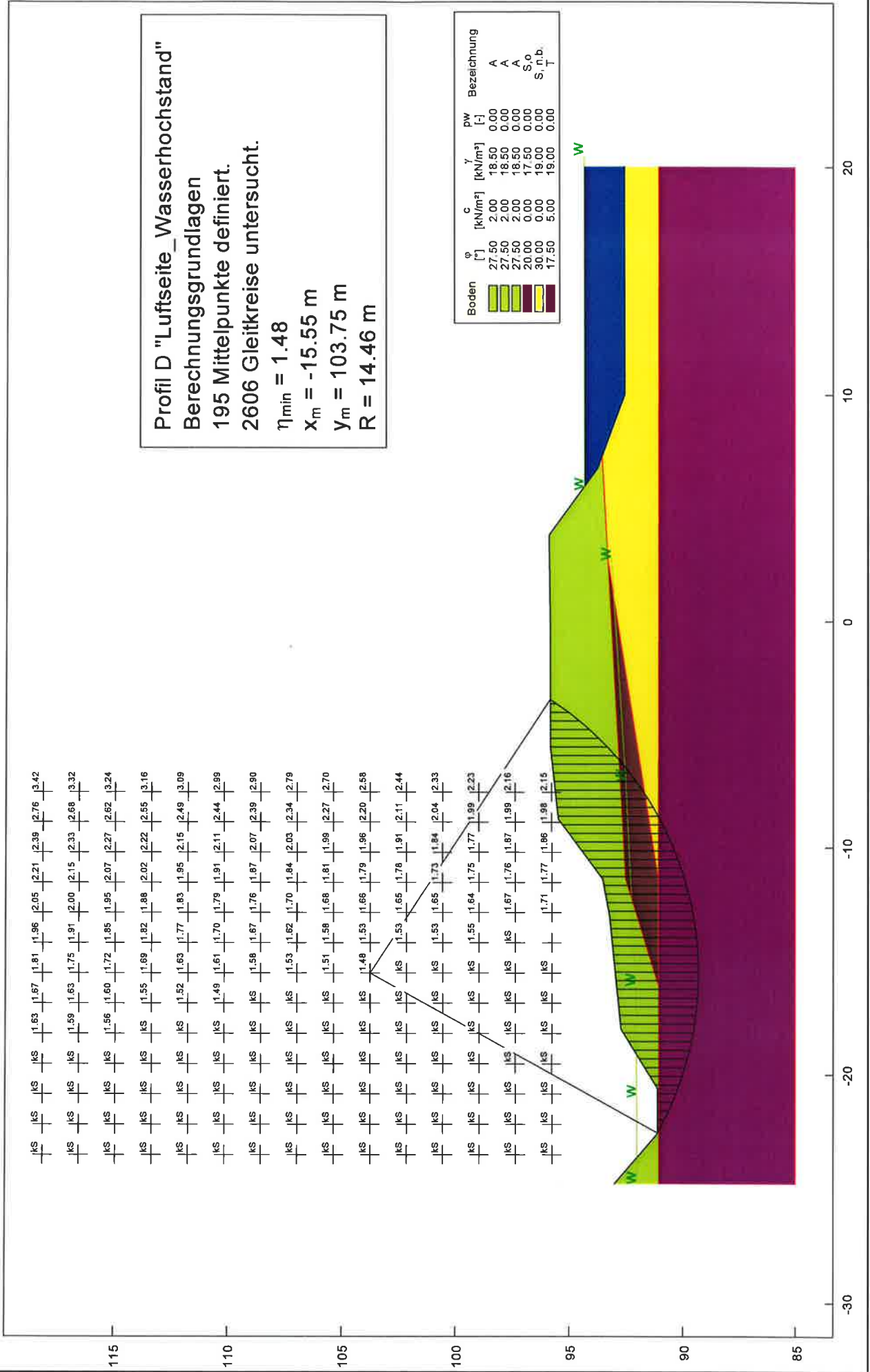
Boden	ϕ [°]	C [kN/m²]	γ [kN/m³]	p _w [-]	Bezeichnung
1	27.50	2.00	18.50	0.00	A
2	27.50	2.00	18.50	0.00	A
3	27.50	2.00	18.50	0.00	A
4	20.00	0.00	17.50	0.00	S _o
5	30.00	0.00	19.00	0.00	S _{n.b.}
6	17.50	5.00	19.00	0.00	T



Anlage 4.3-3



Anlage 4.3-4



Körnungslinien repäsentativer Sandproben aus dem Bereich des Profils B

Die Anlagenummern entsprechen denen der Gutachterlichen Stellungnahme Nr. 01.71.7236.01
in deren Rahmen diese 2001 bestimmt wurden

Entnahmestelle : RKS 1

Station :

Entnahmetiefe : 0,0-2,0 m

Bodenart : Sand

m rechts der Achse
m unter GOK

Art der Entnahme : Rammkernsondierung

Entnahme am : 23./24.01.01 durch : Lüne

Bestimmung der Korngrößenverteilung

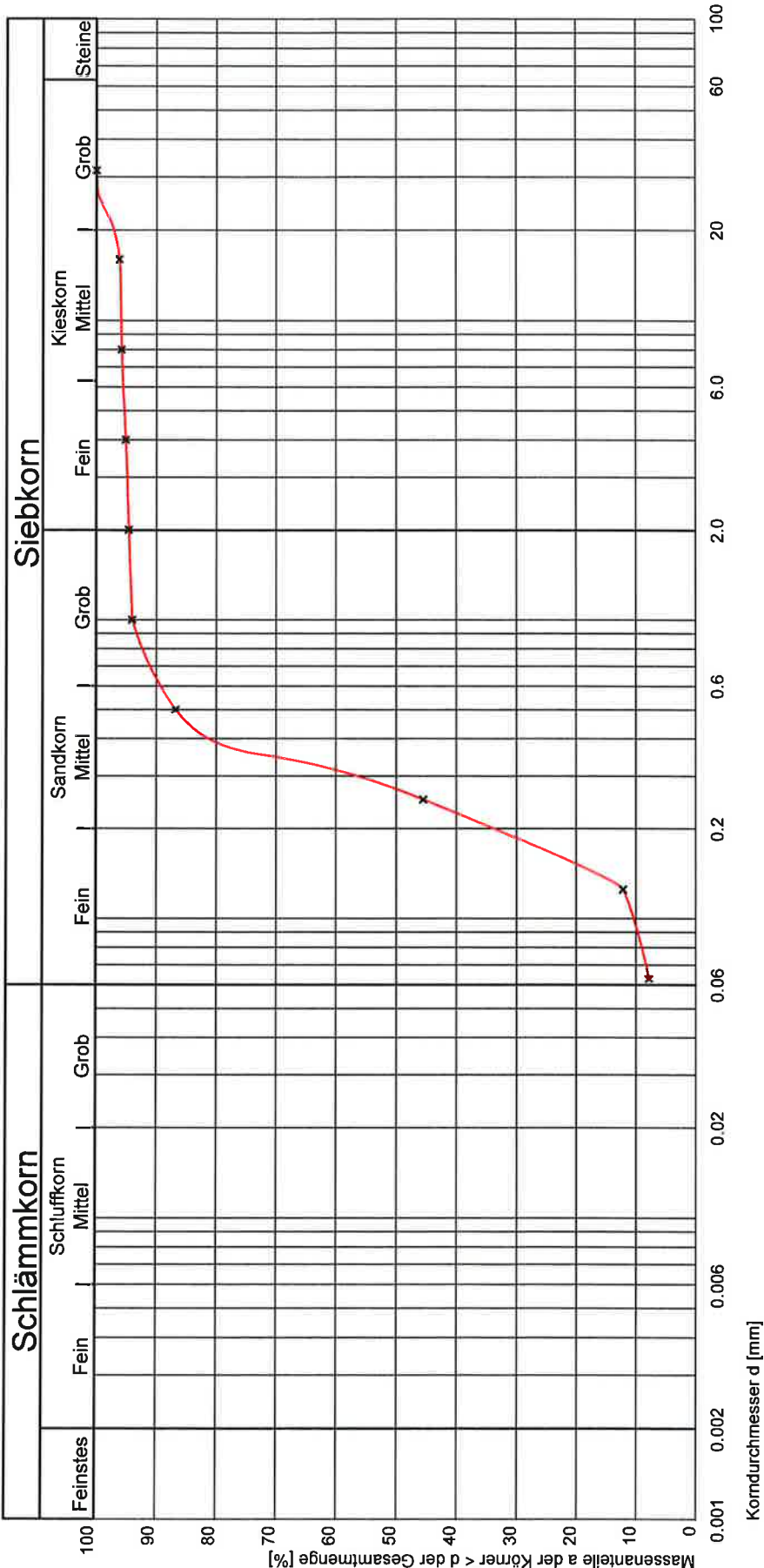
Naß-/Trockensiebung

nach DIN 18 123

Prüfungs-Nr. : 01.71.7236.01
Bauvorhaben : Teutoburger Waldsee

Ausgeführt durch : Dipl.-Geol. Lüne
am : 01.02.2001

Bemerkung :



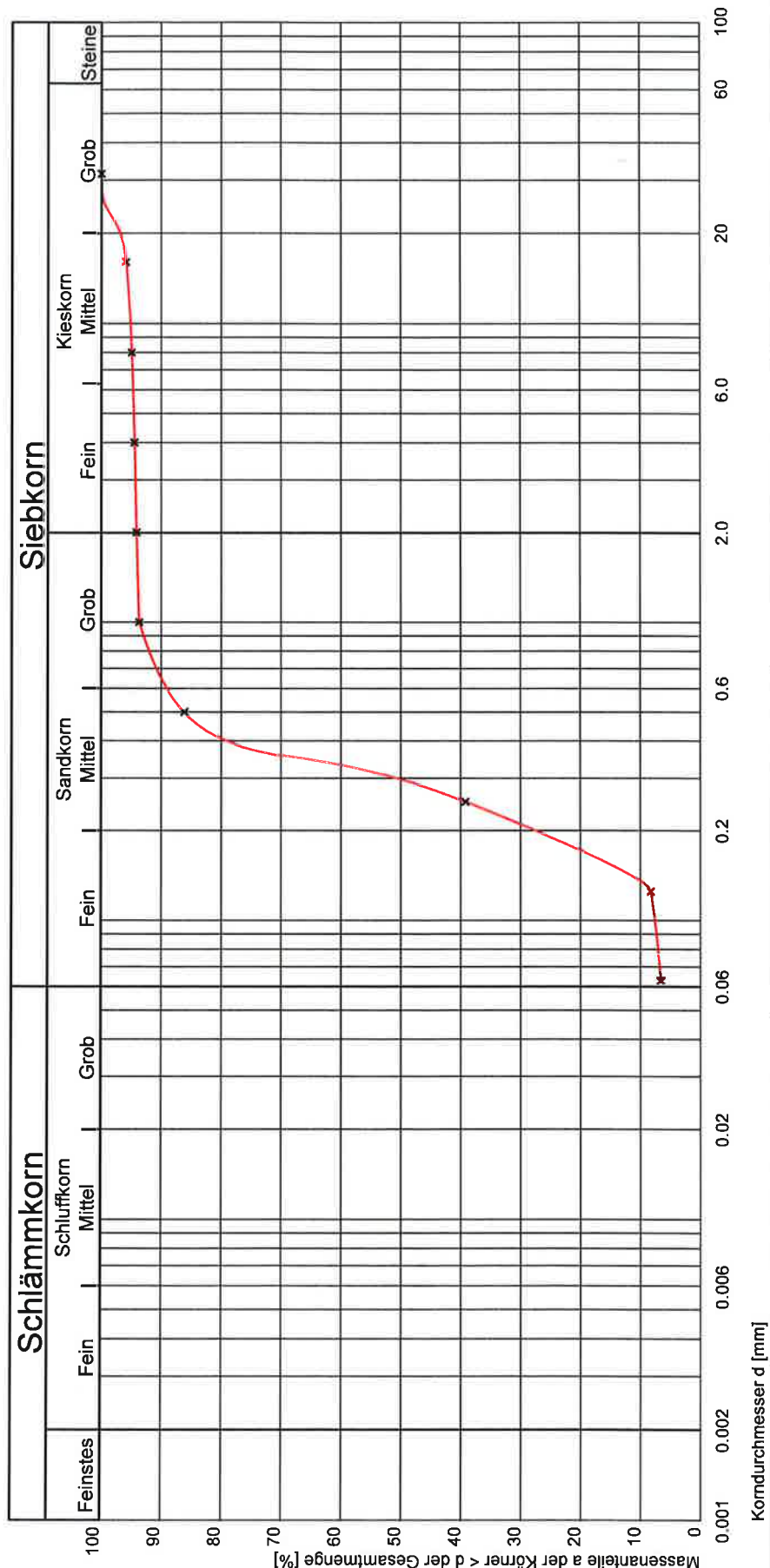
Bemerkung (z.B. Kornform)

Kurve Nr.:	
Arbeitsweise	
U = d60/d10 / C _u	1,18
Bodengruppe (DIN 18196)	
Geologische Bezeichnung	
kf-Wert [m/s]	8,259 * 10 ⁻⁵ nach Beyer

Entnahmestelle : RKS 1
Station :
Entnahmetiefe : 2,0-2,5 m
Bodenart : Sand
m rechts der Achse
m unter GOK
Art der Entnahme : Rammkernsondierung
Entnahme am : 23./24.01.01 durch : Lünne

Bestimmung der Korngrößenverteilung
Naß-/Trockensiebung
nach DIN 18 123

Prüfungs-Nr. : 01.71.7236.01
Bauvorhaben : Teutoburger Waldsee
Ausgeführt durch : Dipl.-Geol. Lünne
am : 01.02.2001
Bemerkung :



Bemerkung (z.B. Kornform)

Kurve Nr.:	
Arbeitsweise	
U = d60/d10 / C _u	2,45 0,98
Bodengruppe (DIN 18196)	
Geologische Bezeichnung	
kf-Wert [m/s]	1,855 * 10 ⁻⁴ nach Beyer

Prüfungs-Nr. : 01.71.7236.01
Bauvorhaben : Teutoburger Waldsee

Ausgeführt durch : Dipl.-Geol. Lünne
am : 01.02.2001

Bemerkung :

Entnahmestelle : RKS 2

Station :

Entnahmetiefe : 4,6 - 5,0 m

Bodenart : Sand

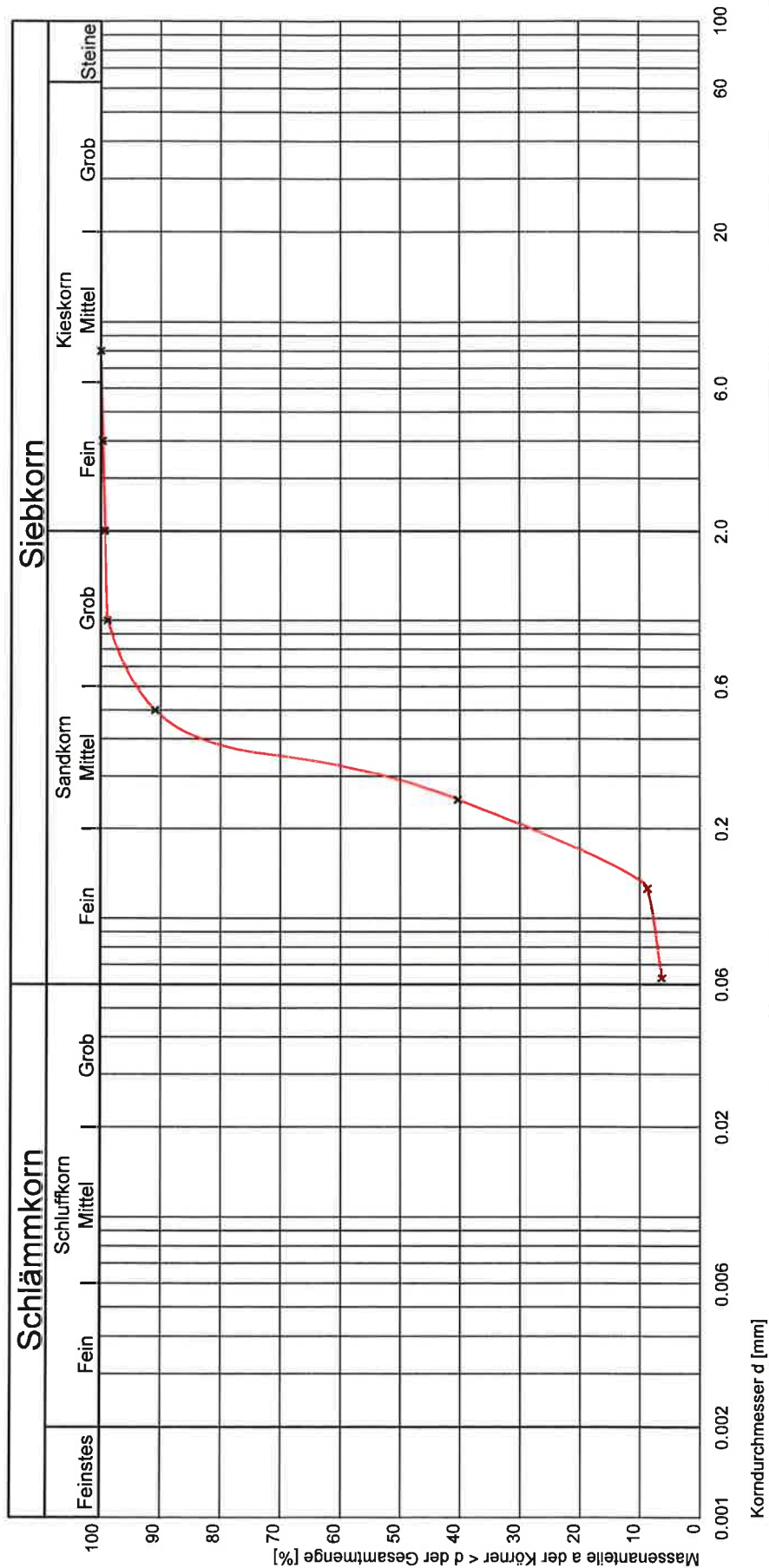
Bestimmung der Korngrößenverteilung

Naß-/Trockensiebung
nach DIN 18 123

Art der Entnahme : Rammkernsondierung

Entnahme am : 23./24.01.01 durch : Lünne

m rechts der Achse
m unter GOK



Bemerkung (z.B. Kornform)

Kurve Nr.:

Arbeitsweise

U = d60/d10 / C _c	2,42	0,99
------------------------------	------	------

Bodengruppe (DIN 18196)

Geologische Bezeichnung

kf-Wert [m/s]	$1,815 \cdot 10^{-4}$ nach Beyer
---------------	----------------------------------

