

Hochwasserschutz Markt Thierhaupten

Hochwasserschutz und Verbesserung
des natürlichen Rückhalts
an der Altnet im Bereich TG III

Stand sicherheitsberechnung
Hochwasserdeich Lech rechts 20,0-32,4

vom 02.02.2018

BESTANDTEIL
DES BESCHETDES
vom 12. OKT. 2023

LANDRATSAMT AUGSBURG



Vorhabensträger:

Markt Thierhaupten
Marktplatz 1
86672 Thierhaupten

Verfasser:

Dr. Blasy - Dr. Øverland

Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee

☎ 08143 / 997 100 info@blasy-overland.de

☎ 08143 / 997 150 www.blasy-overland.de

ea-thierhau-004/vo

Verzeichnis der Unterlagen

Erläuterungsbericht

Anlage 1: Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 (Ergebnisdrucke)

Erläuterungsbericht

1.	Vorhabensträger	1
2.	Zweck des Vorhabens	1
3.	Bestehende Verhältnisse	1
3.1	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse.....	1
4.	Bestimmung der Potentialverteilung	3
5.	Tragsicherheit	3
5.1	Bemessungsfälle	3
5.2	Standicherheitsuntersuchungen	4

1. Vorhabensträger

Vorhabensträger ist der Markt Thierhaupten
Marktplatz 1
86672 Thierhaupten

2. Zweck des Vorhabens

Nach der Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen entsprechend der Planfeststellungsunterlagen vom 28.10.2016 kann es bei sehr seltenen Hochwasserereignissen zu einer stärkeren Beaufschlagung der Altnet kommen, so dass die Größe des Überschwemmungsgebiets zunimmt. Bereichsweise ist das auch mit einem Anstieg des Wasserspiegels verbunden, so dass das Hochwasser den rechten Hochwasserdeich des Lechs erreichen kann. Aufgrund des Einstaus des Lechdeichs von der rechten Seite besteht die Befürchtung der BEW, dass die Standsicherheit insbesondere unter Berücksichtigung einer Befahrung des Auflastfilters bzw. der Deichkrone mit einem SLW60 beeinträchtigt ist. Deshalb soll mit den hier vorgelegten Berechnungen die Standsicherheit des Lechdeichs im Planungszustand bei einem landseitigen Einstau in der Folge des ungünstigsten Bemessungshochwassers untersucht werden (Lastfall 2 mit HQ100 im Edenhausener Bach und HQ5 in der Friedberger Ach).

In einer Stellungnahme vom 21.09.2017 zu den Einwendungen der BEW wurde bereits überprüft, ob der landseitig des Lechdeichs vorhandene Deichhinterweg mit Auflastfilter bei sehr starken Hochwasserereignissen überflutet wird. Die Überprüfung ergab, dass der Bemessungswasserspiegel innerhalb der untersuchten Deichabschnitte unter dem Niveau des Auflastfilters liegt. Bei Fluss-km 21,2 stellt sich die ungünstigste Einstausituation ein. Der Nachweis der Standsicherheit des Lechdeichs wird deshalb für diesen Deichabschnitt durchgeführt.

3. Bestehende Verhältnisse

3.1 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Die Beurteilung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse am Standort erfolgte auf der Grundlage eines geotechnischen Berichts der Crystal Geotechnik GmbH, der uns von der BEW zur Verfügung gestellt wurde.

Die bestehenden Verhältnisse im Bereich des Deichs können anhand des Bohrprofils B21610 R bewertet werden (siehe Abbildung 3.1). Die Bohrung wurde in der Deichachse bis in eine Endtiefe von ca. 10 m abgeteuft.

Gemäß den Ergebnissen im geotechnischen Bericht besteht die Deichschüttung überwiegend aus kiesigem Material. Der Deich wird von quartären Kiesen unterlagert, die in einer Mächtigkeit von ca. 6 m anstehen. Dabei handelt es sich um mitteldicht gelagerte, schluffig, sandige Kiese mit hoher Wasserdurchlässigkeit. Nach den im Labor durchgeführten Messungen wurden Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von ca. $1 \cdot 10^{-3}$ m/s ermittelt. Unter den Kiesen sind tertiäre Bodenschichten zu erwarten, die als schluffige, teils tonige Sande vorliegen.

Die für die Standsicherheitsuntersuchung eingesetzten Bodenparameter des Deichschüttmaterials und der darunter angetroffenen Böden wurden aus dem o.g. geotechnischen

Bericht entnommen. Die Bodenparameter für den Auflastfilter wurden von der BEW zur Verfügung gestellt.

Die charakteristischen Bodenkennwerten der angetroffenen Böden, sind in der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Tabelle 3.1 zusammengestellt. Sie bilden die Grundlage für die nachfolgend beschriebenen Standsicherheitsuntersuchungen.

Tabelle 3.1: Bodenkennwerte der vorhandenen Bodenschichten

Bodenschicht	Wichte		Scherparameter		Wasserdurchlässigkeit
	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	ϕ' °	c' kN/m ³	k_f m/s
Oberboden	30	2	20	5	$5 \cdot 10^{-5}$
Deichkörper	19	9	32,5	0	$5 \cdot 10^{-5}$
Auflastfilter:					
- Gebrochenes Material	21	11	37,5	0	$1 \cdot 10^{-2}$
- Lechkies	21	11	32,5	0	$1 \cdot 10^{-2}$
Quartäre Kiese	21	11	35	0	$1 \cdot 10^{-3}$

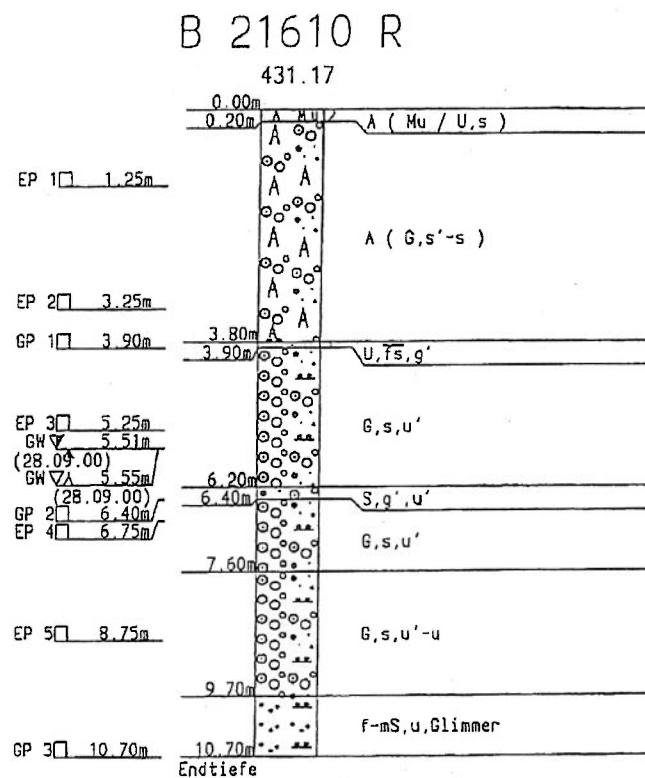


Abbildung 3.1: Bohrprofil B21610 R, (Geotechnischer Bericht, 2000)

4. Bestimmung der Potentialverteilung

Die Bestimmung der Sickerwasserlinie erfolgte mittels numerischer Grundwassermodelle. Für die Berechnungen wurden das EDV-Programm Flow2D eingesetzt, das von der Firma GGU mbH, Braunschweig entwickelt wurde. Das Programm benutzt ein Finite-Elemente-Verfahren.

Für die Berechnung der Potenzialverteilung wurden Baugrundeigenschaften angenommen, die gemäß der Ergebnisse des Geotechnischen Berichts zusammengestellt wurden. Für den unmittelbaren Bereich an den Deichen können sie als hinreichend genau angesehen werden. Die verwendeten Durchlässigkeitsbeiwerte können der Tabelle 3.1 entnommen werden.

Die Potenzialverteilung wurde für die nachfolgend beschriebenen Fälle ermittelt. Die Berechnungsergebnisse wurden als Porenwasserdrucknetz in die Böschungsbruchberechnungen übertragen.

▷ Normalfall

Zunächst wurde die Sickerlinie bei einer planmäßigen Belastung des Lechdeichs ermittelt (100-jährliches Hochwasser). Angaben zur Wasserspiegellage im Lech wurden von der BEW zur Verfügung gestellt. Nach der vom WWA Donauwörth veröffentlichten Lechstudie ist bei Lech km 21,2 für das BHQ 1 (HQ 100 (n-1 Fall)) mit einem Wasserspiegel von 430,22 m üNN zu rechnen. Landseitig des Lechdeichs kommt es nicht zu einem Einstau. Das Sickerwasser kann demnach über die Geländeoberfläche nach Osten abfließen.

▷ Zustand bei gleichzeitig auftretendem Hochwasserablauf in der Altnet

Nach der Umsetzung der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich der TG III kann die Überschwemmungsfläche der Altnet bei sehr seltenen Hochwasserereignissen den rechten Hochwasserdeich des Lechs erreichen. Für die ungünstigste Einstausituation bei Fluss-km 21,2 stellt sich auf der rechten Seite des Lechdeichs ein Wasserspiegel von 427,84 m üNN ein. Dieser Wert wurde bei der Berechnung der Potenzialverteilung angesetzt.

Wasserseitig des Lechdeichs wurde der o.g. HQ₁₀₀-Wert von 430,22 m üNN angesetzt, da diese auf der sicheren Seite liegende Vorgehensweise bei einer Besprechung mit der BEW und dem WWA festgelegt wurde. Der Vollständigkeit halber sei jedoch darauf hingewiesen, dass ein gleichzeitiges Auftreten eines 100-jährlichen Hochwassers im Lech und in der Altnet äußerst unwahrscheinlich ist und jedenfalls wesentlich seltener als einmal in 100 Jahren auftreten wird.

5. Tragsicherheit

5.1 Bemessungsfälle

Auf der Grundlage der DIN EN 1997 – 1/NA wurden folgende Bemessungsfälle untersucht:

▷ Normalfall BS-P: Einstau auf Bemessungswasserspiegel

Die ständige Bemessungssituation (BS-P) beschreibt die planmäßige Belastung der Hochwasserschutzanlagen. Die Anlagen müssen die auftretenden Einwirkungen schadensfrei überstehen. Für diesen Fall wird der Einstau angesetzt, der bei einem Bemessungshochwasser im Lech auftreten kann.

▷ **Planungszustand BS-A: zusätzlicher Einstau auf der Luftseite**

Außergewöhnliche Bemessungssituationen treten bei unplanmäßigen Belastungen z.B. bei einem extremen Hochwasserereignis ein. Im hier vorliegenden Fall kann es nach der Umsetzung der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen bei sehr seltenen Hochwasserereignissen zu einer stärkeren Beaufschlagung der Altnet kommen, so dass die Größe des Überschwemmungsgebiets zunimmt und den rechten Hochwasserdeich des Lechs erreichen kann. Sollte gleichzeitig ein relevantes Hochwasser im Lech auftreten, kann es zu außergewöhnlichen Einwirkungen kommen.

5.2 Standsicherheitsuntersuchungen

Die Berechnungen wurden gemäß DIN 4084 mit dem Lamellenverfahren durchgeführt. Für die Berechnungen wurde das EDV-Programm Stability eingesetzt, das von der Firma GGU mbH, Braunschweig entwickelt wurde. Bei der Berechnung der einzelnen Fälle wurden Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIN 1054 verwendet. Berechnet wird der Ausnutzungsgrad der Teilsicherheiten $1/f$. Ein Ausnutzungsgrad < 1 bedeutet, dass die verwendeten Teilsicherheitsbeiwerte nicht ausgeschöpft wurden. Bei einem Ausnutzungsgrad > 1 ist die Standsicherheit dagegen nicht mit ausreichender Sicherheit gewährleistet.

Die für die Berechnungen verwendeten Eingabedaten werden nachfolgend erläutert.

▷ **Bodenkennwerte**

Die Bodenkennwerte wurden entsprechend der Angaben in Tabelle 3.1 angesetzt.

▷ **Verkehrslast**

Der Auflastfilter und ggf. auch die Deichkrone können zu Wartungszwecken befahren werden. Nach Angaben der BEW wird als Verkehrslast ein Wert von $33,3 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Dies entspricht einer Befahrung durch Fahrzeuge der Kategorie SLW 60.

▷ **Wassereinstau**

Wie erläutert wurden zwei Lastfälle untersucht. Die verwendeten Wasserspiegellagen sind in der Tabelle 5.1 zusammengefasst.

Tabelle 5.1: maßgebende Wasserspiegellagen (müNN) bei Fluss-km 21,2

Lastfall	Wasserspiegellage (Wasserseite)	Wasserspiegellage (Luftseite)
BS-P	430,22	-
BS-A	430,22	427,84

• **Porenwasserdruck**

Die Potenzialverteilung und die Lage der Sickerlinie liegt als Ergebnis der stationären Grundwasserberechnungen vor (vgl. Kap. 4).

Nach den o.g. Normen muss der Tragfähigkeitsnachweis für der Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtsicherheit erfolgen (Grenzzustand GEO-3). Die Teilsicherheitsbeiwerte, die für diesen Zustand gemäß DIN 1054 bei der Böschungsbruchberechnung berücksichtigt werden müssen, sind in der Tabelle 5.2 in Abhängigkeit der Bemessungssituation aufgelistet.

Tabelle 5.2: Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen nach DIN 1054 (GrenzzustandGEO-3)

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Bemessungssituation		
	BS-P	BS-T	BS-A
ständige Einwirkungen	1,00	1,00	1,00
ungünstigste Veränderliche Einwirkungen	1,30	1,20	1,00
Reibungsbeiwert des dränierten und des undränierten Bodens ($\tan \varphi'$ und $\tan \varphi_u$)	1,25	1,15	1,10
Kohäsion c' des drainierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	1,25	1,15	1,10

Die Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen sind im Anhang 1 in Form von Berechnungsausdrücken mit Darstellung aller relevanten Parameter und Berechnungsergebnisse beigefügt. Zusätzlich zum ungünstigsten Gleitkreis wurde auch der relevante Gleitkreis durch den Auflastfilter dargestellt. Es ergeben sich folgende Ausnutzungsgrade der Teilsicherheitsbeiwerte:

Tabelle 5.3: Ausnutzungsgrade der Teilsicherheitsbeiwerte bei Fluss-km 21,2.

Bemessungssituation und Verkehrslast	Normalfall		Außergewöhnlicher Lastfall	
	Ausnutzungsgrad (Plan-Nr.) ungünstigster Gleitkreis	Ausnutzungsgrad (Plan-Nr.) Gleitkreis durch Auflastfilter	Ausnutzungsgrad (Plan-Nr.) ungünstigster Gleitkreis	Ausnutzungsgrad (Plan-Nr.) Gleitkreis durch Auflastfilter
BS-P, Verkehrslast auf Krone und Auflastfilter	1,02 (1)	0,83 (3)	1,02 (10)	0,84 (11)
BS-P, nur Belastung Auflastfilter	0,84 (2)	0,77 (4)	0,84 (12)	0,77 (13)
BS-A, Verkehrslast auf Krone und Auflastfilter			0,87 (14)	0,70 (15)

Wie den Angaben der Tabelle entnommen werden kann, ergibt sich für den Normalfall ohne zusätzlichen Einstau des Lechdeichs an der Landseite durch die Hochwasserabflüsse in der Altnet eine geringe Überschreitung der Ausnutzung der Teilsicherheitsbeiwerte (Plan (1); $1/f = 1,02$). Maßgeblich dafür ist der Umstand, dass bei dieser Berechnung entsprechend den Vorgaben der BEW auch auf der Deichkrone eine Verkehrslast angesetzt wurde, die einer Befahrung mit einem SLW 60 entspricht. Wie die folgende Abbildung 4.1 zeigt, ist eine derartige Befahrung im Hochwasserfall bei einem landseitigen Einstau des Deichs zumindest von der Nordseite an der Staatsstraße 2015 jedoch kaum möglich. Die nächste Deichauffahrt im Süden liegt in einer Entfernung von 500 m. Eine so lange Strecke wird man vermutlich

nicht durch Rückwärtsfahrt bewältigen, da ein Deichhinterweg zur Deichverteidigung zur Verfügung steht.



Abbildung 4.1 Situation am Lechdeich südlich der St 2045

Bei sonst gleichen Randbedingungen wird im Fall eines zusätzlichen Einstaus an der Landseite des Deichs die gleiche Ausnutzung der Teilsicherheitsbeiwerte berechnet (Plan (10); $1/f = 1,02$). Der landseitige Einstau durch Hochwasserabflüsse in der Altnet führt somit nicht zu einer Verringerung der Sicherheit. Berechnet man die Ausnutzung der Teilsicherheitsbeiwerte für den eigentlich maßgebenden Bemessungsfall BS-A, ergibt sich maximaler Wert $1/f = 0,87$. Die Standsicherheit des Deichs ist somit bei diesem sehr unwahrscheinlichen Fall gewährleistet.

Verzichtet man auf den Ansatz einer Verkehrslast auf der Deichkrone, ergibt sich sowohl im Normalfall als auch im Fall mit zusätzlichem landseitigen Einstau jeweils ein maximaler Ausnutzungsgrad der Teilsicherheitsbeiwerte von 0,84. Der landseitige Einstau des Deichs hat somit keine nachteiligen Auswirkungen auf dessen Standsicherheit.

Eching am Ammersee, den 31.01.2018

BESTANDTEIL
DES BESCHIDES

vom 12. OKT. 2023

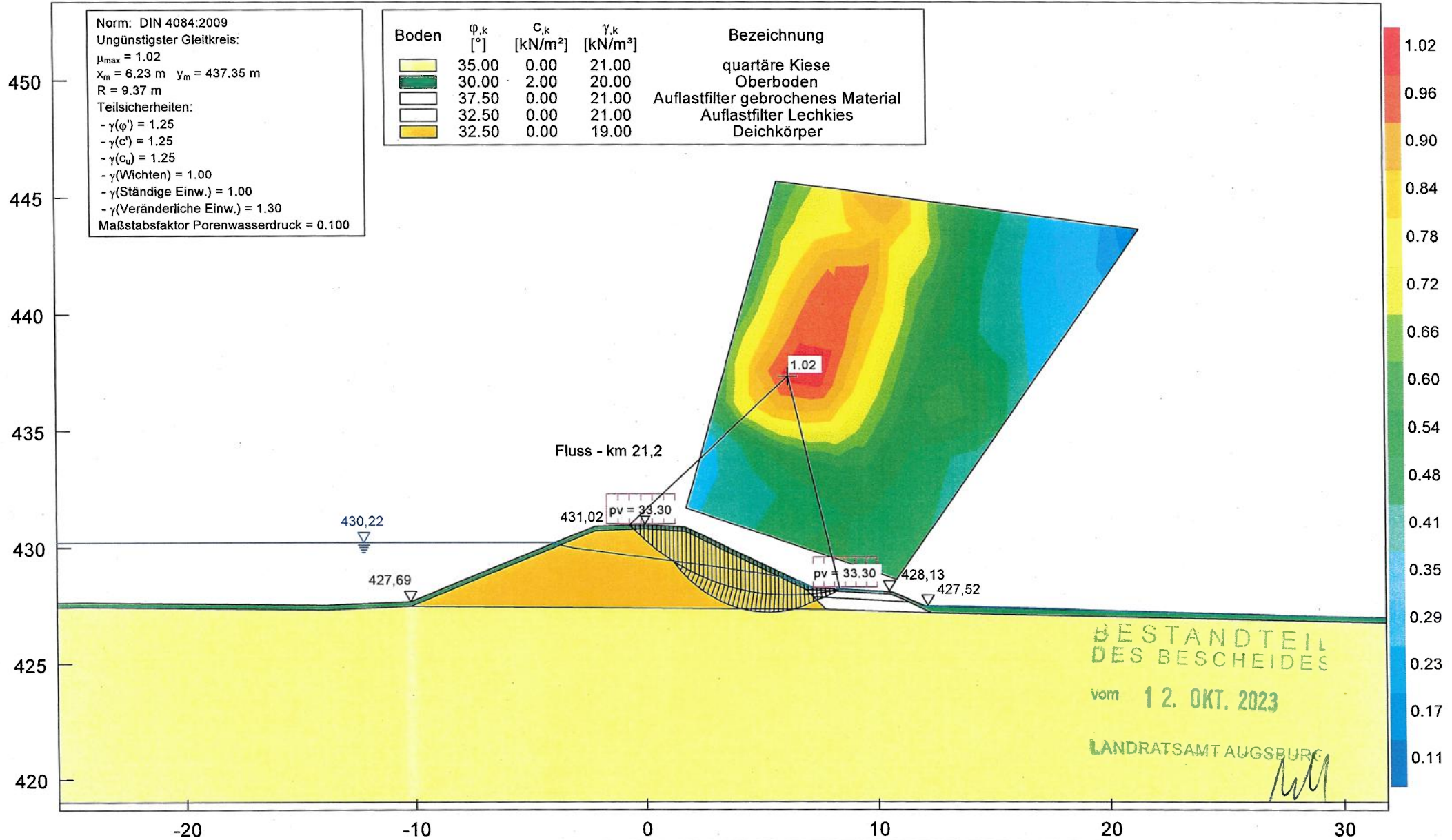
LANDRATSAMT AUGSBURG

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG

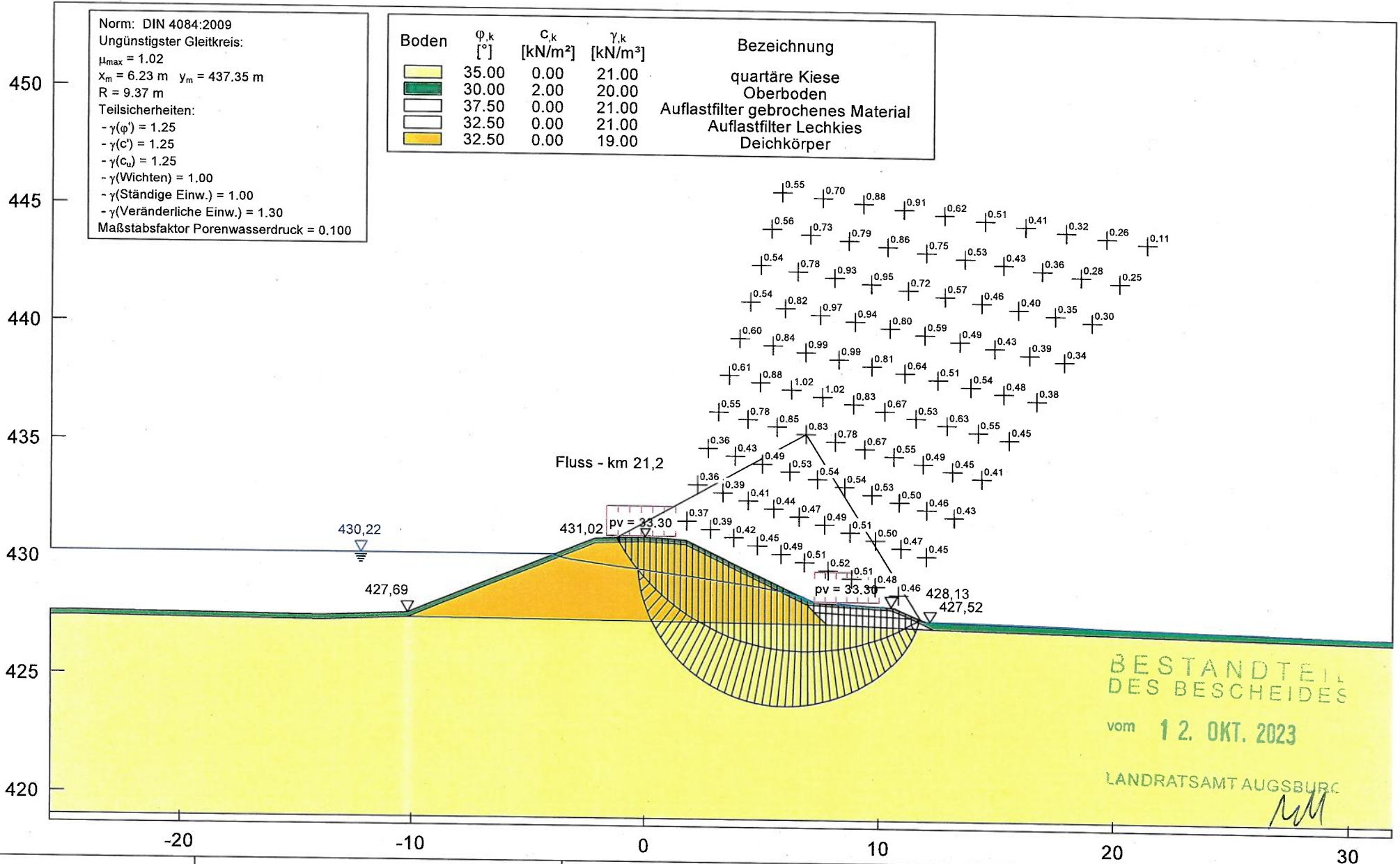
Bernhard Vogt
(Diplom-Ingenieur)

Anlage 1

Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 (Ergebnisdrucke)

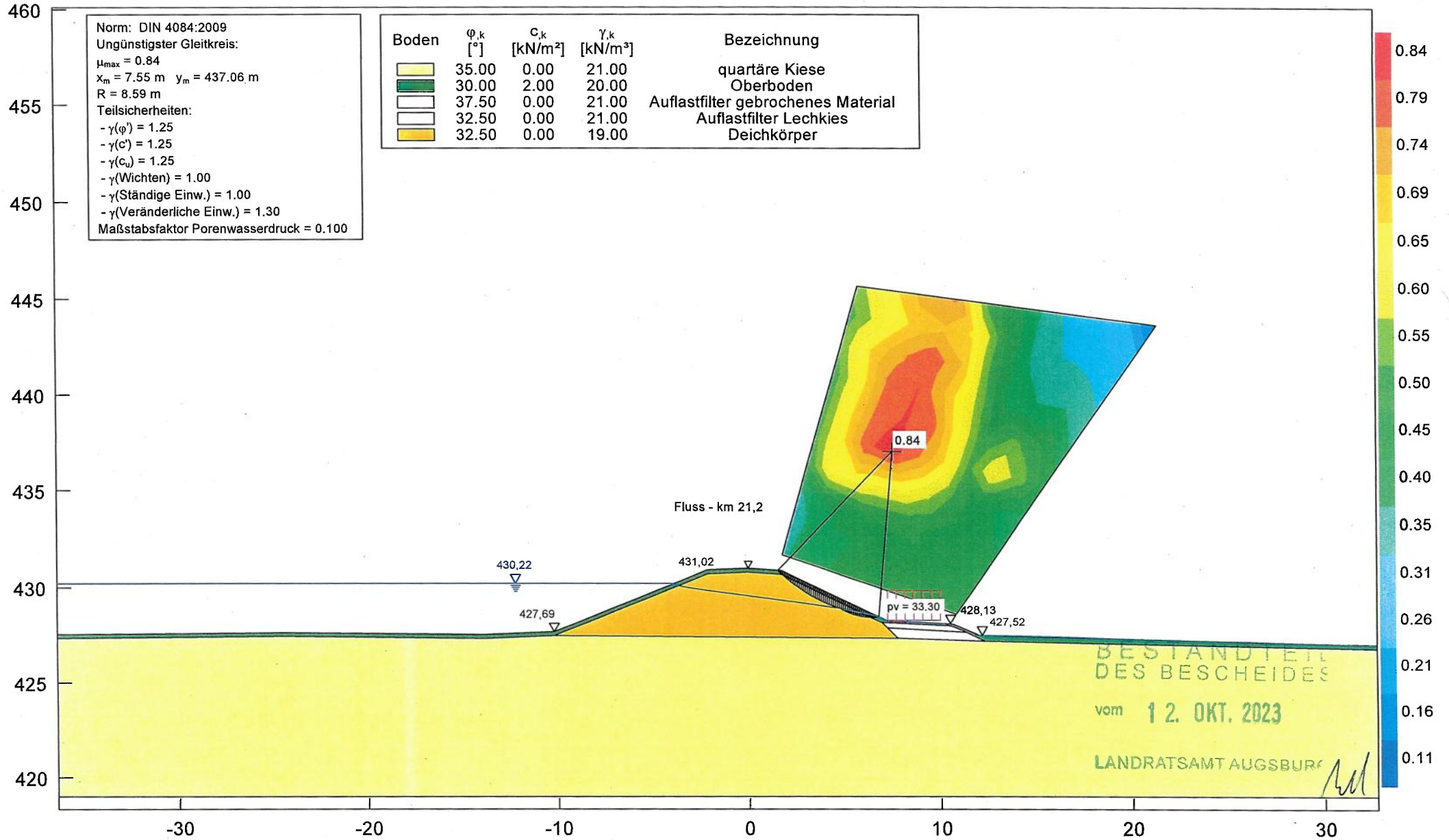


Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Normalfall, Lastfall BS-P	Plan Nr.:	1
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018

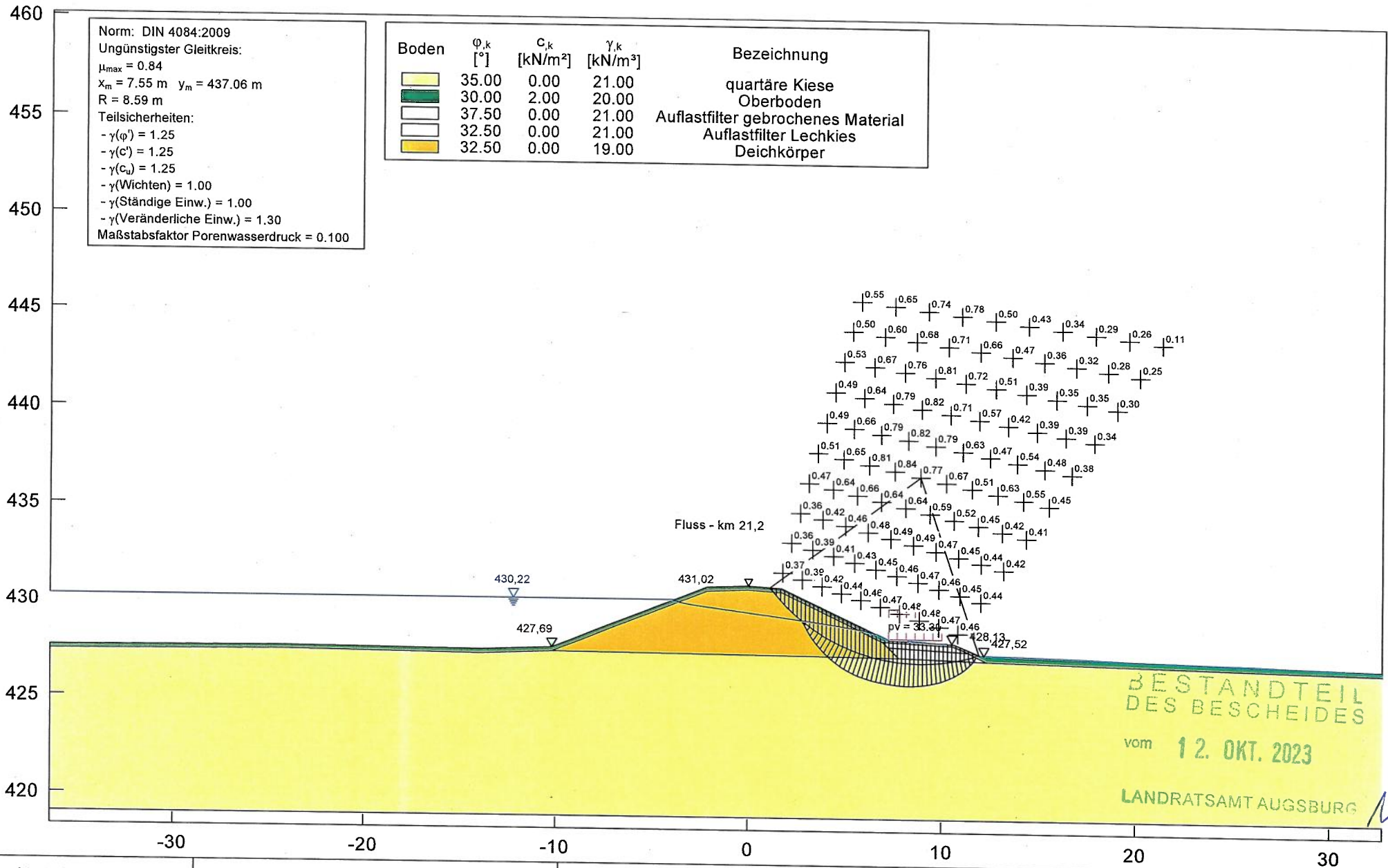


BESTANDTEIL
 DES BESCHIEDES
 vom 12. OKT. 2023
 LANDRATSAMT AUGSBURG
MM

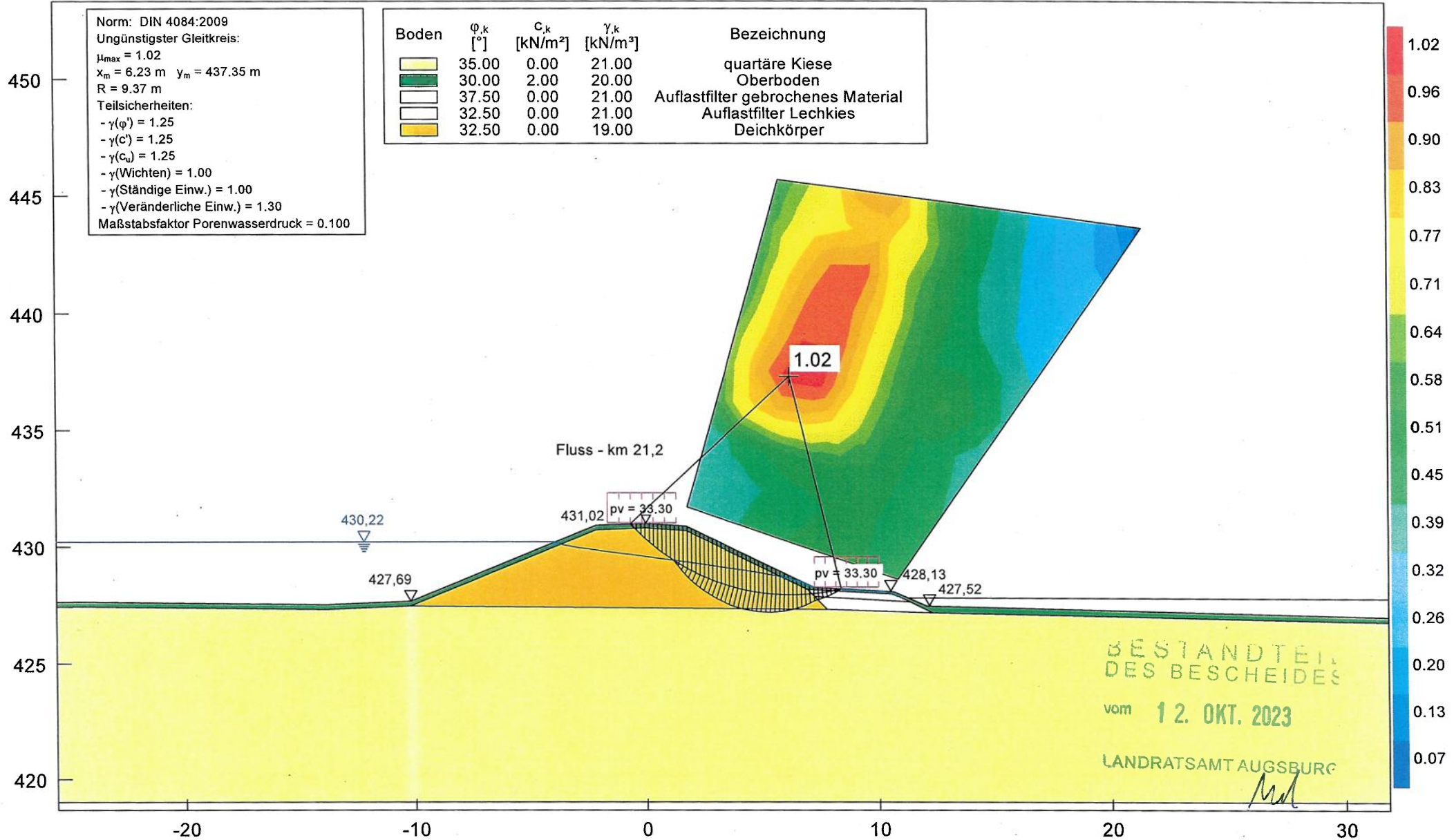
Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Normalfall, Lastfall BS-P	Plan Nr.:	2
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018



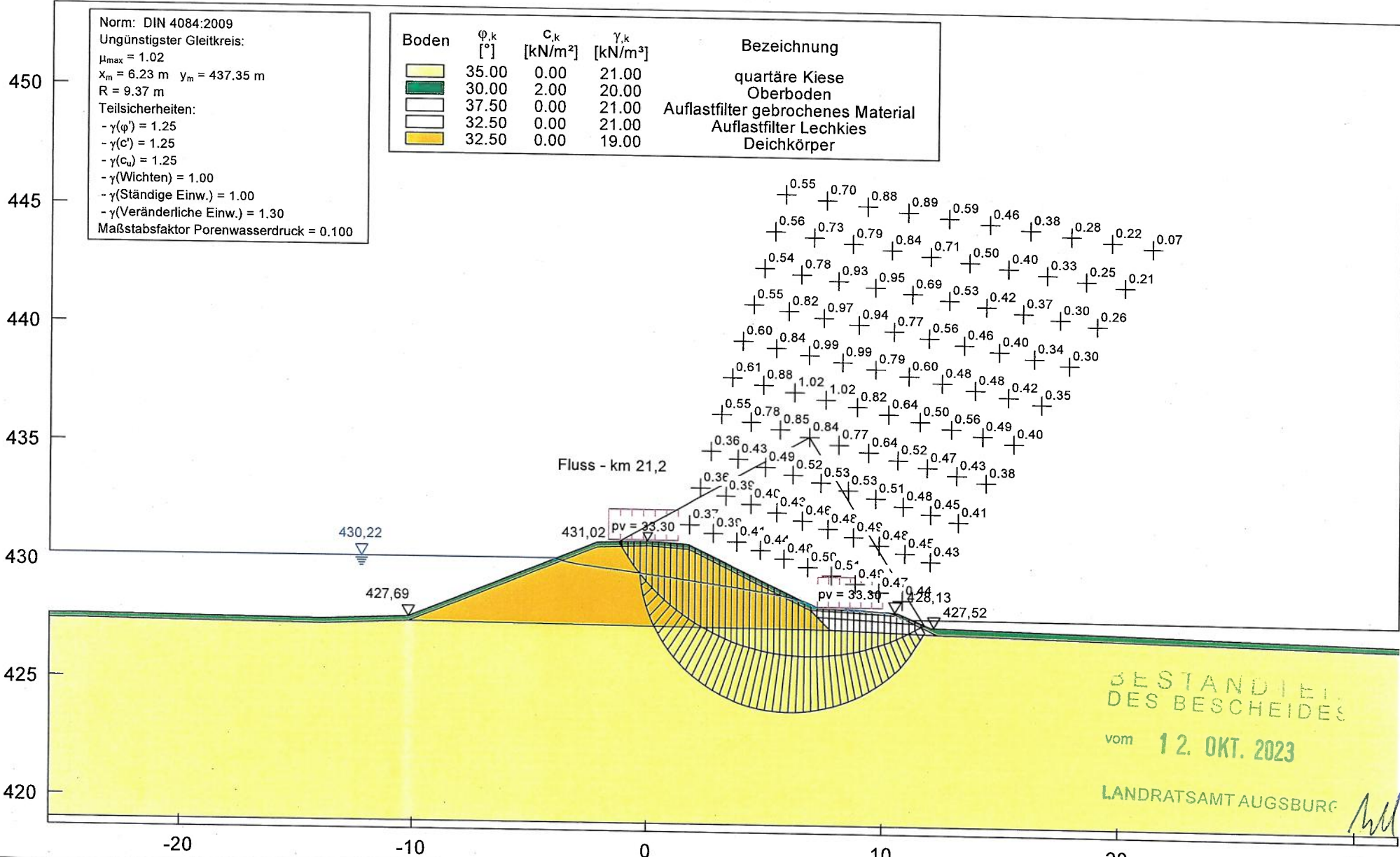
Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Normalfall, Lastfall BS-P (nur Belastung Auflastfilter)	Plan Nr.:	3
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018



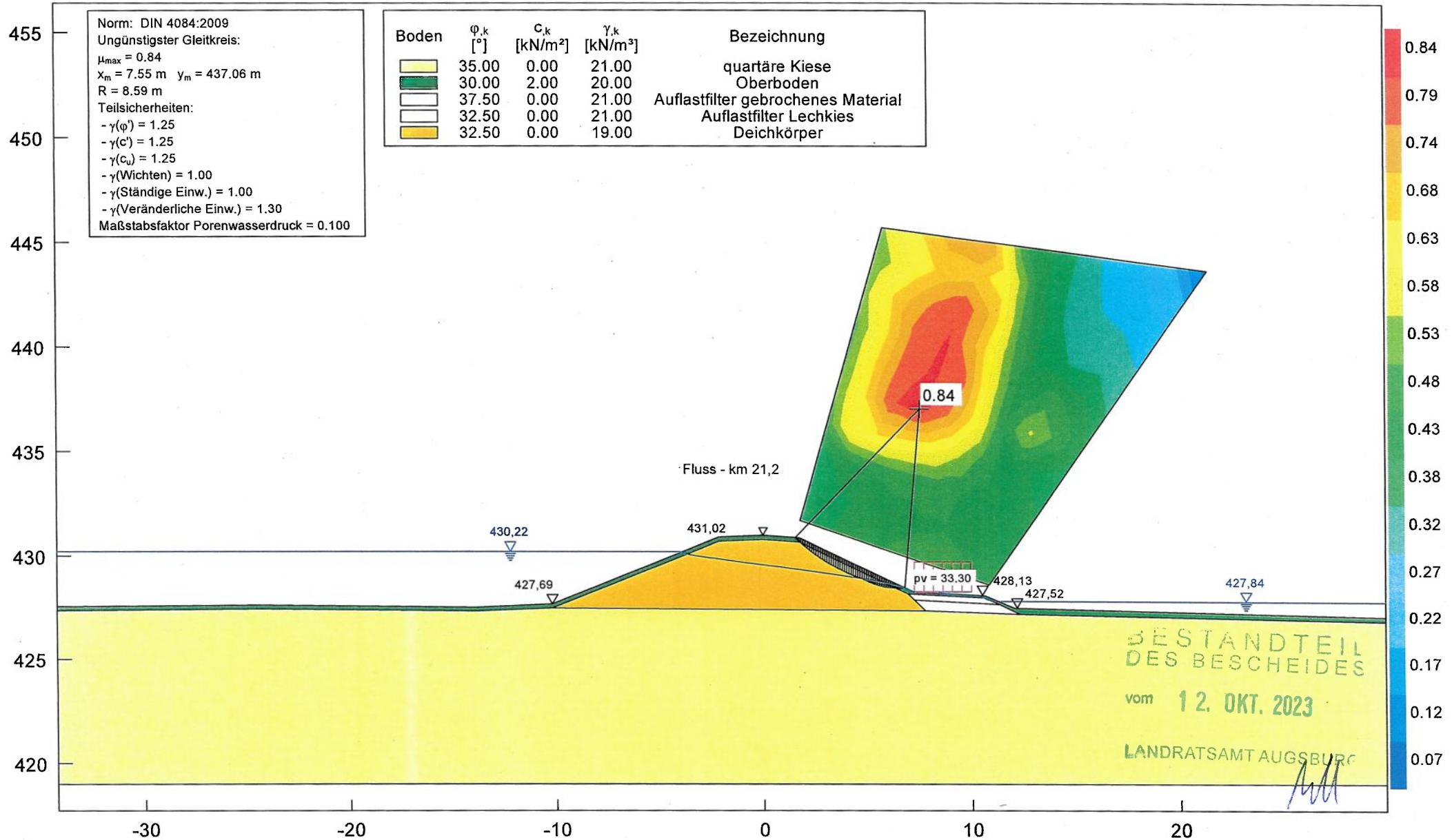
Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Normalfall, Lastfall BS-P (nur Belastung Auflastfilter)	Plan Nr.:	4
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018



Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Luftseitiger Einstau, Lastfall BS-P	Plan Nr.:	10
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018








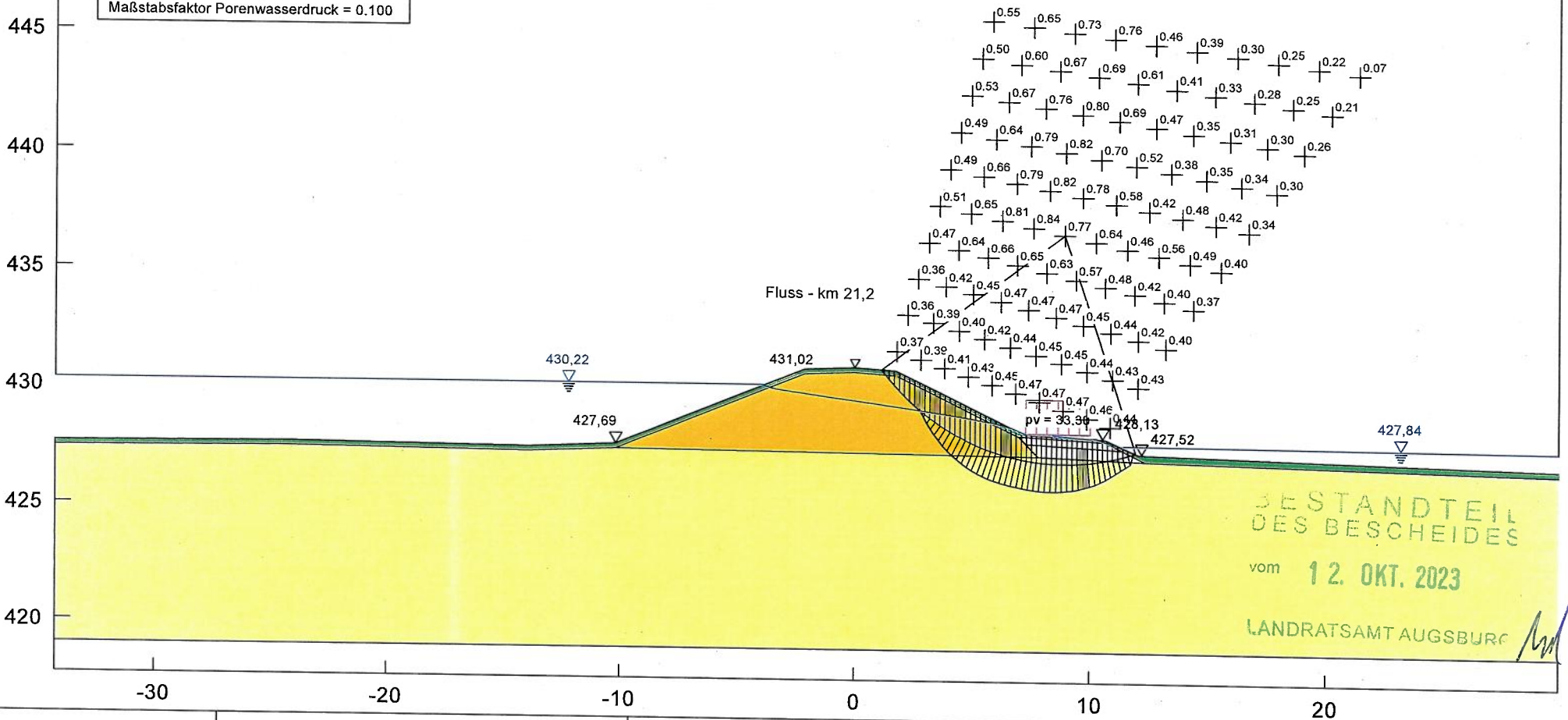
Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Luftseitiger Einstau, Lastfall BS-P	Plan Nr.:	11
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018



Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Luftseitiger Einstau, Lastfall BS-P	Plan Nr.:	12
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018

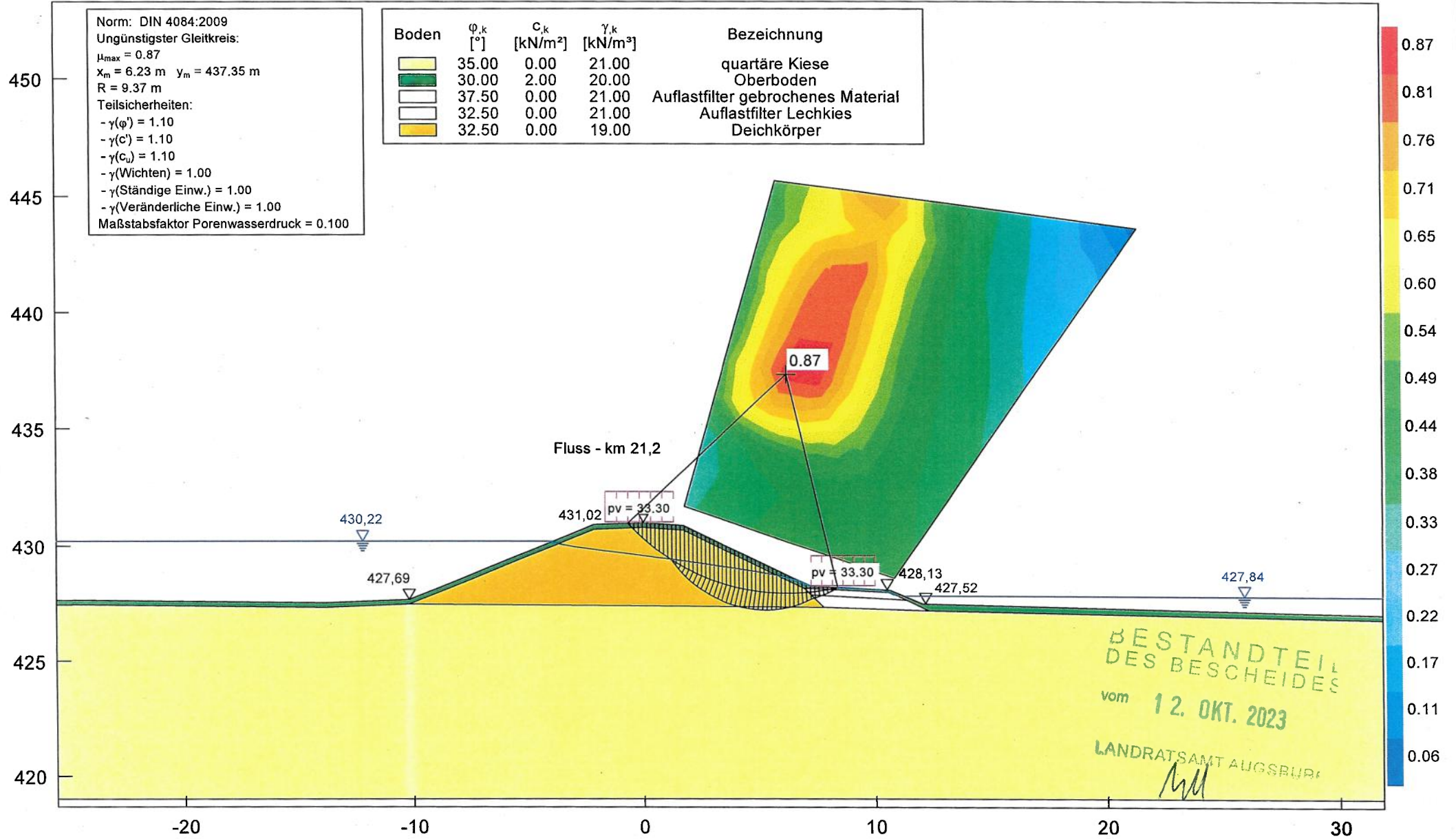
Norm: DIN 4084:2009
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.84$
 $x_m = 7.55 \text{ m}$ $y_m = 437.06 \text{ m}$
 $R = 8.59 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 Maßstabsfaktor Porenwasserdruck = 0.100

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	35.00	0.00	21.00	quartäre Kiese
	30.00	2.00	20.00	Oberboden
	37.50	0.00	21.00	Auflastfilter gebrochenes Material
	32.50	0.00	21.00	Auflastfilter Lechkies
	32.50	0.00	19.00	Deichkörper

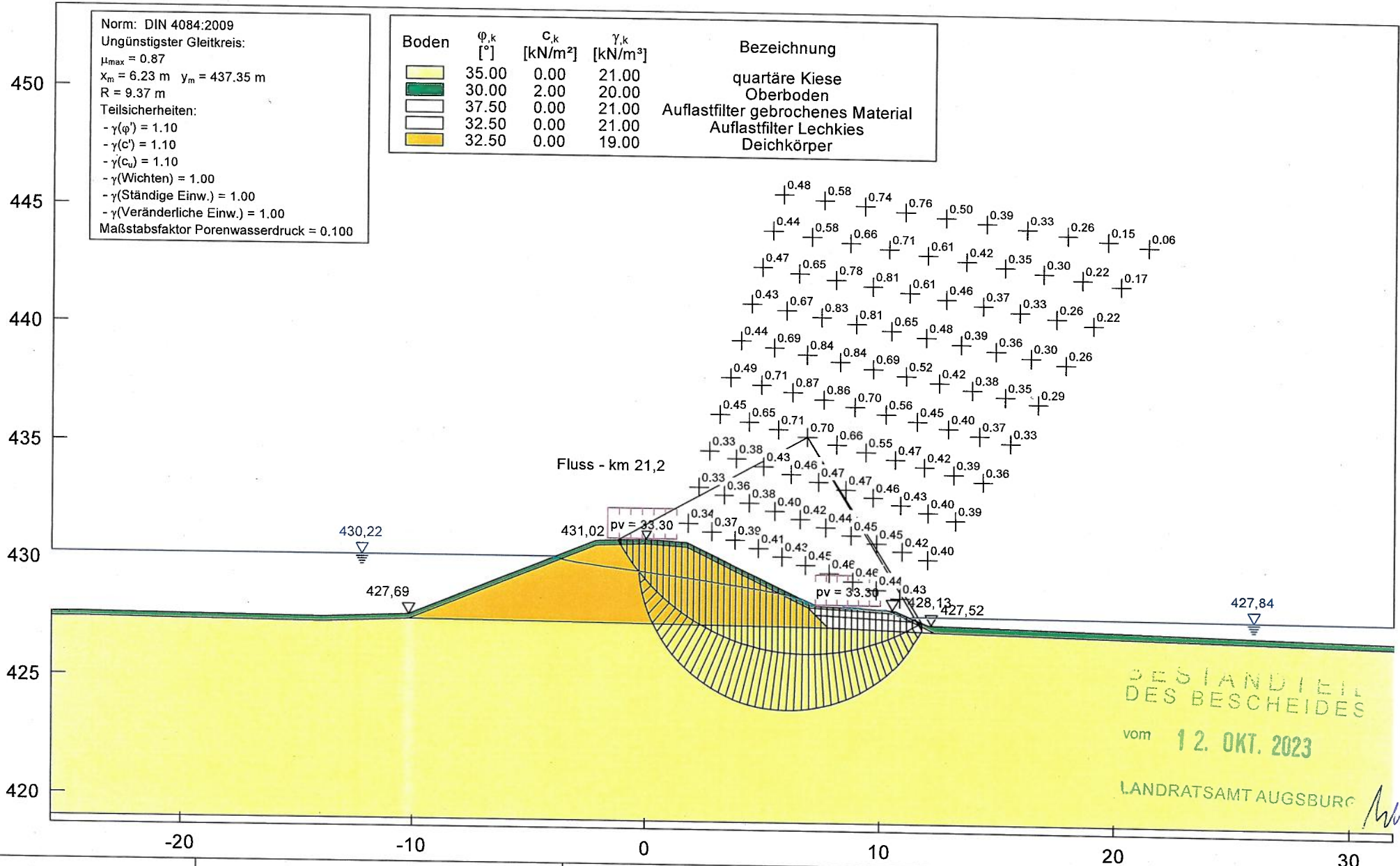


BESTANDTEIL
 DES BESCHIEDES
 vom 12. OKT. 2023
 LANDRATSAMT AUGSBURG

Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Luftseitiger Einstau, Lastfall BS-P	Plan Nr.:	13
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018



Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Luftseitiger Einstau, Lastfall BS-A	Plan Nr.:	14
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018



Vorhaben	Hochwasserschutz Markt Thierhaupten	Standsicherheitsberechnung nach DIN 4048 Lechdeich bei Fluss-km 21,2, Bereich TGIII Luftseitiger Einstau, Lastfall BS-A	Plan Nr.:	15
Vorhabensträger	Markt Thierhaupten		Anhang:	1
Verfasser	Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure		Datum:	31.01.2018