



Dipl.-Ing. Karl HARTL

Staatlich befugter und beedeter Zivilingenieur für Bauwesen
Statische Berechnung + Konstruktive Planung
A-4030 Linz, Dallingerstraße 25

Mobil 0699/17 372 372
www.hartl-statik.at
email hartl.statik@aon.at

Linz, Oktober 2022

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Fugenlos und Flüssigkeitsdicht

FORSCHUNGSARBEIT über die Beton- und Gleitschichtversuche

zur Ermittlung der Rechenparameter für die geeignete Betonsorte und
die wirtschaftlichste Gleitschicht, zur Bemessung des Aufbetons.

Der Aufbeton mit schlaffer Bewehrung und wahlweise mit Vorgespannter Bewehrung.

Inhaltsverzeichnis :

1. AUFGABENSTELLUNG	2
1.1 Anforderung	2
1.2 Lösung	2
1.3 Betonkennwerte	2
1.4 Gleitschicht.....	2
2. BETON-VERSUCHE	3
2.1 Allgemeines	3
2.2 Schalung und Betoneinbringung:	3
2.3 Gemessene Längen- und Temperaturänderungen.....	9
2.4 Auswertung der Messwerte, Temperaturdehnung und Schwindmaß	10
2.5 Gemessene Betondruck- und Zugfestigkeiten	14
2.6 Auswertung der Messwerte, Betondruck- und Zugwerte	18
3. GLEITSCHICHT-VERSUCHE	21
3.1 Allgemeines	21
3.2 Aufbau der Untersuchung:.....	21
3.3 Versuchsdurchführung:.....	26
3.3.1 Vers Schub am unbelasteten Beton	26
3.3.2 Vers Schub mit belasten Beton.....	28
3.3.3 Ergebnis der Gleitversuche	31
4. LITERATUR.....	32
1.1 Normen.....	32
1.2 Richtlinien	32
1.3 Zulassungen	32
1.4 Literatur	32

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

1. AUFGABENSTELLUNG

1.1 Anforderung

In einer chemischen Betriebshalle war der Betonfußboden General zu sanieren. Der Boden hatte eine Größe von ca. 70m x 35m und lag im Erdgeschoß. Da der alte Betonboden nicht entfernt werden konnte, sollte die Sanierung durch einen „Estrich“ auf den vorhandenen Unterbeton erfolgen.

Anforderungen:

- .) Flüssigkeitsdichte und Risse freie Ausführung, damit keine Stoffe in das Grundwasser dringen können
- .) Fugenlos oder nur eine minimale Anzahl von Fugen, da diese sonst wieder mögliche Undichtigkeitsstellen oder Wartungsstellen sind
- .) und eine wirtschaftliche Konstruktion.

1.2 Lösung

Als Lösung dieser Aufgabe kamen, in Abstimmung mit dem Auftraggeber, 2 Varianten in die engere Auswahl:

- a.) Ein 8cm dicker Schwerbetonestrich, betoniert auf einer Gleitschichte, bewehrt mit einer Lage Baustahlgitter und maximal großen Feldern zur Minimierung der Fugen oder
 - b.) Eine 18cm dicke vorgespannte fugenlose Betonplatte.
- Auf beiden Ausführungsvarianten war dann noch eine Kunststoffbeschichtung aufzutragen.

Zur Berechnung der wirtschaftlichsten Methode, waren beide Varianten vorweg statisch zu berechnen.

Damit man eine möglichst Risse freie Konstruktion, unter Berücksichtigung der vorhanden örtlichen Gegebenheiten, der örtlich zur Verfügung Betonsorten und der Varianten der möglichen Gleitschichten, berechnen konnte, waren entsprechende Vorversuche erforderlich.

1.3 Betonkennwerte

Beton und Betonrezeptur:

Da die maßgeblichen Betoneigenschaften für die Bemessung einer Risse frei herzustellenden Platte, auf Grund der örtlich vorhandenen Zuschlagstoffe und der zur Verfügung stehenden Zemente, teilweise erheblichen Schwankungen unterliegen, waren entsprechende Vorversuche notwendig.

1.4 Gleitschichte

Ebenso maßgeblich für die Dichtheit der Bodenplatte und den Kosten, ist die Wahl der Gleitschichtkonstruktion.

Da für die in Frage kommenden Gleitschicht-Konstruktionen auf dem vorhandenem Untergrund, relativ glatte Betonoberfläche, keine ausreichenden Bemessungsparameter zur Verfügung standen, wurden ebenso entsprechende Vorversuche durchgeführt.

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

2. BETON-VERSUCHE

2.1 Allgemeines

Bei einer normalen Betonkonstruktion ist der wichtigste Parameter die Druckfestigkeit, welcher für die Bemessungen im Allgemeinen ausreichend ist.

Bei dem zu berechnenden Aufbeton sind für die Bemessung noch zusätzlich die Zugfestigkeit, das Schwindmaß ϵ_{psw} , die Temperaturdehnung α_t und deren zeitliche Entwicklung erforderlich.

Der Versuchsaufbau und die Messapparatur, erfolgte auf Grund meiner Erfahrungen von den bisher von mir durchgeführten Versuchen und Messungen, für Betone für Maschinenfundamente mit sehr kleinen Verformungen (Verformungen im μm Bereich).

Im Vorversuch wurden 4 Betonsorten getestet, 2 Sorten kamen in die nähere Auswahl und wurden dann wie folgt ausführlicher geprüft.

2.2 Schalung und Betoneinbringung:

Der Betonboden sollte in 2 Abschnitten saniert werden, da die Halle während der Sanierung in Betrieb bleiben musste. Die Halle ist mit einer Kühlanlage gekühlt.

Der Schalungsaufbau für die genaueren Betonversuche, erfolgte daher nicht im Labor, sondern in der zu sanierenden Halle, damit die Klimaeinflüsse, wie die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit, mit berücksichtigt werden konnten.

Die seitliche Schalung war ein geschlossener ein viereckiger Stahl-Formrohrrahmen. Der Schalboden, der vorhandene Unterbeton.

Shalungsauskleidung:

Das Messen der Längsdehnungswerte des Betons ist eine schwierige Aufgabe, da es schwierig ist den Beton möglichst Reibungsfrei bzw. möglichst Zwängungsfrei zu lagern.

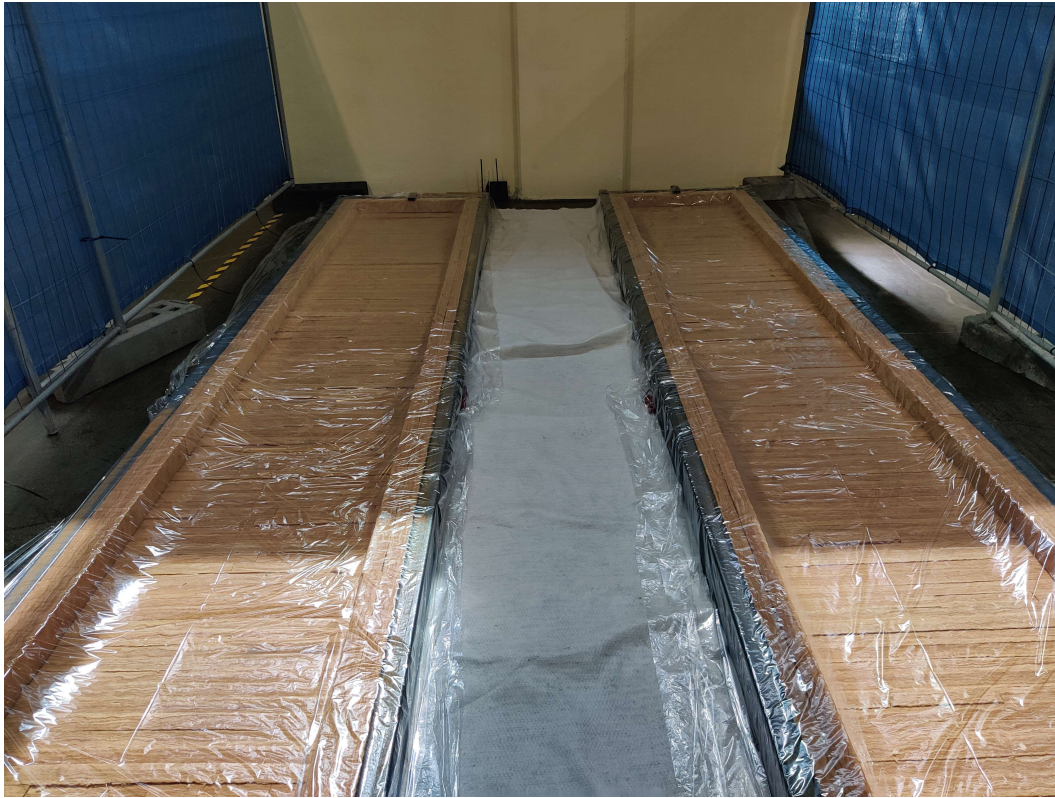
In diesem Fall wurde der Schalboden, welcher der anstehende Betonboden war, und die Seitenschalung mit quer zur Faser geschnittenen Trittschalldämmplatten ausgekleidet.

Der Beton liegt somit auf sehr vielen lotrecht stehenden Fasern auf.

Anmerkung: Andere Auskleidungen zur Reibungsfreien Lagerung haben sich als nicht ausreichend erwiesen.

Weiters kam auf diese Auskleidung eine Folie, wie sie auch beim späteren Betonieren, eingebaut wird.

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



Schalung für 2 Betonsorten

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



Schalungsende mit Formrohr zur des Längenmessgerätes

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



Betoneinbringung

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



Eingebrachter Beton mit Temperaturmesskabeln an der Schalung und im Beton

Nach dem Betoneinbringen wurde der Beton durch das Auflagen einer Folie 7 Tage nachbehandelt. Dann wurde die Folie entfernt.

Damit wurden die gleichen Verhältnisse nachgebaut, wie sie auch später bei der Großsanierung sind.

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



Schalungsende mit Wegmessgerät

2.3 Gemessene Längen- und Temperaturänderungen

Messung der Betonlängenänderung während der Versuchsdauer:

Diese erfolgte durch das Messen der Längenänderung von der mit einbetonierten Stahlkonsole im Beton, zum Querbalken an der Stahlrahmenschalung, jeweils am Ende der Schalung.

Näheres zur Längenmessung siehe unter dem folgendem Pkt 2.4

Messung der Temperaturen:

Es wurden mehrere Sensoren im Beton und am Stahlrahmen angebracht um die Temperaturen zu messen.

Die Aufzeichnung aller Werte erfolgte kontinuierlich mit Datenloggern.

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

2.4 Auswertung der Messwerte, Temperaturdehnung und Schwindmaß

Die Berechnung des Betontemperatur-Ausdehnungskoeffizient α_{t} und des Schwindmaßes $\epsilon_{ps,00}$ erfolgte mit dem von mir erstellten Fortranprogramm F95: BT

Wie bereits ausgeführt, wurden die Betone in einer speziellen Schalung betoniert, in der sie sich fast Widerstandslos ausdehnen und wieder zusammenziehen konnten. Die Längenänderungen, wie die Temperatur des Betons, die Temperatur des Messrahmens und die Luftfeuchtigkeit wurden digital mit Datenloggern gemessen und aufgezeichnet.

Die Eingangswerte in das Programm sind die aufgezeichneten Messreihen aus den Datenloggern.

Die Temperatur des Betons wurde an 2 Stellen gemessen und das Mittel verwendet. Ebenso jene des Stahlrahmens an 2 Stellen (links und rechts) und das Mittel verwendet.

Die Längenänderung des Betons wurde am Ende und am Anfang des Messkörpers gemessen. Die Längenänderung des Betons ist die gemessene Änderung am Betonanfang + die Änderung am Betonende.

Die so berechnete Längenänderung des Betons, ist dann noch um das Maß der Stahlrahmenlängenänderung zu korrigieren.

Das dann erhaltene Maß ist dann die tatsächliche Längenänderung des Betons.

Um den Temperatureinfluss des Betons während den Messungen zu berücksichtigen, wurden die tatsächlich gemessenen Zeiten, für die Berechnung in die Reifezeiten lt Norm umgerechnet.

Die gemessene reine Betonlängenänderung setzt sich aus 3 Anteilen zusammen.
a) der Änderung infolge der Betontemperatur, also $\Delta L_{temp} = \Delta T \cdot \alpha_{t}$, also eine reine lineare Funktion von ΔT .

b) dem autogenen Schwinden laut Norm, $\epsilon_{ps,t} = \epsilon_{ps,00} \cdot (1 - e^{-0.2 \cdot t^{0.5}})$.
 $\epsilon_{ps,00}$ ist ein Fixwert in Funktion von f_{ck} zum Prüfzeitpunkt laut Norm

c) und dem Trockenschwinden
Eine Kurve laut dem Formelapparat nach Norm.

Das autogene Schwinden ist bekannt und wird von der Dehnung abgezogen.
 α_{t} und ϵ_{ps} sind zu berechnen.

Die Berechnung der 2 unbekanntenen Werte erfolgt durch eine 2-fach Iteration von α_{t} und ϵ_{ps} . α_{t} läuft von 0 bis $2 \cdot 10^{-6}$.
Zu jedem α_{t} wird ϵ_{ps} berechnet. Die Berechnung von ϵ_{ps} ist jeweils wieder eine aufwändige Iterationsrechnung.
Das Ergebnis ist das Wertepaar mit den kleinsten Abweichungen von den Messwerten

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

Sind die gesuchten Werte.

Es folgen das Diagramm für die Betonmischung „Normal“, für normal erhärtenden Beton.

$\alpha_t = 9.9 \cdot 10^{-6}$

und $e_{p,sw,oo} = -0.000866$

Und das Diagramm für die Betonmischung „Langsam“, für normal erhärtenden Beton.

$\alpha_t = 11.2 \cdot 10^{-6}$

und $e_{p,sw,oo} = -0.000749$

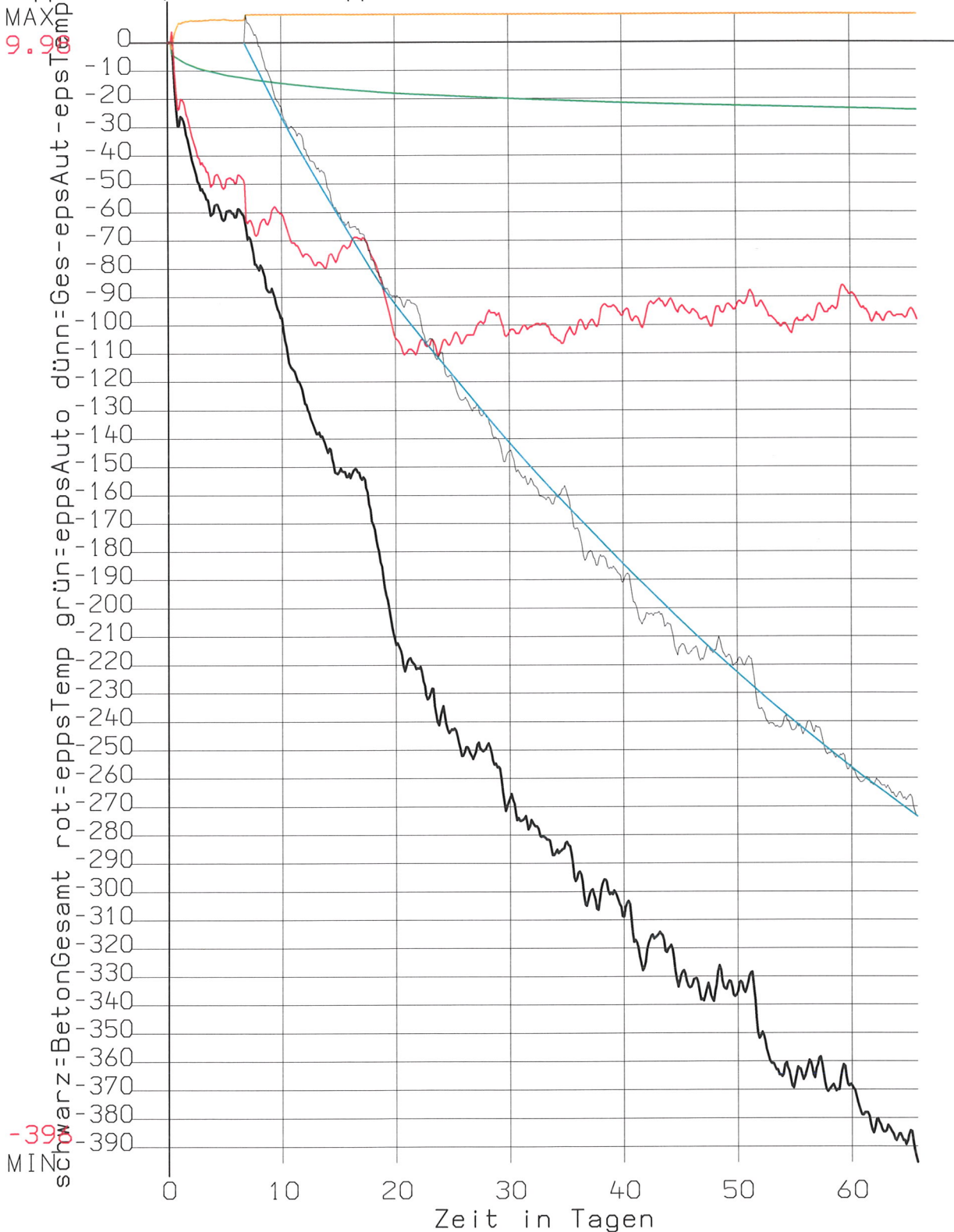
epps*E9 alfat=11.2*E6 eppsSW=-0.000749 Y-MST=1:2.5 X-MST=1:500

MAX
61.0

MIN
-35



epps*E9 alfat= 9.9*E6 eppsSW=-0.000866 Y-MST=1:2 X-MST=1:500



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

2.5 Gemessene Betondruck- und Zugfestigkeiten

Zu den gemessenen Längen- und Temperaturänderungen, wurden auch die Betondruck und Zugfestigkeiten zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen.



Schalung für die Probekörper

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



Messung der Druckfestigkeit, ... ist Standard.



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



Messung der axialen Zugfestigkeit, mit aufgeklebten Stahlplatten.



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



PROJEKT: 2022-13	SEITE: 2
KAPITEL: Beton Versuchsprogramm	KAPNR: 2
BAUTEIL: alfa,t und Schwindbeiwert Serie 2	BAUTN: 4
PUNKT : M1 240+80 -- Rohrdorfer Langsam C25/30/GK16(56) CEM CEMII/A-S 42.5N WT27 CA3frei	PKTNR: 1

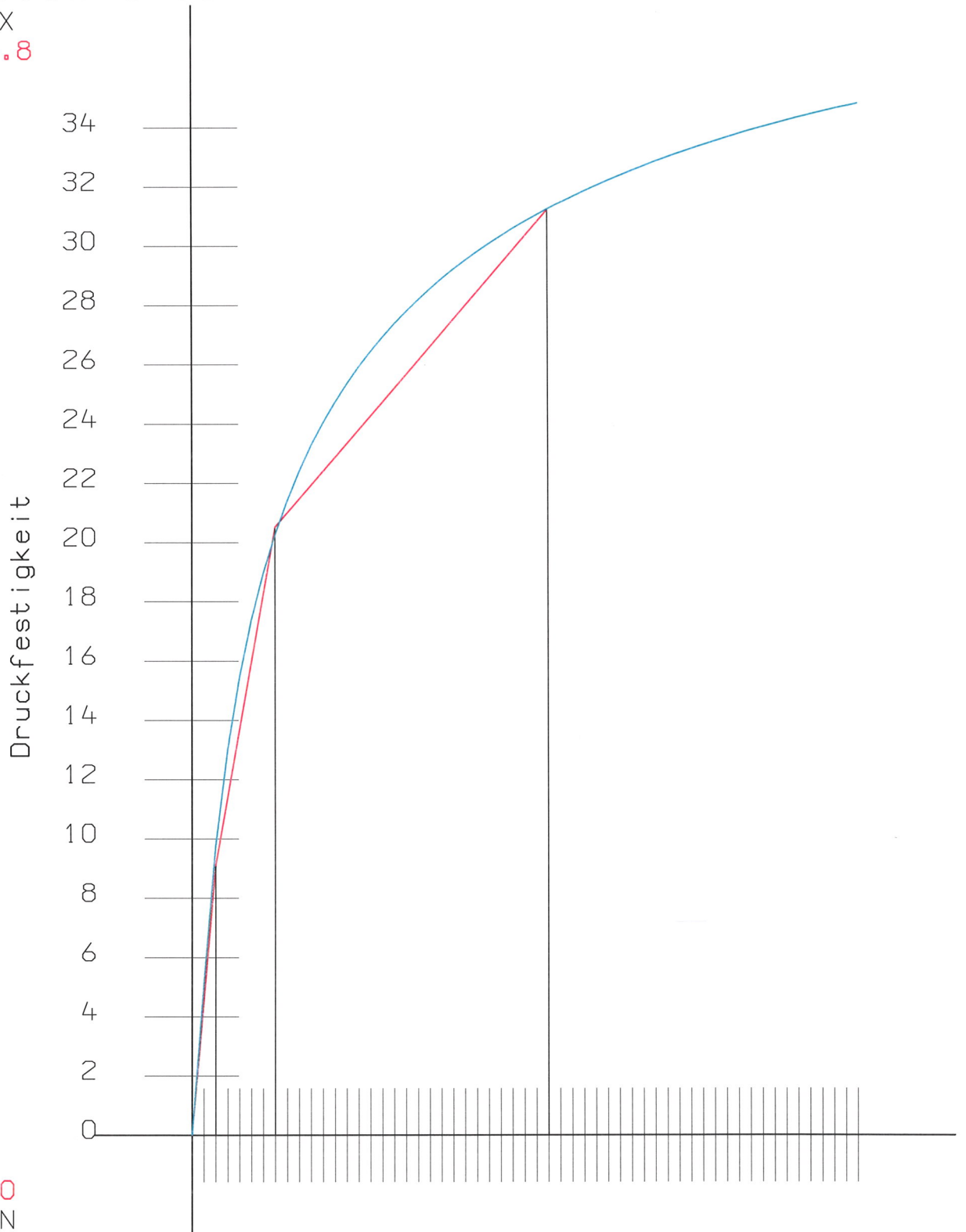
HK 10.03.26 08:08

Betonwerte

Y-MST = 1 : 0.2

X-MST = 1 : 500

MAX
34.8



0.0
MIN

0123456789101121314151617181920212223242526272829303132333435363738394041424344454647484950515253545556

TAGE Blau= 34.80N/mm2 s=0.30 PZ= 56.Tg Schwarz=Norm



Betonwerte

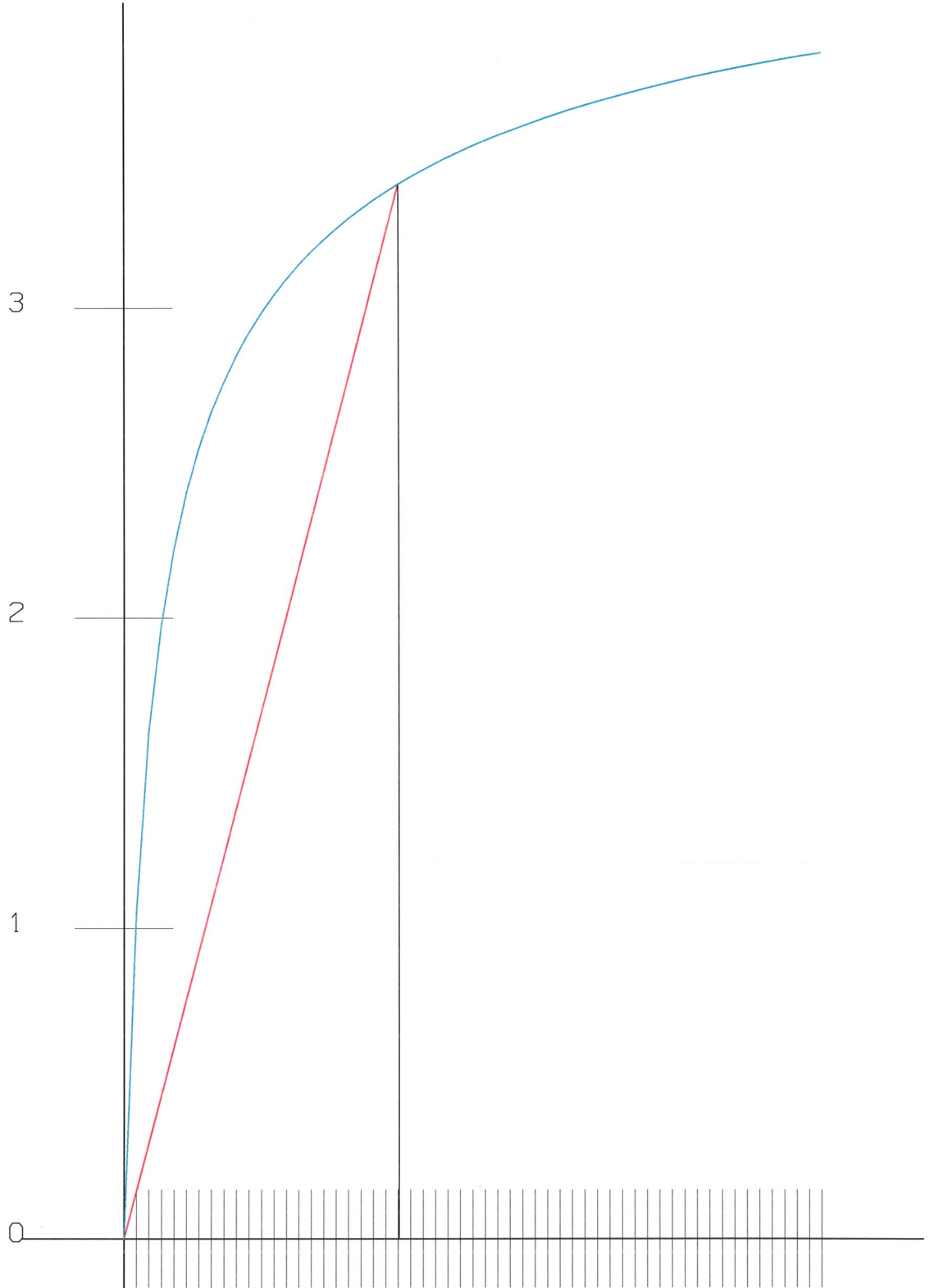
Y-MST=1:0.02

X-MST=1:500

MAX
3.82

Zugfestigkeit

0.0
MIN



TAGE Blau= 3.52N/mm2 s=0.28 PZ= 28.Tg Schwarz=Norm



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

2.6 Auswertung der Messwerte, Betondruck- und Zugwerte

**Berechnung der Betonwerte in Funktion der Zeit nach EN1992 bzw. Modelcode2010:
erfolgte mit dem von mir erstellten Fortranprogramm F95: BetonW**

Zeitfunktion: $\beta_{cc}(t) = e^{s*(1-(PZ/t))}$.. t=Reifezeit
 $\sigma = \sigma(\text{zur Prüfzeit } PZ) * \beta_{cc}(t) == A * e^{s*(1-(PZ/t))}$
 $E_{mod} = E_{mod}(\text{zur Prüfzeit } PZ) * \sqrt{\beta_{cc}(t)} == A * \sqrt{e^{s*(1-(PZ/t))}}$

Die gemessene Betontemperatur während der Erhärtungszeit wird vom Programm berücksichtigt.

Hierzu wird die Messzeit vom Programm mit Funktion von (5.1-85) auf die Reifezeit umgerechnet.

Für die Berechnung der 4 Kurven

sigma zug : f_{ct} =Bruchzugfestigkeit in N/mm²

sigma druck : f_{cm} =Bruchdruckfestigkeit in N/mm²

E_{mod} zug : N/mm²

E_{mod} druck: N/mm²

sind auf Grund der o.a. Formeln 3 Variablen notwendig:

A = Basiswert zum Prüfzeitpunkt PZ

s = Zementerhärtungsbeiwert

PZ= Prüfzeitpunkt, Der Wert A zum Zeitpunkt PZ.

Diese 3 Werte sind

a) Normwerte entsprechend der Betonfestigkeitsklasse und dem Zementbeiwert ZMs R,N,S

oder

b) von außen vorgegeben

oder

c) werden bei Fehlen von einem oder allen dreien dieser Werte durch Iteration auf Grund der vorhandenen Messwerte berechnet.

Es müssen mindestens soviel Messwertezeilen vorhanden sein, als Unbekannte zu berechnen sind.

Es folgen die Entwicklung der Druckfestigkeit für den Beton M1

Und der Zugfestigkeit für den Beton M1.

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

3. GLEITSCHICHT-VERSUCHE

3.1 Allgemeines

Zur Berechnung der maximalen Dehnfugenabstände ist die Kenntnis des Reibbeiwertes μ von der eingesetzten Gleitschicht ein wichtiger Parameter.

Um die optimale Gleitschicht zwischen Beton und Untergrund, in Bezug auf die Dehnfugenabstände und die Kosten zu ermitteln, wurden 4 Versuchsfelder aufgebaut.

3.2 Aufbau der Untersuchung:

Beim gesuchten Reibbeiwert für die Berechnung der Fugenabstände gehen 3 Parameter ein. Zum ersten die Eigenschaften der Gleitschicht selbst, dann die Eigenschaften des Untergrundes wie dessen Rauigkeit und Ebenheit und zum Dritten, der darauf eingebaute Beton, wie der Art der Betonabstandhalter, der Betonverdichtung und der damit verbundenen Vorverformung der Gleitschicht.

Um nun die gleichen Gegebenheiten wie beim späteren Einbau zu haben, wurden auf der betreffenden Oberfläche 4 Versuche aufgebaut.

Untergrund : Ebener Asphaltuntergrund

Betoneinbau: Bewehrung auf Betonabstandsklötzchen, Betoneinbau als Fließbeton F59 ohne Rütteln.

Es wurden 4 Betonfelder mit einer Größe von 7.70m x 0.90m x 0.08m wie folgt hergestellt:

Versuch 1: Gleitschicht: 2x Teflonfolie PTFE

Versuch 2: Gleitschicht: PAE Folie 0.2mm + Vlies Polyfelt TS840 + PAE Folie 0.2mm dick

Versuch 3: Gleitschicht: 4mm Bitumenbahn + 1 Lage PAE Folie 0.2mm dick

Versuch 4: Gleitschicht: 2x PAE Folie 0.2mm dick

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton

Beton- und Gleitschichtversuche

3.3 Versuchsdurchführung:

Am 26.9.2022 wurden die Reibbeiwerte wie folgt gemessen:

Das jeweilige Versuchsfeld wurde mit einem hydraulischen Zylinder horizontal verschoben. Zunächst in +X Richtung = Erstverschub und dann in die entgegengesetzte Richtung -X = Zweitverschub.

Der eingesetzte Zylinder hatte einen wirksamen Kolbendurchmesser von 88.9mm.

Der aufgebrauchte Druck zum Verschub wurde in bar =kp/cm² mit Digitalmanometer gemessen. Der Druck zum Verschub wurde in Teilschritten sehr langsam aufgebracht, damit sich ein eventuelles Fließen in der Gleitschicht einstellen konnte.

Zylinder: DN 88.9mm A=6207mm² Kraft $P=(Amm^2/100)*(bar\ kp/cm^2/100)=$ Kraft in kN

Spez.Masse des Betons: gemessen 6.4kg / (0.40m x 0.08 x 0.08) = 2550kg/m³

Gewicht Versuchsfeld: 7.70m x 0.90m x 0.08m x 25kN/m³ = 13.86kN

3.3.1 Verschub am unbelasteten Beton

Die Reibbeiwerte wurden hier nur unter der Auflast des Estrichbetons gemessen.

Dies ist jenes Gewicht, welches während der Erhärtungsphase von 28 bzw. 56 Tagen auf die Gleitschicht einwirkt.

Diese Zeit ist besonders von Wichtigkeit, da der Beton in dieser Zeit noch eine geringe Zugfestigkeit hat und bei der Herstellung von zu großen Betonfeldern, Schwindrisse entstehen.

Es wurde festgestellt, dass die gemessenen Reibbeiwerte μ_y bei der Erstverschiebung und der unmittelbar darauf folgenden Zweitverschiebung in Gegenrichtung nahezu gleich sind.

Die Verschubversuche ergaben folgende Werte:

Versuch 1: 2x Teflonfolie PTFE

1 Verschub: 6.0bar -> 3.72kN -> **0.27**

2 Verschub: 6.0bar -> 3.72kN -> 0.27

Versuch 2: PAE Folie 0.2mm + Vlies Polyfelt TS840 + PAE Folie 0.2mm dick

1 Verschub: 6.5bar -> 4.03kN -> 0.29

2 Verschub: 8.0bar -> 4.97kN -> **0.36**

Versuch 3: 4mm Bitumenbahn + 1 Lage PAE Folie 0.2mm dick

1 Verschub: 9.0bar -> 5.59kN -> **0.40**

2 Verschub: 9.0bar -> 5.59kN -> 0.40

Versuch 4: 2x PAE Folie 0.2mm dick

1 Verschub: 13.0bar -> 8.07kN -> **0.58**

2 Verschub: 13.0bar -> 8.07kN -> 0.58

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

Ergebnis der Schubversuche mit unbelasteten Beton:

1.) Wie zu erwarten lieferte die Variante 1 2x PTFE Folie die besten Werte. Ist aber auch die teuerste Variante.

2.) Erstaunlicher Weise dicht gefolgt von Variante 2: Folie+Vlies+Folie

3.) Die 2. Vershubwerte sind im Regelfall kleiner als die Erstvershubwerte, was aber hier nicht der Fall war. Dies ist vermutlich auf den ebenen Untergrund zurückzuführen, auf denen die Versuchsfelder betoniert wurden, dadurch fällt das Überwinden der Erstrauhigkeit heraus.

4.) Beim Versuch 2 war der Zweitwert sogar etwas höher, was aber auf ein Verkanten des Vlieses zurückzuführen sein könnte. Der Wert ist aber trotzdem noch immer erstaunlich niedrig.

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

3.3.2 Vers Schub mit belasten Beton

Nach der klassischen der Physik ist der Reibbeiwert zwischen 2 Materialien konstant, unabhängig von der andrückenden Normallast, hier der Auflast auf die Gleitschicht.

Es findet aber hier nicht eine klassische die Reibung zwischen 2 Materialien statt. Die „Gleitschichtkonstruktion“ ändert ihre Eigenschaften infolge der Zusammendrückung durch die Nutzlast.

Daher auf den Versuchsfeldern die spätere Nutzlast aufgebracht und die Reibungswerte erneut gemessen.

Es wurden hier erheblich kleinere Reibbeiwerte gemessen, als bei den ersten unbelasteten Vers Schubversuchen.



Auflast mit Papierrollen auf Paletten:

Das Gewicht jeder Palette wurde unmittelbar vor dem Aufbringen mit einer Bodenwaage gemessen.

Gewicht: $559+566+628+562+622+555+637+590=4719\text{kg}$

Summe Lotlast= $14.14+47.19=61.33\text{kN}$

Zylinder: DN 88.9mm A=6207mm² Kraft $P=(A\text{mm}^2/100)*(\text{bar kp/cm}^2/100)=$ Kraft in kN

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche



BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

Ergebnis der Schubversuche mit belasteten Beton:

Versuch 1: 2x Teflonfolie PTFE

Verschub nur mit Eigengewicht: 6.0 bar -> 3.72kN -> **0.27**
Verschub mit Nutzlast : 11.0 bar -> 6.83kN/61.33kN -> **0.11 !**

Versuch 2: PAE Folie 0.2mm + Vlies Polyfelt TS840 + PAE Folie 0.2mm dick

Verschub nur mit Eigengewicht: 8.0 bar -> 4.97kN -> **0.36**
Verschub mit Nutzlast : 26.0 bar ->16.14kN/61.33kN -> **0.26**

Versuch 3: 4mm Bitumenbahn + 1 Lage PAE Folie 0.2mm dick

Verschub nur mit Eigengewicht: 9.0 bar -> 5.59kN -> **0.40**
Verschub mit Nutzlast : 41.0 bar ->25.45kN/61.33kN -> **0.41**

Versuch 4: 2x PAE Folie 0.2mm dick

Verschub nur mit Eigengewicht: 13.0 bar -> 8.07kN -> **0.58**
Verschub mit Nutzlast : 29.0 bar ->18.00kN/61.33kN -> **0.29**

Ergebnis der Schubversuche mit belastetem Beton:

Der Zweite Reibbeiwert mit der PTFE Folie mit 0.11 ist sehr gering.

Auch die Werte mit Folie haben sich um 30% bzw. 50% verringert.

Lediglich der Wert mit der Bitumenbahn blieb gleich.

Die Erstreibungswerte mit Bitumen von 0.40 und für 2x PAEfolie von 0.58 entsprechen ca. den Angaben in der Literatur.

Neu ist die Erkenntnis, dass die Reibbeiwerte nicht konstant sind,
sondern mit Nutzlast, geringer sind.

Diese geringeren Reibbeiwerte verringern die horizontalen Zwangsspannungen unter der Nutzlastbeanspruchung.

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

3.3.3 Ergebnis der Gleitversuche

Bei der Berechnung der maximal möglichen Dehnfugenabstände, ist die genaue Kenntnis des jeweiligen Reibfaktors, extrem wichtig. Die jeweilige Horizontalkraft je finiten Element, zum Zeitpunkt t , ist die Lotlast zum Zeitpunkt t * dem Reibfaktor zum Zeitpunkt t .

Erkenntnis:

Für Berechnungen im Zeitabschnitt 1 = Erhärtungsphase, ist als Auflast nur das Betoneigengewicht vorhanden und es sind die Reibbeiwerte von Phase 1 zu verwenden.

Für Berechnungen im Zeitabschnitt 2 = Nutzungsphase, ist als Auflast das Betoneigengewicht + die Nutzlast vorhanden und es sind die Reibbeiwerte von Phase 2 zu verwenden.

Würde man hier auch mit den Reibbeiwerten von Phase 1 rechnen, so würde man unnötig große H-Lasten erhalten und damit kleinere Dehnfugenabstände.

Berechnung des Bodens:

Zur Berechnung des Bodens wurde von mir ein EDV Programm in F95 geschrieben, welches all diese Erkenntnisse verarbeitet.

Die Eingangsparameter sind unter anderem die Veränderung der Betonwerte mit der Zeit, die Temperaturänderung mit der Zeit, die eventuell von außen aufgebrachten Vorspannkraften (Stufenweises Vorspannen), die Veränderung der Auflast und der Reibbeiwerte. Weiters wurde der Spannungsabbau und die Formänderung infolge des Kriechens berücksichtigt.

Plastische Eigenschaft:

Der Boden, wurde in Form einer finiten Stabkette abgebildet. Eine besondere Herausforderung war die plastische Lagerung der einzelnen Stäbe. Die Lage des Stabmittelpunktes verändert sich nur dann, wenn die Lotlast*Reibfaktor, überschritten ist. Anschließend ändern sich die Kräfte zum linken und rechten Nachbarstab. Der iterative Prozess ist rechentechnisch relativ aufwändig. In F95 und mit den heutigen Rechnern kein Problem.

Dipl.-Ing. Karl Hartl

BETONFUSSBODEN SANIERUNG mit Aufbeton Beton- und Gleitschichtversuche

4. LITERATUR

1.1 Normen

Beton:

ÖNORM EN 1992-1-1 2015-02-15 Eurocode 2 –
Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

ÖNORM B 1992-1-1 2018-01-01 Eurocode 2 –
Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetonbauwerken
Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau

Material:

ÖNORM B 4707 2017-06-01 Bewehrungsstahl
Anforderungen, Klassifizierung und Konformitätsnachweis

ÖNORM B 4710-1 2018-01-01 Beton
Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis

1.2 Richtlinien

ÖVBB Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, 1040 Wien, Karls-
gasse 5:
Weiße Wannen 2018-02-01 Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen
Monobetonplatten 2008-10-01 Herstellung von faserbewehrten monolithischen Betonplatten
Vorspannung 1998-09-01 Verbundlose Vorspannung im Hochbau – Freie Spann-
gliedlage

1.3 Zulassungen

Zulassungen:

Österreichisches Institut für Bautechnik, 1010 Wien, Schenkenstrasse 4:

Europäisch Technische Zulassung ETA-06/0165

Vorspannung 2006-11-15 Litzen-Spannverfahren, intern, ohne Verbund, für das
Vorspannen von Tragwerken

1.4 Literatur

3D Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures

Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Hartl Juni 2002

CEB-FIP MODEL CODE 1990 ISBN 0 7277 1696 4