

Diploma Thesis

**Further development of the thickness design method for
frost protection layers**

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

**Weiterentwicklung der Methodik für die Bemessung von
Frostschutzschichten**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines / einer
Diplom-Ingenieurs/ Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Kiril Stanchev

Matr.Nr.: 01651444

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Ronald Blab**
Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Lukas Eberhardsteiner**
Univ. Ass. Dipl.-Ing. **Kristina Bayraktarova**

Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich Straßenwesen
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Danksagung

Das Bauingenieurwesen Doppelprogramm an der Technischen Universität Wien und der Universität für Architektur Bauingenieurwesen und Geodäsie Sofia war für mich eine Herausforderung und Privileg. Es hat mich sowohl technische und Fach-Kenntnisse und Forschung, als auch interkulturelle Kommunikation, gelehrt. Ich bin stolz und froh dieses Studium mit einer Diplomarbeit im Forschungsbereich Straßenwesen am Institut für Verkehrswissenschaften abzuschließen.

Ich möchte mich bei Frau Univ. Ass. Dipl. –Ing. Kristina Bayraktarova für meine Annahme als Diplomand und für die geduldige, versteckende und präzise Betreuung bedanken. Für die Fertigstellung der vorliegenden Arbeit haben ihre mitgeteilten Ideen in den richtigen Momenten, als auch ihre umfassenden Korrekturen viel geholfen, wofür ich ehrlich dankbar bin. Auch möchte ich Herrn Univ. Prof. Ronald Blab und Herrn Univ. Ass. Dipl. –Ing. Dr. techn. Lukas Eberhardsteiner für die Unterstützung und die Ideen im großen Ganzen danken.

Für die Verwirklichung all dessen möchte ich mich bei meinen Eltern und Verwandten herzlich bedanken, die mich in meinem Weg zum Studienabschluss bedingungslos unterstützt haben.

Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird versucht eine vorgeschlagene Methode für Dimensionierung von Frostschutzschichten [1] weiterzuentwickeln. Der Bedarf an der Entwicklung einer Dimensionierungsmethode von Frostschutzschichten erscheint wegen ihres Mangels in den Österreichischen Straßenoberbaurichtlinien und auch wegen des Bedarfs in der Praxis. Die bestehende Dimensionierung in den Richtlinien folgt keiner bestimmten Methode. Die Frostschutzschicht wird durch Schichtdickenanpassung aufgrund langjähriger Erfahrungen dimensioniert.

Zuerst wird der Einfluss der Frosteindringung auf den Straßenaufbau erläutert, wobei das Mechanismus der Eisbildung und die Arten von Frostschäden an Straßen beschrieben werden. Die Oberbaubemessung gemäß der Österreichischen Straßenoberbaurichtlinie, als auch das Differenzenverfahren für Ermittlung der Temperaturverteilung in Straßenaufbauten werden erklärt.

Im nächsten Schritt werden verschiedene Klimaparameter bezüglich ihres Zusammenhangs mit der Frosteindringungstiefe in einem Straßenaufbau untersucht. Die Ergebnisse sind die Grundlage für die Weiterentwicklung der Dimensionierungsmethode. Folglich werden im letzten Kapitel alle Wetterdaten analysiert, die an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) für alle Wetterstationen Österreichs verfügbar sind. Anhand der Wetterdaten wird der stärkste Winter aller Wetterstationen festgestellt und dafür die Frosteindringungstiefe für einen Straßenaufbau mittels des Differenzenverfahrens ermittelt. Die Ergebnisse werden weiter zusammengefasst und analysiert. Eine Dimensionierungsmethode von Frostschutzschichten wird aufgrund des festgestellten Zusammenhangs zwischen der Frosteindringungstiefe und des Frostindex entwickelt.

Abstract

The thesis presents a new approach for the thickness design of antifrost layers in road pavements [1]. The need for the development of a thickness design method of antifrost layers appears because of its lack in the Austrian road pavement guidelines and also because of the need in practice. The existing antifrost thickness design in the guidelines does not follow a specific method, but the antifrost layer is being designed by layer thickness adaptation based on many years of experience.

First, the influence of frost penetration depth on road construction is explained, observing the mechanism of ice formation and the types of frost damage on roads. The pavement design according to the Austrian road pavement guidelines, as well as the method of differences for determining the temperature distribution in road pavements are explained.

In the next step, various climate parameters are examined with regard to their relationship with the frost penetration depth in a road pavement. The results are the basis for further development of the thickness design method. Consequently, the last chapter analyzes all weather data available at the Austrian Weather Forecast Agency (ZAMG) for all weather stations in Austria. On the basis of the weather data, the strictest winter of all weather stations is determined and for this winter the frost penetration depth for a road construction is determined by means of the method of differences. The results are further summarized and analyzed. Based on the established relationship between the frost penetration depth and the frost index, a thickness design method of antifrost layers is developed.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6
1.1 Hintergrund und Problemstellung	6
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	6
2 Stand der Technik	7
2.1 Einfluss der Frosteindringung auf den Straßenaufbau	7
2.1.1 Eisbildung im Boden	7
2.1.2 Frostschäden im Straßenaufbau	7
2.2 Oberbaubemessung	8
2.2.1 Ermittlung der Verkehrsbelastung	8
2.2.2 Grundsätze der frostrelevanten Aufbauschichten	9
2.3 Frostindex	10
2.4 Ermittlung der Frosteindringungstiefe mit dem Differenzenverfahren.....	11
2.5 Untersuchung zur Entwicklung der Methodik für Dimensionierung von Frostschutzschichten	14
3 Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der simulierten Frosteindringungstiefe und verschiedenen Klimaparametern	16
3.1 Ermittlung von Klimaparametern.....	16
3.2 Ermittlung der Frosteindringungstiefe abhängig von den untersuchten Klimaparametern	17
3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	22
4 Frosteindringungsberechnungen mit Daten aus verschiedenen, maßgeblichen Wetterstationen in Österreich	23
4.1 Datenaufbereitung	23
4.2 Ermittlung und Analyse von Klimaparametern	29
4.3 Ermittlung der Frosteindringungstiefe für einen Regelaufbau.....	36
4.4 Ausblick	48
5 Zusammenfassung.....	49
Abbildungsverzeichnis	51
Tabellenverzeichnis.....	54
Literaturverzeichnis.....	55
Anhang A	56
Anhang B.....	96
Anhang C.....	99
Anhang D	120

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Problemstellung

Die Frosteindringung in den Boden führt bei genügend dauernden Tieftemperaturen zu Eisbildung. Die Menge von dem sich bildenden Eis hängt deutlich vom Wassergehalt im Untergrund ab. Dieses Phänomen ist im Straßenbau wegen der davon verursachten Fahrbahnschäden ein bedeutsames Problem. Schäden geschehen grundsätzlich wegen Frosthebung des Untergrunds, wenn der Frost in den Untergrund unter den Straßenaufbau eingedrungen ist und folglich zur Eisbildung geführt hat. Schäden treten bei zunehmenden Temperaturen infolge des Auftauens ein. Dieses Problem wird in Österreich in den Straßenoberbaurichtlinien RVS 03.08.63 behandelt. Dabei fehlt eine Dimensionierungsmethode für Frostschutzschichten, jedoch werden die unteren ungebundenen Tragschichten des Straßenaufbaus aufgrund langjähriger Erfahrungen gegen Frost angepasst. Dies führt weiter zur Entwicklung und Vorschlag einer Dimensionierungsmethode in [1].

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ziel der Arbeit ist die Weiterentwicklung der vorgeschlagenen Dimensionierungsmethode. Zuerst sollen Parameterstudien durchgeführt werden, welche den Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und verschiedenen frostrelevanten Klimaparametern (minimale Tagesmitteltemperatur, minimale Stundentemperatur, Frostindex) prüfen.

Weiter sollen aufgrund der Ergebnisse alle zur Frosteindringungstiefe relevanten und verfügbaren Wetterdaten für einen möglichst größeren Zeitraum und eine möglichst größere Flächendeckung Österreichs in Betracht gezogen werden. Die frostrelevanten Klimaparameter sollen für die gewählten Wetterstationen und Zeitraum berechnet und zusammengefasst werden und ihre Zusammenhänge mit der Frosteindringungstiefe für einen flexiblen Straßenaufbau ermittelt werden. Die Zusammenhänge sollen für trockene und wassergesättigte untere ungebundene Tragschichten anhand Simulationen der Temperaturverteilung im Straßenaufbau mit dem Differenzenverfahren ermittelt werden. Daraus ergibt sich ein logarithmischer Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Frostindex. Zusätzlich soll der Einfluss des Wassergehalts in den ungebundenen Schichten auf die Frosteindringungstiefe festgestellt werden.

Abschließend wird eine Methodik für die Dimensionierung bzw. Dickenanpassung von Frostschutzschichten in Abhängigkeit von den lokalen Klimaverhältnissen und der daraus resultierenden Frosteindringungstiefe vorgeschlagen.

2 Stand der Technik

2.1 Einfluss der Frosteindringung auf den Straßenaufbau

2.1.1 Eisbildung im Boden

Das Wasser wandelt seinen Zustand von flüssig zu fest bei Temperaturen unter 0°C um, wobei eine Volumenzunahme des Stoffes von ca. 10% geschieht. Die Zunahme setzt linear mit der weiteren Temperaturabnahme unter 0°C fort. Bei -50°C nimmt das Volumen mit noch ca. 4% zu [2]. Infolge des zugenommenen Volumens hat das Eis eine abhebende Wirkung auf dem Straßenaufbau, die zu Schäden oder Zerstörung führen kann.

Vor der Eisbildung entsteht ein Wasser-Eis-Gemisch, das sich noch wenig verformen lässt. Wenn die Temperaturabsenkung langsam genug ist, beginnt ein Kriechen des Gemisches in den Poren und so kommt es zu einer Verringerung des abhebenden Effekts.

Ein wesentliches Phänomen ist – aufgrund von Porenwasserunterdruck zwischen Eis und unterstehendem Wasser – Wasser von unter der Gefriergrenze eingesaugt wird und gefriert. Dabei kommt es zu einem Wachstum der Eismenge oberhalb der Grenze in der Form von Eislinsen und Eisschichten. Das kann durch langsame Temperaturabsenkung und bei Vorhandensein von Grundwasser geschehen. Die sich bildende Eismenge hängt von folgenden Faktoren ab [2]:

- Einwirkungsdauer des Frostes
- Korndurchmesser des Bodens
- Wasserdurchlässigkeit des Bodens
- Bodenfeuchtigkeit, Grundwasserstand
- Mineralphysikalische und –chemische Eigenschaften der Feinstkornanteile

Bei schneller Absenkung bis zu tiefer Temperatur kommt es jedoch zu einer schnellen Eindringung der Gefriergrenze in den Boden, wobei das obengenannte Phänomen nur kurz dauern kann. Die gebildete Eismenge hängt also mehr von der Geschwindigkeit des Gefrierens, als von den extremen negativen Temperaturwerten ab [2].

2.1.2 Frostschäden im Straßenaufbau

Wellen und Beulen ohne Risse können auf der Fahrbahndecke auftreten, wenn die Frosteindringung unregelmäßig in der Tiefe unterhalb der Straßenfahrbahn verteilt ist. Dies kann auch folglich zur Entstehung einer ungleichen Frosthebung führen. Das kann noch durch unregelmäßige Schneeaufteilung auf der Fahrbahn, Wassersättigung oder frostempfindlichen Boden im Untergrund verursacht werden. Der Querschnitt kann auch unregelmäßig verformt werden, wenn er aus verschiedenen Straßenaufbauten im Aufriss errichtet worden ist [2].

Die Frosthebungen werden stärker während der Frost- Tauwechselperioden. Nach Auftauen wird ein nicht ganz verwirklichter Schluss der Risse beobachtet, was Ursache für Wassereindringung in den Straßenaufbau und folglich für weitere Schäden werden kann [2].

Weitere Fahrbahnschäden infolge von unregelmäßig verteilten Frosthebungen sind Froststufen und Deckenbrüche. Froststufen können sowohl an der Grenze zweier Betonplatten oder Aufbauten mit unterschiedlichen Dicken, als auch an der Grenze der Fahrbahn mit tief gegründeten Bauwerken, auftreten. Deckenbrüche können entstehen, wenn der auf ungleicher Frosthebung beanspruchte Aufbau nicht ganz auf einer Ebene liegt und belastet wird. [2]

Beim Auftauen des Bodens können auch Schäden auftreten (Tauschäden) (siehe Abbildung 2.1). Dann bleibt das während des Frosts aufgesaugte Wasser in den Poren, die von der Eisbildung vergrößert wurden. Das Wasser bildet mit den Bodenpartikeln eine weiche Mischung, die die Tragfähigkeit des Untergrunds vermindern kann. Zusammen mit der verminderten Tragfähigkeit wirkt die Verkehrsbelastung dann schadend auf Straßenaufbauten, die eine ungenügende Dimensionierung aufweisen. Es kommt zu dem typischen „Elefantenhaut“ - engmaschigen Rissen und Schollen in den Bereichen mit schwachem Untergrund [2].



Abbildung 2.1: Frost-Tau-Schäden an Straße mit ungenügender Entwässerung

Vollständige Zerstörung und Deformierung eines Straßenaufbaus tritt mit der Entstehung von Frostaufrüchen auf. Dadurch kann eine ungehemmte Wassereindringung in die Fahrbahn geschehen [2].

2.2 Oberbaubemessung

Die Bemessung vom Straßenoberbau bei Neubau und Erneuerung von Straßen ist in Österreich in RVS 03.08.63 [3] geregelt. Die Bestimmung der Schichtdicken des Oberbaus erfolgt in Abhängigkeit von der Mindesttragfähigkeit des Unterbauplanums und der Verkehrsbelastung. Dabei werden Lastklassen definiert, bei denen verschiedene Oberbautypen aus verschiedenen Materialien der erforderlichen Tragfähigkeit entsprechen.

2.2.1 Ermittlung der Verkehrsbelastung

Die Verkehrsbelastung wird durch Bemessungsnormlastwechsel (BNLW) ermittelt, die als erwartete Anzahl an Übergängen einer Normachslast von 100 kN in einem definierten Bemessungsraum bestimmt wird (Gleichung 2.1):

$$\text{BNLW} = \text{NLW}_{\text{tägl}} \cdot R \cdot V \cdot 365 \cdot n \cdot z$$

Gleichung 2.1

$NLW_{\text{tägl}}$ Anzahl der durchschnittlich täglichen Normlastwechsel für den gesamten Querschnitt [Kfz/24 h]

R Faktor für die Aufteilung des Lastverkehrs auf Fahrtrichtungen [-]

V Faktor für Verteilung des Lastverkehrs auf mehrere Richtungsfahrstreifen [-]

S Faktor für die Fahrspurverteilung innerhalb des Fahrstreifens [-]

n Bemessungsperiode [Jahre]

z Faktor für den jährlichen Zuwachsrate p [%]

$$z = \frac{(1 + 0,01 * p)^n - 1}{n * (1 + 0,01 * p) - 1} \quad \text{Gleichung 2.2}$$

Es gibt zwei Methoden für die Berechnung von $NLW_{\text{tägl}}$:

Verfügbare Daten über die jährlich durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke ($JDTV_i$), verteilt in Fahrzeugkategorien:

$$NLW_{\text{tägl}} = JDTV_i \cdot \ddot{A}_i \quad \text{Gleichung 2.3}$$

$JDTV_i$ für den gesamten Querschnitt nach Fahrzeugkategorien (i) [Fz/24 h]

\ddot{A}_i mittlerer Äquivalenzwert nach Fahrzeugkategorien i [-]

Verfügbare Daten über die Verkehrsstärke, ohne Verteilung nach Fahrzeugkategorien:

$$NLW_{\text{tägl}} = JDTV_{\text{ges}} \cdot \ddot{A}_{JDTV} \quad \text{Gleichung 2.4}$$

$JDTV_{\text{ges}}$ jährlich durchschnittliche tägliche Lastverkehrsstärke für den gesamten Querschnitt [Fz/24 h]

\ddot{A}_{JDTV} mittlerer Äquivalenzwert des $JDTV$ -Kollektivs bezüglich der Straßenkategorie [-]

2.2.2 Grundsätze der frostrelevanten Aufbauschichten

Eine Darstellung des Straßenaufbaus im Querschnitt ist in (Abbildung 2.2) gezeigt.

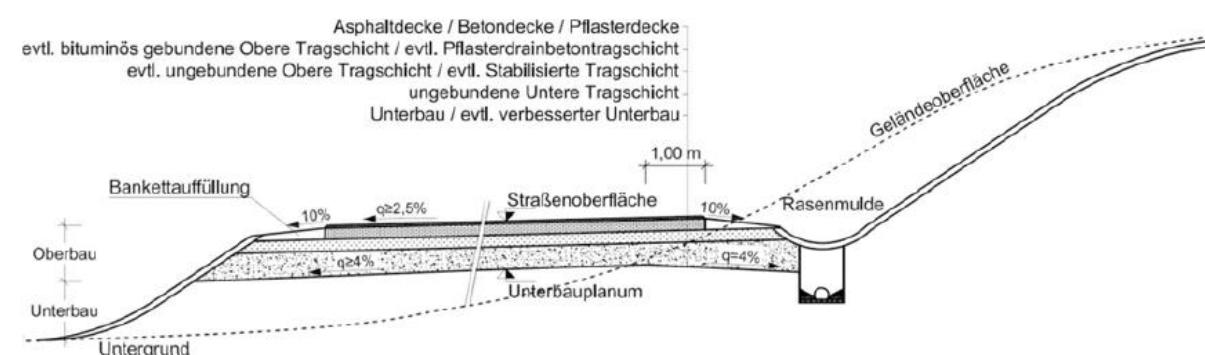


Abbildung 2.2: Straßenaufbau nach RVS 03.08.63 [3]

Die Oberbautypen sind in Bezug auf eine Tragfähigkeit des Untergrunds bzw. Unterbaus von mindestens 35 MN/m² (nach RVS 08.03.01) festgelegt. Falls der Unterbau eine ausreichende Dicke aus frostbeständigem Material aufweist und die Anforderungen für den Verformungsmodul und Verdichtungsgrad (nach RVS 08.15.01) erfüllt sind, darf auf die untere ungebundene Tragschicht verdichtet werden [3].

Hinsichtlich Frost- und Tauperioden sollen die Mindestdicken der Oberbauten ausreichend sein, um die Verformungen im Oberbau während Frieren und Tauen in zulässigen Grenzen zu halten. Diese Mindestdicken sind aufgrund langjähriger Erfahrungen bestimmt. Daher dürfen sie bei der Bemessung nicht verändert werden, außer wenn:

- Die gebaute Strecke sich im alpinen Bereich mit langen Kälteperioden und großer Frosteindringung befindet.
- Der Grund- oder Schichtwasserspiegel höher als 1,5 m unter dem Unterbauplanum liegt.
- Es bei milden Klimaeinflüssen und im geschlossenen seitlich bebauten Bereichen gebaut wird.

Die Mindestdicken dürfen nur aufgrund Frosteindringungsberechnungen oder langer Erfahrungen und Kenntnisse der lokalen klimatischen Bedingungen verändert werden. [3]

2.3 Frostindex

Zur Berücksichtigung der Frosteinwirkung im Straßenbau wird in Österreich der Frostindex verwendet. Er ergibt sich aus der kumulativer Summe der auf den Straßenaufbau wirkenden negativen mittleren Temperatur während ihrer Dauer (Frostperiode bzw. Kälteperiode)(Gleichung 2.5). Die Frostdauer ist die Zeit zwischen dem ersten und dem letzten Auftreten einer negativen Tagesmittellufttemperatur eines Winters [2], [4].

$$FI = \sum_{k=1}^n Tm, k * d \text{ [°Cd]} \quad \text{Gleichung 2.5}$$

FI	Frostindex [°Cd]
n	Kälteperiode in Tagen [d]
Tm	mittlere Tageslufttemperatur [°C]
d	1 Tag

Der Begriff Frostindex wird als ein Maß für die Strenge einer Frost- bzw. Kälteperiode definiert. Die Frostperiode bezeichnet eine nicht von positiven Lufttemperaturen unterbrochene Folge von Tagen. Die Kälteperiode enthält mehrere nacheinander folgende Frostperioden, zwischen denen kein AufTauen des Bodens geschehen ist. Es ist festgelegt, dass AufTauen bei mehr als 2 nacheinander folgenden Tagen mit positiver Temperatur geschieht. Der Grund dafür ist, dass ein Auftreten von positiven Lufttemperaturen innerhalb zwei Tage die Frosteindringungstiefe nicht auftauend beeinflusst, da die Temperatur an der Straßenoberfläche in diesem Zeitraum nur wenig über 0°C ist. Es könnte in diesem Fall sogar zu einer Zunahme der Eismenge in der Bodenschicht führen. Folglich wird der Frostindex als der Unterschied zwischen dem Maximum und dem Minimum der Temperatursummenkurve einer Kälteperiode definiert [2], [4], [5].

Die Temperatursummenkurve der österreichischen Wetterstation Feldkirch für den Winter 2010/2011 kann als Beispiel in (Abbildung 2.3) gesehen werden.

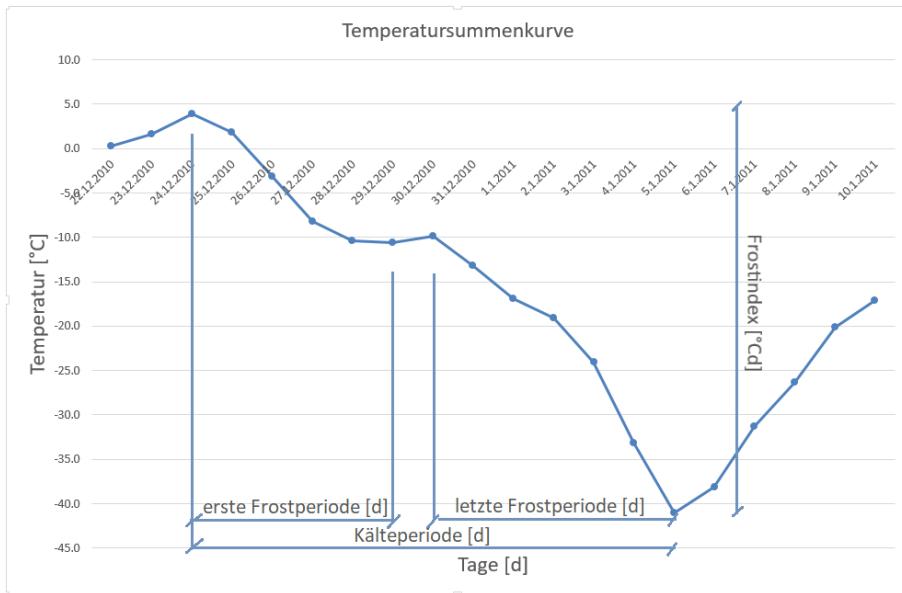


Abbildung 2.3: Beispiel für Temperatursummenkurve und Frostindex

In [6] wurde eine ähnliche Berechnungsmethode des Frostindex verwendet. Der Unterschied zu der konventionellen Methode liegt in der Summenbildung, die mit der minimalen Tageslufttemperatur erfolgt. Somit ergibt sich ein Frostindexmaximum. Mit Hilfe dieser Methode und unter Verwendung zahlreicher Wetterdaten aus vielen Wetterstationen wurde im Jahr 2001 eine Frostindexkarte für Österreich (siehe Abbildung 2.4) erstellt.

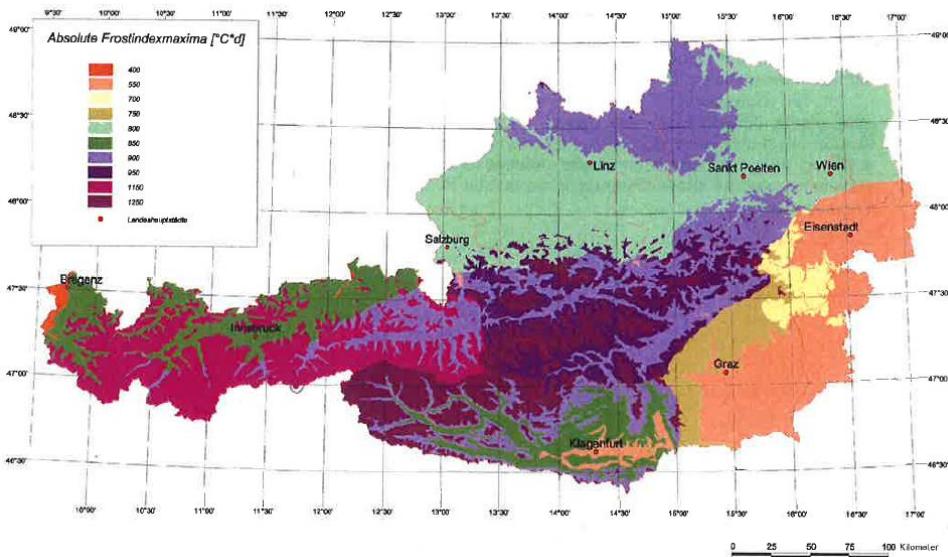


Abbildung 2.4: Klimazonenkarte mit absoluten Frostindexmaxima [6]

2.4 Ermittlung der Frosteindringungstiefe mit dem Differenzenverfahren

Das Differenzenverfahren basiert auf der Fourierschen Differenzialgleichung für die Wärmeleitung, die die instationäre, eindimensionale und ebene Wärmeströmung in festen Körpern beschreibt. Das Verfahren [7] wurde von Wistuba [8] für die Berechnung der Temperaturverteilung

in flexiblen Aufbauten verwendet. Es wurden ein Tool basierend auf Excel und FEAP [8] für die Durchführung der Berechnungen am IVWS entwickelt.

Das Verfahren erlaubt die Berechnung der Temperaturverteilung bei gegebener Straßenoberflächentemperatur oder bei gegebenen Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit. Weitere Eingangsgrößen sind die Sonneneinstrahlung, Untergrundtemperatur (siehe Tabelle 2.1), Schichtdicken und deren thermophysikalischen Materialeigenschaften, sowie programmtechnische Parameter. Die Sonneneinstrahlung wurde von [8] für 6 Klimaperioden in (Abbildung 2.5) vorgestellt. Die Untergrundtemperatur in jeder Klimaperiode kann in (Tabelle 2.1) gesehen werden.

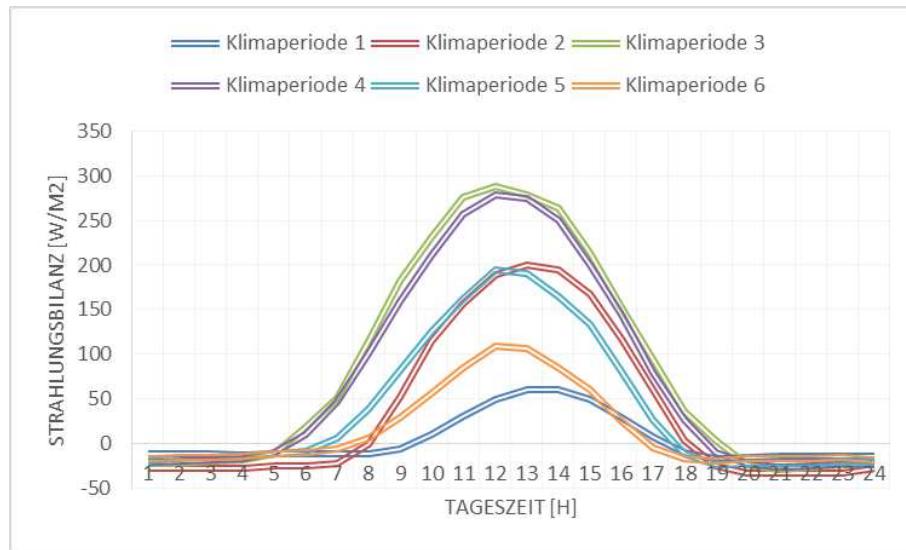


Abbildung 2.5: Tagesgang der Strahlungsbilanz nach [8]

Tabelle 2.1: Klimaperioden und Untergrundtemperatur nach [9]

Klimaperiode	1	2	3	4	5	6
Zeitraum (Datum)	16.12.- 15.3	16.3- 15.5	16.5- 15.6	16.6.- 15.9.	16.9.- 15.10	16.10- 15.12
Untergrundtemperatur [°C]	7.6	6.3	8.7	12.3	14.4	12.1

Grundsätzlich berechnet das Programm die stündliche Temperaturverteilung in einem definierten Straßenaufbau und das Excel-Tool stellt die Ergebnisse graphisch dar, nachdem sie in das Tool hinzugefügt wurden. Als Beispiel sind die Ergebnisse (Temperaturverteilung und Frosteindringungstiefe) innerhalb einer Kälteperiode bei einer beliebigen Wetterstation (Aigen/Ennstal) gezeigt (Abbildung 2.6 und Abbildung 2.7). Die Frosteindringungstiefe entspricht der Tiefe der Einbringung der 0°C-Isotherme in dem Straßenaufbau, die von (Abbildung 2.6) abgelesen wird. Die unteren Grenzen der Aufbauschichten sind in (Abbildung 2.7) in fetten unterbrochenen Linien gezeigt. Die stündliche Temperaturverteilung im Straßenaufbau an einem typischen kalten Tag innerhalb der Kälteperiode ist in (Abbildung 2.8) dargestellt.

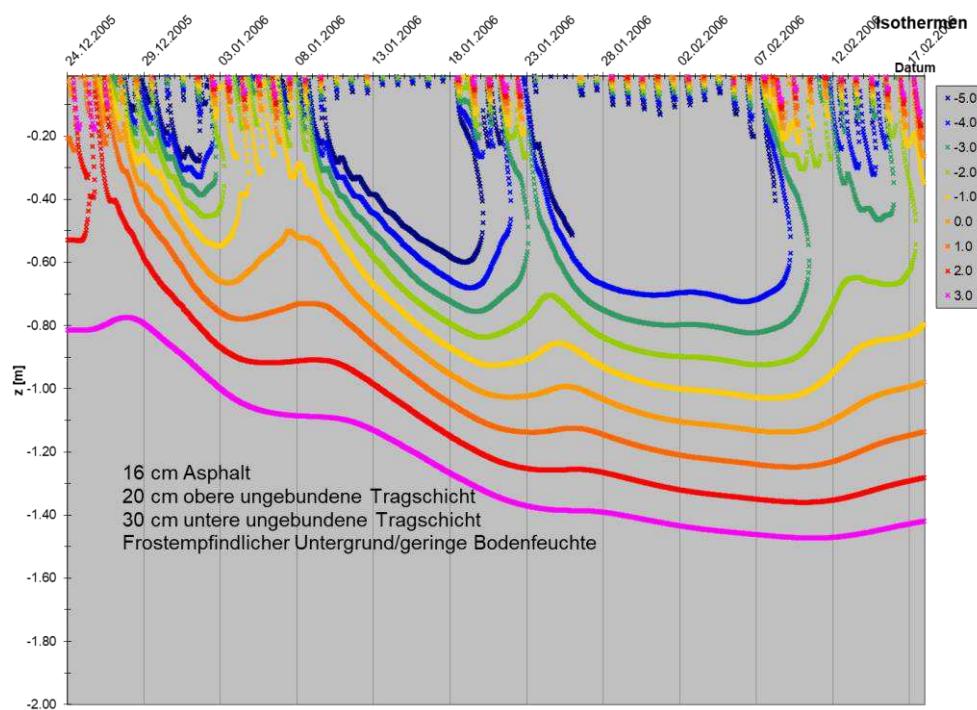


Abbildung 2.6: Temperaturverteilung im Straßenaufbau innerhalb einer Kälteperiode bei Wetterstation Aigen/Ennstal

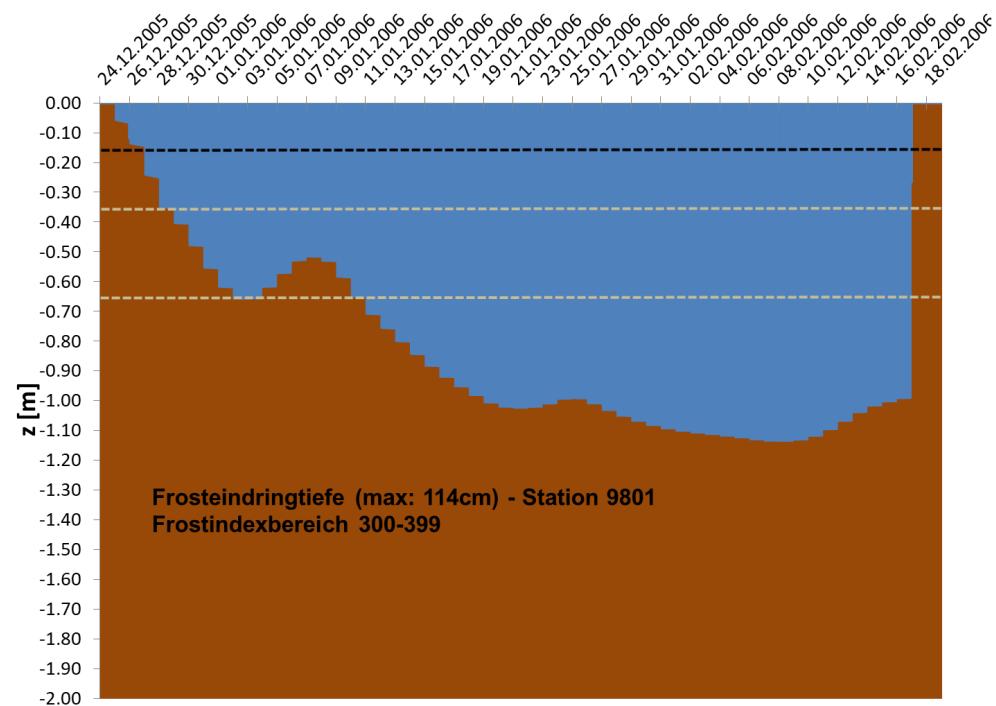


Abbildung 2.7: Frosteindringungstiefe im Straßenaufbau bei Wetterstation Aigen/Ennstal

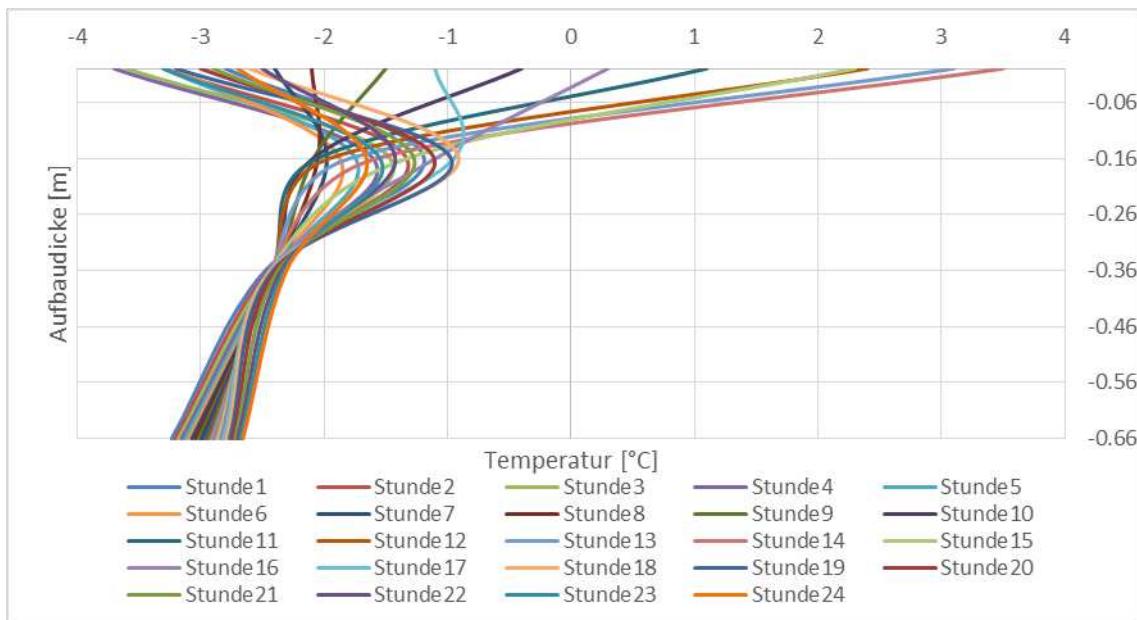


Abbildung 2.8: Stündliche Temperaturverteilung im Straßenaufbau in einem typischen kalten Tag bei Wetterstation Aigen/Ennstal

2.5 Untersuchung zur Entwicklung der Methodik für Dimensionierung von Frostschutzschichten

In der Diplomarbeit von Heldrung [1] wurde der Zusammenhang zwischen der minimalen Temperatur und der Frosteindringungstiefe für einen repräsentativen Straßenaufbau für eine Wetterstation in Österreich untersucht. Dabei wurden Frosteindringungssimulationen mit dem Differenzenverfahren (siehe Kapitel 2.4) an einem Regelaufbau mit Wetterdaten von einer Station durchgeführt. Zuerst wurden der Frostindex und die minimale Stundentemperatur als Referenztemperatur der Frostperiode bestimmt. Danach wurden Anpassungsfaktoren mit Gleichung 2.6 ermittelt, mit denen die Lufttemperaturdaten multipliziert werden. Diese dienen als Eingangsgrößen für die Berechnung der Frosteindringungstiefen.

$$F_n = \frac{T_{min}}{T_{Referenz}} \quad \text{Gleichung 2.6}$$

n = 1-6 (Anzahl der Temperaturwerte)

T_{min} = Temperaturwerte (-1°C, -5°C, -10°C, -15°C, -20°C, -25°C)

T_{Referenz} = gemessene minimale Temperatur für die Wetterstation (-19,5°C) [1]

Die Ergebnisse der Simulationen mit Anpassung sind in Abbildung 2.9 graphisch dargestellt. Die Grafik zeigt einen quadratischen Zusammenhang der Frosteindringungstiefe und der minimalen Lufttemperatur. Die ortsbezogene Frosteindringungstiefe lässt sich in Abhängigkeit der minimalen ortsbezogenen Lufttemperatur von der Grafik ablesen. [1]

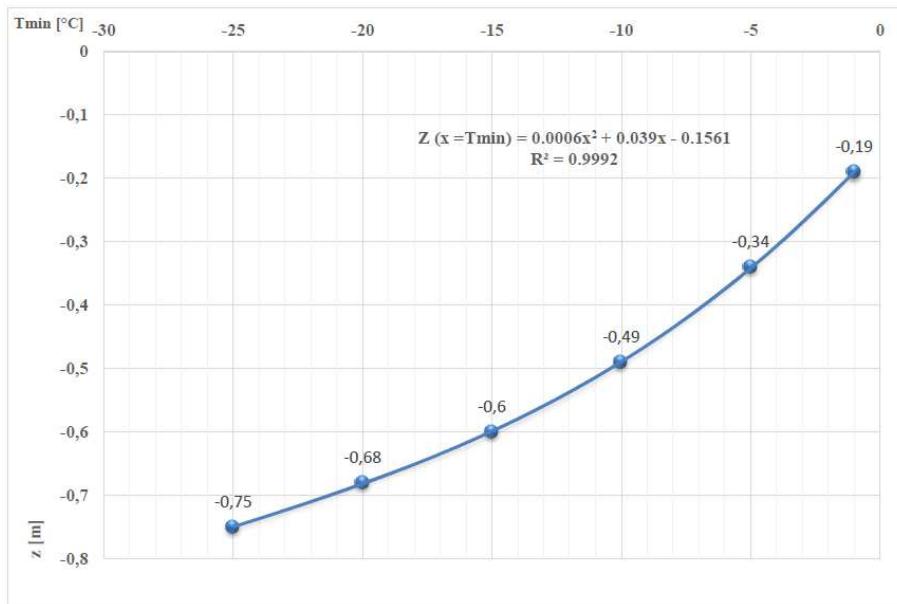


Abbildung 2.9: T_{\min} und Frosteindringung, Station Groß Enzersdorf, Winter 95/96 [1]

Schließlich wurden für die Entwicklung einer Methodik für die Dimensionierung bzw. Dickenanpassung von Frostschutzschichten in Abhängigkeit von der Frosteindringungstiefe die folgenden Punkte vorgeschlagen:

- Berechnung der Frosteindringung für verschiedene maßgebende Wetterstationen in Österreich
- Wahl von maßgebender Messstation für jede Klimaregion in Österreich, ähnlich wie eine Frostindexkarte
- Definition regionaler Strahlungsbilanzen für die Wintermonate
- Definition von genauen Materialkennwerten der vorwiegend benutzten Straßenbaumaterialien in Österreich

3 Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der simulierten Frosteindringungstiefe und verschiedenen Klimaparametern

Wie im Kapitel 2.5 erläutert wurde, lässt sich die Frosteindringungstiefe in Abhängigkeit der niedrigsten ortsbezogenen Lufttemperatur mit Hilfe einer quadratischen Funktion bestimmen. Für die Ableitung einer für ganz Österreich repräsentativen Funktion wurde empfohlen, die Messstation mit möglichst großem Frostindex und möglichst geringer minimaler Lufttemperatur heranzuziehen [1]. Um dies zu überprüfen und den Einfluss anderer ortsbezogener Klimaparameter wie minimaler Tagesmitteltemperatur und Frostindex auf die Frosteindringungstiefe zu untersuchen, wurden am Institut für Verkehrswissenschaften bereits vorhandene Ergebnisse aus Simulationen der Temperaturverteilung mit dem Differenzenverfahren neu ausgewertet. Die Ergebnisse umfassen Temperaturprofile von 2010 bis 2015 von 9 Klimastationen (siehe Tabelle 3.1), in einem starken Aufbau der Lastklasse 40, Bautype BE1 gemäß RVS 03.08.63 [3], die repräsentativ für die 9 österreichischen Klimaregionen sind. Die Simulationen wurden im Rahmen des Forschungsprojekts OBESTAS [10] durchgeführt.

Tabelle 3.1: Untersuchten Wetterstationen

Stationsname		
Aigen	Jenbach	Wagna
Brenner	Salzburg	Wien hohe Warte
Feldkirch	Villach	Wiener Neustadt

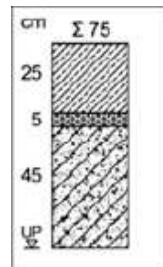


Abbildung 3.1: Straßenaufbau – Bautype BE1, Lastklasse LK40 laut RVS 03.08.63 [3]

3.1 Ermittlung von Klimaparametern

In einem ersten Schritt wurden die Frostindices, die Länge der Kälteperioden und die minimalen Stunden- und Tagesmitteltemperaturen innerhalb der Kälteperiode aller Stationen für die Jahre 2010-2014 (siehe Tabelle 3.2) berechnet. Eine Kälteperiode umfasst die Monate Oktober bis März im folgenden Jahr.

Tabelle 3.2: Wetterstationen und berechnete Klimaparameter für die Jahre 2010 bis 2014

Stationsname	Winter	min Stunden-temperatur [°C]	min Tage-smitteltemperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
Aigen	Jän - Mai 2010	-18	-10.5	213	49
	2010-2011	-19.8	-15.5	233	48
	2011-2012	-21.9	-15.4	214	31
	2012-2013	-18.9	-14.9	75	18

	2013-2014	-13.0	-7.4	44	11
Brenner	Jän - Mai 2010	-17.3	-11.7	375	76
	2010-2011	-14.9	-12.7	269	48
	2011-2012	-21.3	-17.9	415	79
	2012-2013	-16.7	-12.7	273	53
	2013-2014	-11.4	-9.6	78	26
Feldkirch	Jän - Mai 2010	-11.6	-6.4	71	32
	2010-2011	-9.6	-6.9	33	12
	2011-2012	-17.4	-13.1	134	16
	2012-2013	-11.3	-6.9	32	13
	2013-2014	-8.8	-4.8	25	11
Jenbach	Jän - Mai 2010	-10.8	-8.1	93	32
	2010-2011	-12.7	-9.1	44	18
	2011-2012	-16.2	-12.4	170	58
	2012-2013	-11.3	-7.4	32	8
	2013-2014	-8.4	-4.6	25	24
Salzburg	Jän - Mai 2010	-13.8	-8.9	80	32
	2010-2011	-12.8	-8.1	46	15
	2011-2012	-18.3	-13.6	159	21
	2012-2013	-11.3	-6.7	106	15
	2013-2014	-7.5	-3.2	10	9
Villach	Jän - Mai 2010	-13.5	-8.0	79	21
	2010-2011	-15.5	-10.0	66	12
	2011-2012	-14.6	-10.3	175	39
	2012-2013	-13.9	-9.4	82	45
	2013-2014	-7.6	-3.7	20	15
Wagna	Jän - Mai 2010	-15.0	-11.1	116	37
	2010-2011	-12.4	-8.7	56	12
	2011-2012	-19.6	-12.4	147	24
	2012-2013	-15.7	-10.4	47	11
	2013-2014	-8.4	-6.5	30	12
Wien hohe Warte	Jän - Mai 2010	-11.6	-8.5	85	45
	2010-2011	-13.6	-8.8	42	9
	2011-2012	-14.9	-11.6	137	20
	2012-2013	-9.4	-6.4	40	17
	2013-2014	-9.7	-7.2	26	13
Wiener Neustadt	Jän - Mai 2010	-20.5	-14.1	124	45
	2010-2011	-19.8	-11.9	58	14
	2011-2012	-18.0	-12.2	156	20
	2012-2013	-15.3	-8.7	50	17
	2013-2014	-10.1	-7.8	31	13

3.2 Ermittlung der Frosteindringungstiefe abhängig von den untersuchten Klimaparametern

Aus den vorhandenen Temperaturprofilen für den untersuchten Aufbau wurden danach angesichts der Ergebnisse einige Wetterstationen mit den zugehörigen Kälteperioden ausgewählt, bei denen die Frosteindringungstiefen ermittelt wurden. Die ausgewählten Kälteperioden der entsprechenden Stationen (Tabelle 3.3) weisen folgende Klimakennzahlen auf:

- Maximale FI-Werte
- Ähnliche FI-Werte
- Ähnliche minimale Stundentemperaturen

- Ähnliche minimale Tagesmitteltemperaturen

Aus den in Tabelle 3.3 zusammengefassten Daten wird ersichtlich, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Frostindex und der Frosteindringungstiefe gibt. Bei der Station Feldkirch ($FI = 134 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$) ergibt sich zum Beispiel eine tiefere Frosteindringungstiefe von 63 cm als bei der Station Wien Hohe Warte ($FI = 137 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$) mit 61 cm, obwohl die Länge der Kälteperiode (16 Tage) kürzer ist. Die Station mit den tieferen minimalen Stunden- und Tagesmitteltemperaturen weist in diesem Fall tiefere Frosteindringung auf. Der Vergleich der Stationen Aigen und Brenner (2010-2011) zeigt, dass die Frosteindringung bei der Station Brenner tiefer ist, obwohl die minimalen Temperaturwerte höher sind. Größer sind jedoch der Frostindex und die Kälteperiode.

Aus der Analyse dieser Daten kann schlussgefolgert werden, dass die Auswahl eines ortsbezogenen Klimaparameters für die Charakterisierung der Klimabedingungen keine ausreichende Genauigkeit liefert und weitere Untersuchungen notwendig sind.

Tabelle 3.3: Ausgewählte Wetterstationen und zugehörige Kälteperioden für Vergleichen der Frosteindringungstiefen

Stations-name	Winter	Min Stun- dentempe- ratur [$^{\circ}\text{C}$]	Min Tages- mitteltem- peratur [$^{\circ}\text{C}$]	Frostindex [$^{\circ}\text{Cd}$]	Kälteperi- ode [d]	Frostein- dringungs- tiefe [cm]
Aigen	2011-2012	-21.9	-15.4	214	31	73
Jenbach	Jän - Mai 2010	-10.8	-8.1	93	32	41
Salzburg	2012-2013	-11.3	-6.7	106	15	36
Brenner	2010-2011	-14.9	-12.7	269	48	81
Brenner	2011-2012	-21.3	-17.9	415	79	77
Feldkirch	2011-2012	-17.4	-13.1	134	16	63
Wien hohe Warte	2011-2012	-14.9	-11.6	137	20	61
Villach	2012-2013	-13.9	-9.4	82	45	43
Wien hohe Warte	Jän - Mai 2010	-11.6	-8.5	85	45	46

In Abbildung 3.2 bis Abbildung 3.4 sind die Zusammenhänge zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Frostindex, der minimalen Tagesmitteltemperatur und der minimalen Stundentemperatur für die Stationen aus Tabelle 3.3 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass die Streuung der Werte sehr groß ist und dass keine statistisch abgesicherte Abhängigkeit ermittelt werden kann.

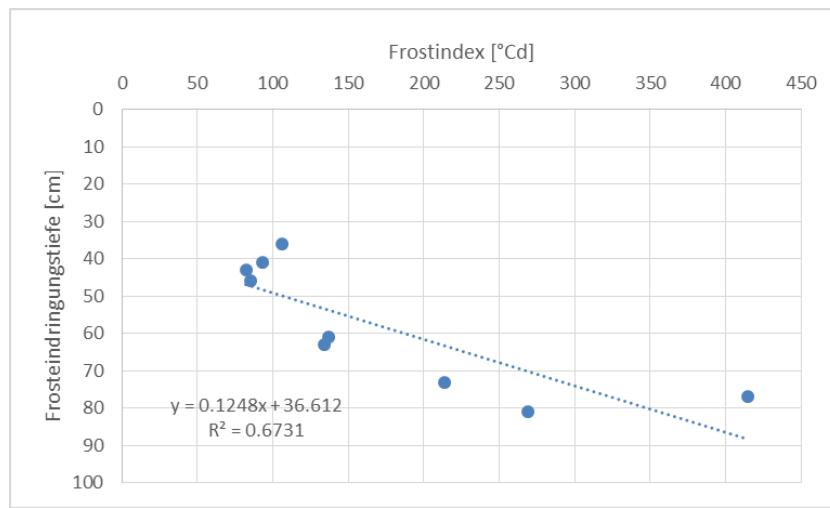


Abbildung 3.2: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Frostindex

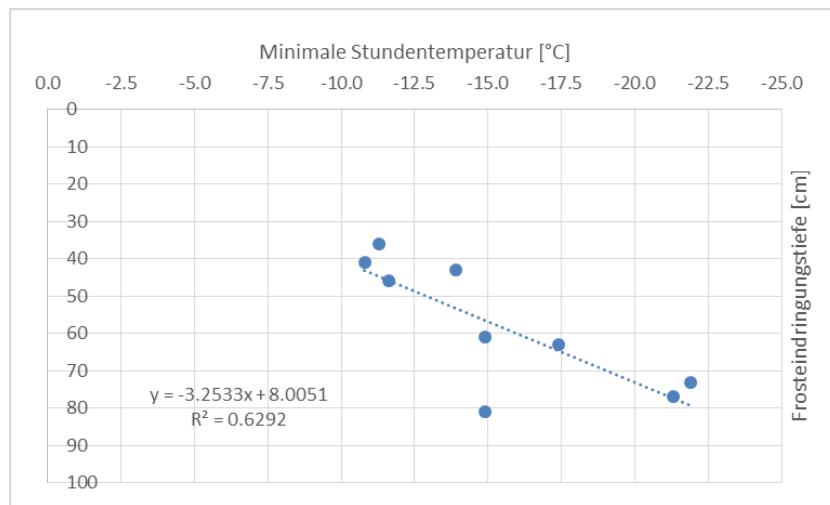


Abbildung 3.3: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und der minimalen Stunden-temperatur

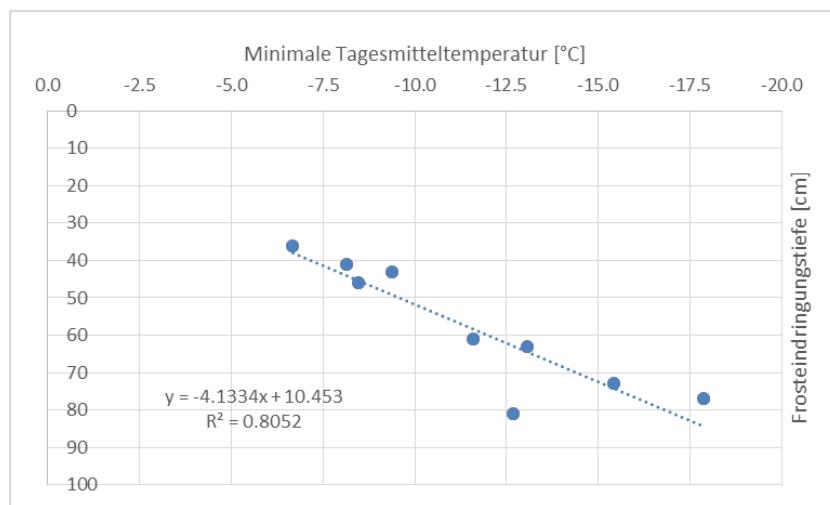


Abbildung 3.4: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und der minimalen Tagesmit-teltemperatur

Diese Zusammenhänge wurden weiter mit Hilfe von Vergleichsberechnungen untersucht. Es wurden Anpassungsfaktoren ermittelt, die die klimatischen Bedingungen (Stundenwerte der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit) einer Referenzstation zu einem ortsbezogenen Klimaparameter (Frostindex, minimale Tagesmittel- oder Stundentemperatur) anderer Ortsstation beziehen. Der Anpassungskoeffizient ergibt sich durch Dividieren des Wertes des betrachteten Klimaparameters der Ortsstation durch den Wert des betrachteten Klimaparameters der Referenzstation. Anschließend wird jeder Stundenwert der Lufttemperatur mit dem Anpassungsfaktor multipliziert und die Frosteindringungstiefe mit diesen angepassten Eingangsdaten und mit dem Differenzenverfahren berechnet. Danach werden die Frosteindringungstiefen, die mit der tatsächlichen und die mit den angepassten Werten der Lufttemperatur ermittelt und verglichen.

Die für die Untersuchung der Klimaparameter Frostindex, minimale Tagesmittel- und Stundentemperatur verwendeten Stationen wurden aufgrund der annähernd gleichen oder proportionalen Werte ihrer Klimaparameter ausgewählt (Tabelle 3.4). Die Stationen Aigen und Jenbach weisen nahezu gleiche Länge der Kälteperiode, aber verschiedenen Frostindexen auf. Dabei wird der Einfluss des Frostindex auf der Frosteindringungstiefe untersucht. Die Station Salzburg weist jedoch eine doppelt kürzere Kälteperiode auf, also wurde der Einfluss der Länge der Kälteperiode auf der Frosteindringungstiefe untersucht.

Tabelle 3.4: Ausgewählte Stationen für die Vergleichsberechnungen

-	Aigen (Winter 2011-2012)	Jenbach (Winter 2010)	Salzburg (Winter 2012-2013)
Frostindex [°Cd]	214	93	106
Länge der Kälteperiode [d]	31	32	15
min Tagesmitteltemperatur [°C]	-15.4	-8.1	-6.7
min Stundentemperatur [°C]	-21.9	-10.8	-11.3
Frosteindringungstiefe [cm]	73	41	36

Die nächsten Tabellen (Tabelle 3.5 bis Tabelle 3.7) stellen die Ergebnisse der Vergleichsberechnungen nach der Anpassung von den drei Stationen aufgrund aller drei Parameter vor. Mit (z_p) wurde die prognostizierte Frosteindringungstiefe nach der Anpassung und mit (z_{tat}) die tatsächliche Frosteindringungstiefe der Ortsstation bezeichnet.

Tabelle 3.5: Frosteindringungstiefen nach der Anpassung aufgrund Frostindex

Daten aus	Daten angepasst an	z_p [cm]	z_{tat} [cm]	Prozentueller Unterschied [%]
Jenbach	Aigen	59	73	19
Salzburg	Aigen	58	73	21
Aigen	Jenbach	46	41	12
Salzburg	Jenbach	37	41	10
Aigen	Salzburg	51	36	42
Jenbach	Salzburg	45	36	25

Tabelle 3.6: Frosteindringungstiefen nach der Anpassung aufgrund minimaler Tagesmitteltemperatur

Daten aus	Daten angepasst an	z_p [cm]	z_{tat} [cm]	Prozentueller Unterschied [%]
Jenbach	Aigen	57	73	22

Salzburg	Aigen	61	73	16
Aigen	Jenbach	53	41	29
Salzburg	Jenbach	43	41	5
Aigen	Salzburg	45	36	25
Jenbach	Salzburg	38	36	6

Tabelle 3.7: Frosteindringungstiefen nach der Anpassung aufgrund minimaler Stundentemperatur

Daten aus	Daten angepasst an	z_p [cm]	z_{tat} [cm]	Prozentueller Unterschied [%]
Jenbach	Aigen	58	73	21
Salzburg	Aigen	57	73	22
Aigen	Jenbach	50	41	22
Salzburg	Jenbach	38	41	7
Aigen	Salzburg	53	36	47
Jenbach	Salzburg	43	36	19

Das Ziel dieser Vergleichsberechnungen war zu überprüfen, ob sich die Frosteindringungstiefe in Abhängigkeit von einem Klimaparameter prognostizieren lässt. Die Ergebnisse aus dem Vergleich zwischen der prognostizierten und der tatsächlichen Frosteindringungstiefen in (Tabelle 3.5 bis Tabelle 3.7) zeigen Abweichungen bis zu 47%. Daraus kann schlussgefolgert werden, dass das Heranziehen eines einzigen ortbezogenen Klimaparameters für die Ermittlung der Frosteindringungstiefe keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefert.

Zusätzlich wurden Vergleichsberechnungen aufgrund des Frostindexmaximums durchgeführt. Für die Vergleichsberechnungen wurden zwei Paare der Stationen ausgewählt. Das eine (Brenner 2010-2011, Villach 2012-2013) hat ein nahezu gleiches Frostindexmaximum, und das andere (Jenbach 2010, Wien Hohe Warte 2010) – nahezu die gleiche Länge der Kälteperiode (Tabelle 3.8). Die Ergebnisse der Vergleichsberechnungen nach der Anpassung sind in (Tabelle 3.9) vorgestellt.

Tabelle 3.8: Für die Vergleichsberechnungen (FImax) gewählte Stationen

	Brenner (2010-2011)	Villach (2012-2013)	Jenbach (2010)	WhW (2010)
FImax [°Cd]	382	395	256	135
Kälteperiode [d]	52	93	51	53
min Tagesmitteltemperatur [°C]	-12.7	-9.4	-8.1	-8.5
min Temperatur [°C]	-14.9	-13.9	-10.8	-11.6

Tabelle 3.9: Ergebnisse der Simulationen nach der Anpassung aufgrund des Frostindexmaximums

Referenzstation	Ortsstation	z_p [cm]	z_{tat} [cm]	Prozentueller Unterschied [%]
Brenner	Villach	83	43	47
Villach	Brenner	43	81	47
Jenbach	Wien Hohe Warte	32	46	30
Wien Hohe Warte	Jenbach	59	51	16

Die Ergebnisse zeigen keine Abhängigkeit der Frosteindringungstiefe vom Frostindexmaximum. Bei den Anpassungen verändert sich der Wert der Frosteindringungstiefe (z_p) bis zum Ortsstationswert (z_{tat}) proportional dem Koeffizienten, mit dem die Referenzstationsdaten multipliziert wurden.

3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Infolge der durchgeföhrten Vergleichsberechnungen mit Daten aus 9 österreichischen Wetterstationen kann festgelegt werden, dass die Frosteindringungstiefe von allen betrachteten Klimaparametern abhängig ist. Es wurde jedoch keine Abhängigkeit von einem Klimaparameter allein beobachtet. Die Ergebnisse führen zur Feststellung, dass die Abhängigkeit alle Parameter umfasst und nicht strikt lokal für jede Wetterstation ist. Das heißt, obwohl es einen Zusammenhang der minimalen Lufttemperatur und der Frosteindringungstiefe lokalerweise für jede Wetterstation zu erwarten ist (siehe Kap. 2.5), ist das Definieren einer repräsentativen Wetterstation für jede Klimaregion Österreichs, wie in [1](siehe Kap. 2.5) vorgeschlagen wurde, unmöglich.

4 Frosteindringungsberechnungen mit Daten aus verschiedenen, maßgeblichen Wetterstationen in Österreich

In Abbildung 4.1 ist die Entwicklung der Lufttemperatur der letzten 170 Jahre dargestellt, die die Erwärmung der Atmosphäre zeigt. Dabei erfolgt der Anstieg nicht stetig, sondern stufenweise. Man kann Phasen rascher Erwärmung und Abkühlung unterscheiden. Wenn man die Wintertemperaturen in blauer Farbe betrachtet, dann sieht man, dass in den 1890er-Jahren die Winter besonders streng waren und in den 1910er-Jahren besonders mild. Während der letzten Jahrzehnte verlaufen die beiden Jahreszeiten ansteigend synchron [11].

In Anbetracht dieser Daten wurden Klimadaten für ein möglichst langes Zeitintervall an österreichischen Wetterstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) zur Verfügung gestellt. Diese werden zuerst aufbereitet und danach analysiert. In einem nächsten Schritt werden die Frosteindringungstiefen maßgeblicher Stationen und Winter berechnet.

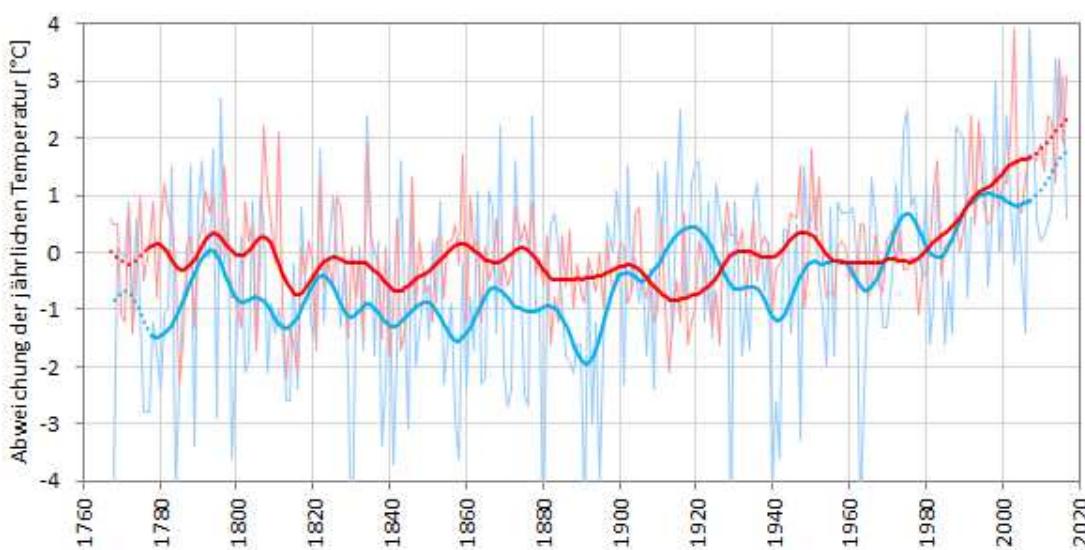


Abbildung 4.1: Entwicklung der mittleren Wintertemperatur (blau) und Sommertemperatur (rot) in Österreich 1767–2017 laut der ZAMG [11]

4.1 Datenaufbereitung

Wie im Kapitel 2.4 erläutert wurde, sind für die Berechnung der Temperaturverteilung bzw. Ermittlung der Frosteindringungstiefe Stundenwerte der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit notwendig. Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) betreibt etwa 250 teilautomatische Wetterstationen in Österreich. Manche davon existieren schon seit 1968 als herkömmlichen Wetterstationen, bei denen zu drei Uhrzeiten pro Tag (7 Uhr, 14 Uhr und 19 Uhr) die Lufttemperatur sowie das Maximum und Minimum der Lufttemperatur gemessen werden. Die Windgeschwindigkeit wurde vor der Automatisierung ebenfalls drei Mal täglich durch den Wetterbeobachter bestimmt. Seit der Einführung der automatischen Wetterstationen ab dem Jahr 2000 gibt es stündliche Messwerte von manchen Stationen. Seit 2008 existieren flächendeckende automatische Wetterstationen. Dabei dürfen aber die Messwerte bestimmter Stationen von ZAMG nicht mitgeteilt werden. Im Hinblick auf die Verfügbarkeit der ZAMG-Daten wurde entschieden, die Wetterdaten vom Jahr 2000 bis 2018 von 113 Messstationen auszuwerten. Für alle Wetterstationen sind Daten vom Jahr 2000 vorhanden, außer der Station Bad Gastein mit Nummer 15501, wobei es Daten erst ab 2009 gibt (siehe Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1: Wetterstationen bei denen stündliche Werte der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit vorhanden sind

Stationnummer	Name	Bundesland	Länge [°]	Breite [°]	Höhe [m]
500	LITSCHAU	NOE	150218	485717	558
905	RETZ/WINDMUEHLE	NOE	155630	484540	320
1415	ROHRBACH	OOE	135939	483411	597
1906	ALLENTSTEIG	NOE	152201	484127	599
1920	STIFT ZWETTL	NOE	151213	483704	502
2415	LEISER BERGE	NOE	162218	483332	457
2503	POYSDORF-OST	NOE	163815	484009	198
2910	SCHAERDING	OOE	132604	482751	307
3202	LINZ-STADT	OOE	141707	481747	262
3702	JAUERLING/ORF	NOE	152021	482004	955
3805	KREMS	NOE	153717	482506	203
3811	LANGENLOIS	NOE	154150	482821	207
4030	STOCKERAU	NOE	161133	482349	203
4081	LANGENLEBARN	NOE	160705	481926	175
4305	ZWERNDORF	NOE	164953	482017	144
4501	BRAUNAU/RANSHOFEN	OOE	130142	481327	382
4705	RIED IM INNKREIS	OOE	132830	481302	427
4815	WOLFSEGG	OOE	134015	480620	635
4905	WELS-SCHLEISHEIM	OOE	140417	480946	309
5012	KREMSMUENSTER (TAWES)	OOE	140752	480318	382
5625	LILIENFELD-TARSCHBERG	NOE	153515	480141	696
5805	WIEN-MARIABRUNN	WIE	161346	481225	225
5904	WIEN-HOHE WARTE	WIE	162123	481455	198
5917	WIEN/UNTERLAA	WIE	162510	480730	200
5925	WIEN-INNERE STADT	WIE	162201	481154	177
5935	WIEN-DONAUFELD	WIE	162553	481526	160
5972	GROSS-ENZERSDORF	NOE	163333	481159	154
6305	SALZBURG-FREISAAL	SAL	130312	474726	418
6415	MATTSEE	SAL	130620	475838	502
6611	FEUERKOGEL	OOE	134304	474900	1618
7110	LUNZ AM SEE	NOE	150403	475116	612
7505	PUCHBERG/SCHNEEBERG	NOE	155425	474725	583
7531	HOHE WAND/HOCHKOGELHAUS	NOE	160206	474920	937
7604	WR.NEUSTADT/FLUGPLATZ	NOE	161353	474956	275
7610	GUTENSTEIN/MARIAHILFBERG	NOE	155234	475217	709
7704	EISENSTADT-NORDOST	BGL	163218	475115	184
7710	SEIBERSDORF	NOE	163018	475835	185
7955	ANDAU	BGL	170200	474621	118
9016	KUFSTEIN	TIR	120946	473431	490
9211	LOFER/ORT	SAL	124143	473504	622
9215	LOFERER ALM	SAL	123843	473550	1620
9700	BAD MITTERNDORF	STMK	135605	473312	814
9801	AIGEN/ENNSTAL	STMK	140818	473158	641

9811	IRDNING-GUMPENSTEIN	STMK	140559	472942	697
9919	WINDISCHGARSTEN	OOE	141934	474313	600
10200	AFLENZ	STMK	151427	473245	783
10412	RAX/SEILBAHNBERGSTATION	NOE	154643	474303	1547
10415	SEMMERING	NOE	154942	473800	988
10500	MOENICHKIRCHEN	NOE	160200	473040	991
10510	REICHENAU/RAX	NOE	155013	474159	488
10550	HIRSCHENKOGL	NOE	155000	473724	1318
11104	BREGENZ	VBG	94446	472957	424
11112	DORNBIRN	VBG	94332	472557	407
11115	FELDKIRCH	VBG	93635	471616	438
11135	ALBERSCHWENDE	VBG	95055	472727	715
11305	WARTH	VBG	101110	471521	1478
11505	REUTTE	TIR	104255	472940	842
11706	SEEFELD	TIR	111032	471929	1182
11803	INNSBRUCK-UNIV.	TIR	112303	471536	578
11804	INNSBRUCK-FLUGPLATZ	TIR	112124	471536	578
11901	JENBACH	TIR	114529	472320	530
	HAHNENKAMM-EHRENBACH-				
12215	HOEHE	TIR	122133	472506	1794
12311	SCHMITTENHOEHE	SAL	124417	471943	1956
12322	ZELL AM SEE	SAL	124743	471936	770
12504	BISCHOFSHOFEN	SAL	131316	472424	550
12513	ST.VEIT IM PONGAU	SAL	130918	471945	749
12711	RAMSAU AM DACHSTEIN	STMK	133803	472531	1207
13120	KALWANG	STMK	144535	472517	744
13515	FISCHBACH	STMK	153838	472639	1034
13605	HARTBERG	STMK	155843	471650	330
14305	GALZIG	TIR	101349	470747	2079
14403	LANDECK	TIR	103349	470825	796
14812	PATSCHERKOFEL	TIR	112744	471232	2251
15105	KRIMML	SAL	121055	471345	1009
15210	VIRGEN	TIR	122721	470010	1212
15321	RUDOLFSHUETTE	SAL	123733	470806	2317
15402	RAURIS	SAL	125933	471325	934
15411	SONNBLICK (TAWES)	SAL	125727	470315	3109
15430	KOLM SAIGURN	SAL	125905	470410	1626
15501	BAD GASTEIN	SAL	130800	470638	1092
15610	OBERTAUERN	SAL	133335	471456	1772
15715	KATSCHBERG	KNT	133653	470338	1635
15721	MARIAPFARR	SAL	134442	470908	1151
15920	MURAU	STMK	141037	470640	816
16015	NEUMARKT	STMK	142529	470411	869
16101	ZELTWEG	STMK	144449	471159	678
16411	ST.RADEGUND	STMK	152923	471056	726
16412	GRAZ-UNIVERSITAET	STMK	152656	470440	367
16421	SCHOECKL	STMK	152759	471155	1443
16511	LASSNITZHOEHE	STMK	153532	470425	530

16800	KLEINZICKEN	BGL	162008	471227	265
17002	GALTUER	TIR	101108	465805	1587
17005	ISCHGL-IDALPE	TIR	101902	465857	2327
17301	OBERGURGL	TIR	110128	465200	1942
17315	PITZTALER GLETSCHER	TIR	105245	465537	2864
17901	LIENZ	TIR	124823	464932	661
18111	MALLNITZ	KNT	131000	465931	1197
18210	MILLSTATT	KNT	133422	464829	721
18225	SPITTAL/DRAU	KNT	132914	464726	542
18705	ST.ANDRAE/LAVANTTAL	KNT	144941	464551	403
18805	PREITENECK	KNT	145454	465617	1034
19205	FELDBACH	STMK	155247	465656	323
19505	SILLIAN	TIR	122525	464447	1081
19700	DELLACH	KNT	130458	464431	628
19720	KOETSCHACH-MAUTHEN	KNT	125950	464038	722
19821	WEISSENSEE-GATSCHECH	KNT	131709	464307	949
20021	VILLACHER ALPE	KNT	134022	463613	2117
20105	ARRIACH	KNT	135109	464340	890
20123	VILLACH-STADT	KNT	135226	463705	493
20212	KLAGENFURT-FLUGHAFEN	KNT	141906	463854	450
20220	POERTSCHACH	KNT	140955	463751	450
20270	FELDKIRCHEN	KNT	140549	464319	546
21300	BAD EISENKAPPEL	KNT	143536	462926	623

Um einen Überblick über die Verteilung der Wetterstationen zu schaffen und um die entsprechenden Wetterdaten für die weiteren Simulationen leichter auswählen zu können, wurde ein Datenbank-Tool am Institut für Verkehrswissenschaften entwickelt. Die genaue Lage aller 113 Wetterstationen ist auf einer Karte (siehe Abbildung 4.2) dargestellt. Abbildung 4.2 zeigt noch die Dichte des Stationsnetzes. Wenn man diese Karte mit der Karte mit der Einteilung von Österreich in Klimaregionen (siehe Abbildung 4.3) vergleicht, dann wird ersichtlich, dass ausreichend viele, repräsentative Wetterstationen von jeder Klimaregion vorhanden sind. Das Datenbank-Tool (siehe Abbildung 4.4 und Abbildung 4.5) erlaubt die Wetterdaten für einen bestimmten Zeitraum und eine bestimmte Station auszuwählen und diese als neue Excel-Datei zu speichern.

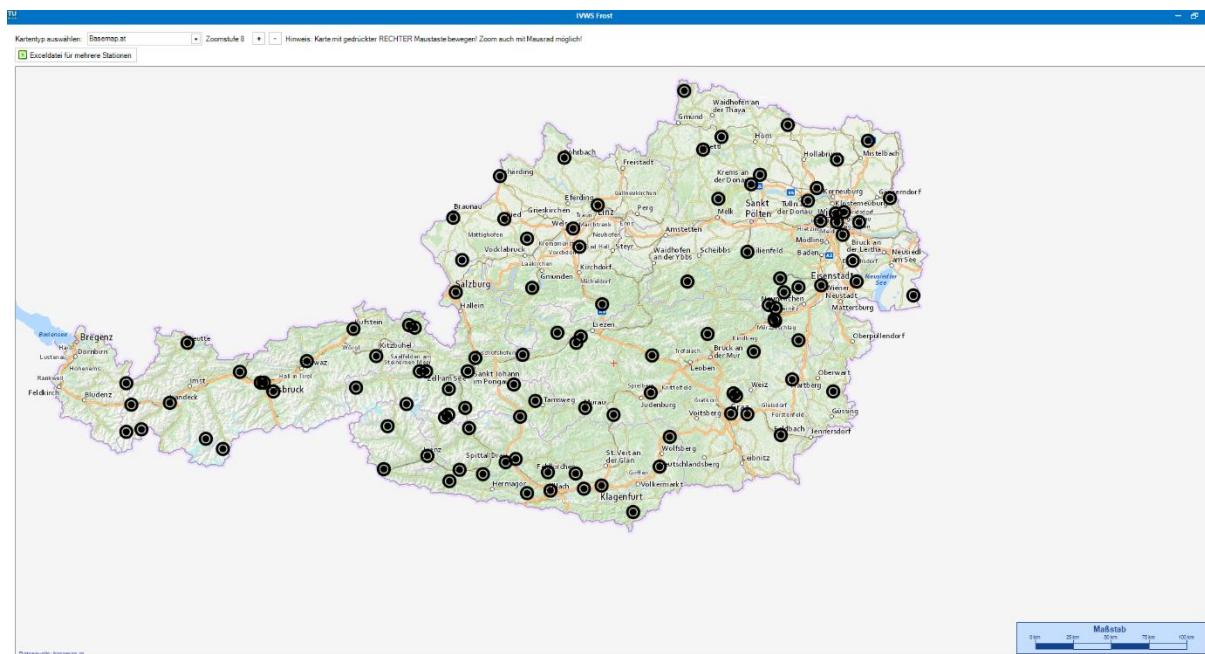


Abbildung 4.2: Karte mit den betrachteten Wetterstationen

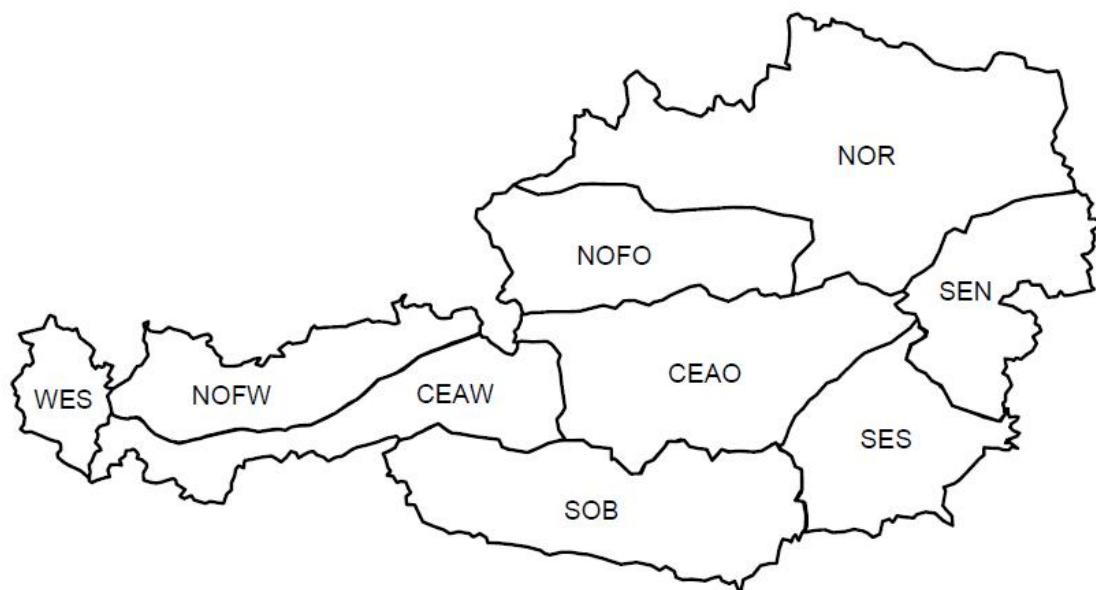


Abbildung 4.3: Einteilung von Österreich in Klimaregionen [6]

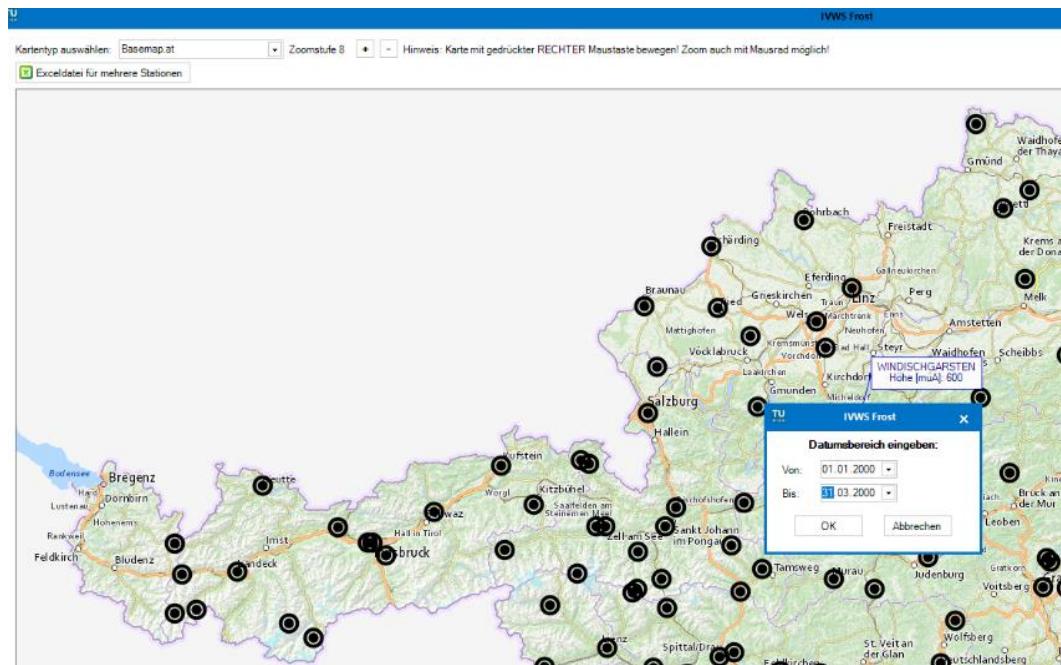


Abbildung 4.4: Tool mit den Wetterdaten

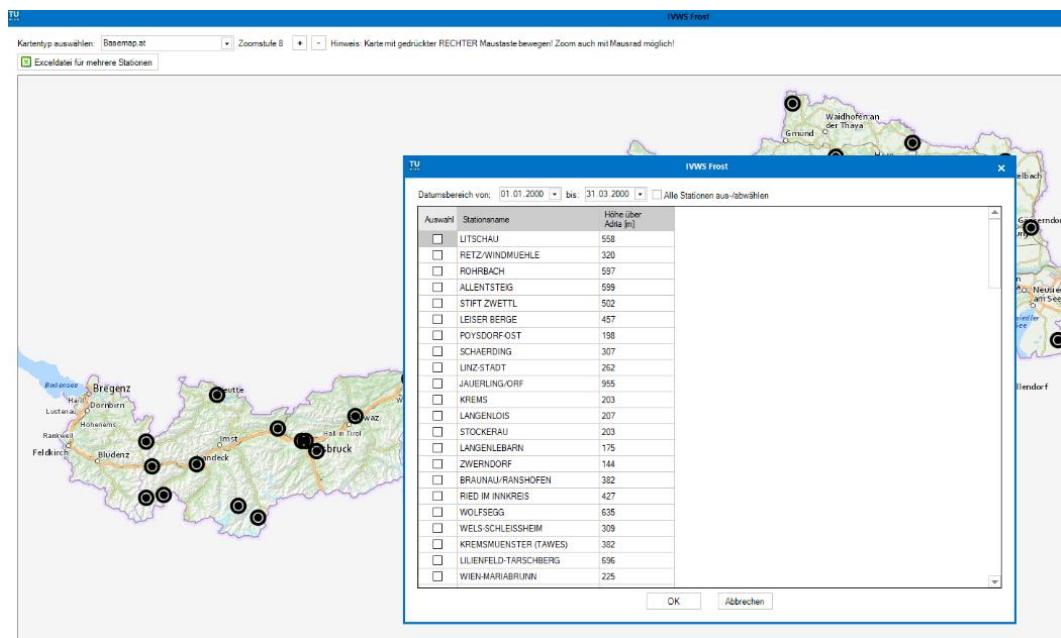


Abbildung 4.5: Tool mit den Wetterdaten

Die Daten weisen einen Mangel an stündlichen Temperatur- und/oder Windgeschwindigkeitsmessungen bei zufälligen Tagen auf. Bei manchen Stationen verhindert dieser Mangel die Berechnung des Frostindex, da dafür die Werte der Tagesmitteltemperatur nötig sind (siehe Kap. 2.3), die aus den stündlichen Temperaturmessungen ermittelt wurden. In Tabelle 4.2 und

Tabelle 4.3 sind alle diese Stationen zusammengefasst.

Tabelle 4.2: Wetterstationen bei denen keine Daten für die Winterperiode vorliegen (vom Jahr 2000 bis 2008)

Winter- periode	2000- 2001	2001- 2002	2002- 2003	2003- 2004	2004- 2005	2005- 2006	2006- 2007	2007- 2008	2008- 2009
--------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Stationsnummer	4305	4705	1920	1906	6611	9811	12513	15411	15411
	9700	6305	3702	9215	9801	10500	15411	16511	
	10412	9215	4030	15411	15411	17315			
	11804	10412	5927	18805		15411			
	12504	11112	7710						
	14812	11505	7955						
	15411	11901	9700						
	15430	15411	14305						
	15610	20021	14812						
	16421	20212	15411						
	16511	20270	15430						
	17005		15920						
	17315		17005						
	20270		19821						
Anzahl der Stationen	14	11	14	4	3	4	2	2	1

Tabelle 4.3: Wetterstationen bei denen keine Daten für die Winterperiode vorliegen (vom Jahr 2009 bis 2018)

Winterperiode	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Stationsnummer	4081	14403	15411	9016	15411	15411	15411	15411	15411
	10550	14812		15411					
	14812	15411							
	15411								
Anzahl der Stationen	4	3	1	2	1	1	1	1	1

4.2 Ermittlung und Analyse von Klimaparametern

Nach der Identifikation der für die Frosteindringung relevanten Klimaparameter einer Winterperiode – Frostindex, Länge der Kälteperiode, minimale Tagesmitteltemperatur und minimale Stundentemperatur (siehe Kapitel 3), wurden diese für alle vorhandene Stationen und Jahren ermittelt. Dafür wurde ein weiteres Berechnungstool auf Excel-Basis entwickelt. Dieses ermöglicht die automatische Berechnung der Klimaparameter. Damit die Kälteperioden der Stationen mit dem längsten Winter identifiziert werden können, wurden die Berechnungen der Klimaparameter in den Klimaperioden 6, 1 und 2 gemacht (siehe Tabelle 2.1) bzw. von 16. Oktober bis 15. Mai im nächsten Jahr. Im Berechnungstool wurden verschiedene Funktionen entwickelt, mit denen von den stündlichen Wetterdaten die gewünschten Klimaparameter automatisch berechnet werden können.

In Tabelle 4.4 sind die Klimaparameter für die Wetterstation Litschau nach Jahren zusammengefasst. Daraus lässt sich der strengste Winter (2005-2006) in dem betrachteten Zeitraum ablesen. Der Frostindex zeigt sich dabei als ein sicheres Kriterium für die Identifikation des strengsten

Winters innerhalb eines Ortes bzw. einer Station. Analog zu Tabelle 4.4 sind die Klimaparameter für alle 113 Stationen im Anhang zu finden. Anhand dieser Daten wurde der stärkste Winter für jede Wetterstation bestimmt. Dieser soll als maßgeblich für die Ermittlung der Frosteindringung betrachtet werden.

Tabelle 4.4: Klimaparameter für Station Litschau (Stationsnummer 500)

Stationsnum- mer	Winter	Min Stunden- temperatur [°C]	Min Tage- mittel- temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Länge der Frostperiode [d]
500	2000-2001	-19.0	-11.9	94	24
500	2001-2002	-22.5	-16.5	233	39
500	2002-2003	-20.5	-12.1	136	27
500	2003-2004	-22.9	-15.7	109	22
500	2004-2005	-19.7	-11.1	139	28
500	2005-2006	-24.0	-13.2	359	80
500	2006-2007	-15.6	-10.2	29	5
500	2007-2008	-14.3	-8.3	124	29
500	2008-2009	-14.5	-10.5	157	25
500	2009-2010	-19.6	-14.3	242	52
500	2010-2011	-18.1	-11.4	195	37
500	2011-2012	-23.8	-17.3	241	31
500	2013-2014	-14.1	-8.8	58	15
500	2014-2015	-11.9	-7.8	40	24
500	2015-2016	-19.0	-13.2	62	10
500	2016-2017	-19.7	-13.8	219	35
500	2017-2018	-20.2	-13.8	148	32
Mittelwert		-18.8	-12.3	152.1	30.3

In Abbildung 4.6 sind die Frostindices des stärksten Winters jeder Wetterstation im Zusammenhang mit den anderen Klimaparametern – minimale Tagesmitteltemperatur (blau), minimale Stundenmitteltemperatur (orange) und Länge der Kälteperiode (grau) – dargestellt. Auf den Ordinaten sind die Werte der Temperatur und der Länge der Kälteperiode aufgetragen und auf der Abszisse liegt der Wert des Frostindex.

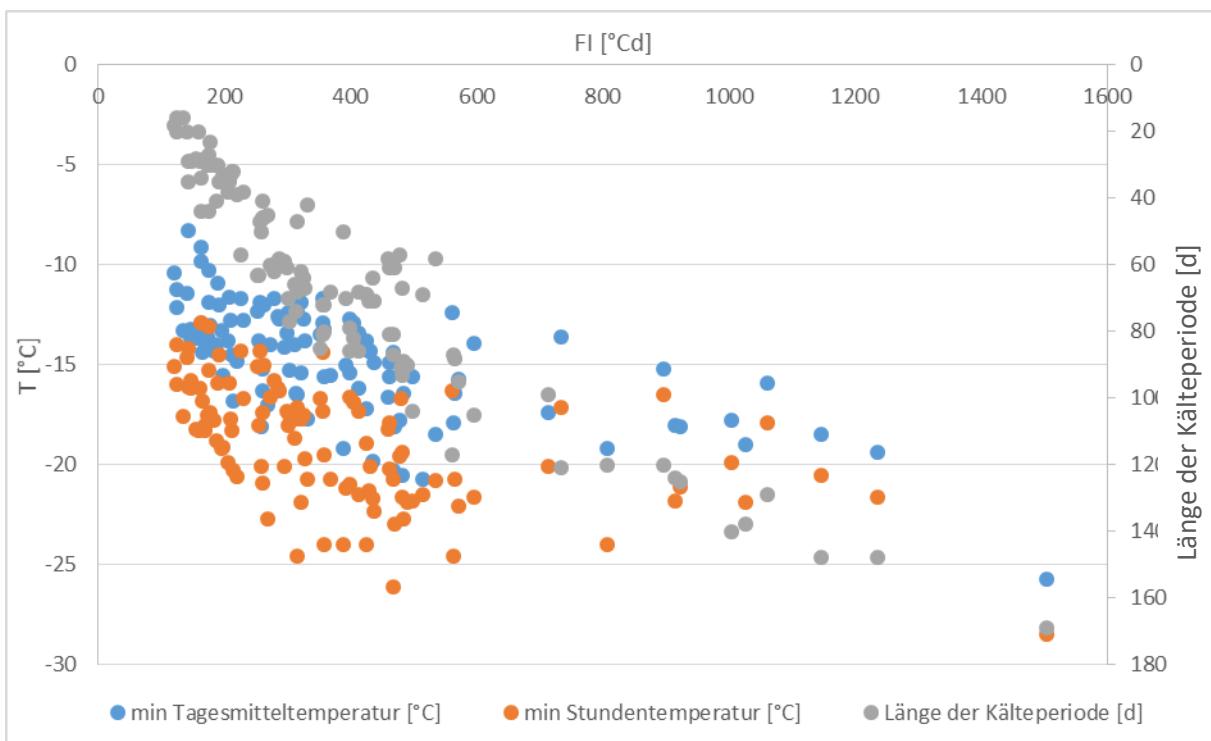


Abbildung 4.6: Zusammenhänge zwischen dem Frostindex und der minimalen Tagesmitteltemperatur, der minimalen Stundentemperatur und der Dauer der Frostperiode (mit Daten von den strengsten Wintern jeder Wetterstation)

Darüber hinaus wurde entschieden, die Wetterstationen mit den strengsten Wintern nach Frostindex zu sortieren und Frostindexbereiche zu definieren. Angesichts der Verteilung der Wetterstationen in Abhängigkeit des Frostindex (siehe Abbildung 4.6), ist es sinnvoll die Frostindexbereiche in 100 °Cd zu unterteilen. Wie in Abbildung 4.6 noch zu sehen ist, fallen in den Frostindexbereich 600 bis 699 keine Stationen. Zudem gibt es nur 6 Wetterstationen, die einen Frostindex über 1000 °Cd aufweisen. Daher werden diese in einem Frostindexbereich 1000-1500 °Cd zusammengefasst.

Für jeden Frostindexbereich (siehe Tabelle 4.5 bis Tabelle 4.13) wurden repräsentative Wetterstationen mit extremen Werten der Klimaparameter (siehe Werte in rot) ausgewählt, deren Wetterdaten danach als Eingangsgrößen zur Berechnung der Frosteindringungstiefe dienen. Dabei wurden jene Stationen betrachtet, die einen maximalen Frostindex, maximale Kälteperiode, minimale Tagesmitteltemperatur oder minimale Stundentemperatur aufweisen. Wie aus den Tabelle 4.5 bis Tabelle 4.13 sichtbar wird, gibt es innerhalb eines Frostindexbereichs Stationen, mit ähnlichen Werten bei demselben Parameter, aber nahe oder größere Werte bei anderen Parametern. Aus diesem Grund werden diese auch bei der Ermittlung der Frosteindringungstiefe berücksichtigt. Die letzte Bedingung wurde aufgrund der Erfahrung aus den durchgeföhrten Parameterstudien (siehe Kap. 3) gestellt – mögliche größere Frosteindringungstiefe bei Stationen mit solchen Parameterwerten. Somit wurden die ungünstigsten Fälle betrachtet, bei denen die größten Frosteindringungstiefen zu erwarten sind.

Wie im Kapitel 4.1 erwähnt wurde, fehlen bei manchen Wetterstationen Daten. In den Fällen bei denen Daten nur für die Lufttemperatur vorhanden sind, wurden die Daten für die Windgeschwindigkeit mit Daten aus einem anderen Jahr der gleichen Wetterstation mit ähnlichen Frostindexen ergänzt. Das sind Stationen 4501 (Frostindexbereich 100-199), 12513 (Frostindexbereich 300-399) und 15321 (Frostindexbereich 1000-1500).

Tabelle 4.5:Frostindexbereich 100-199, 29 Stationen

Stationsnum- mer	Winterperi- ode	min Stunden- temperatur [°C]	min Tage- smittel- temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Länge der Kälteperiode [d]
905	2005-2006	-19.1	-15.5	197	33
3202	2011-2012	-15.1	-10.4	120	18
3805	2005-2006	-18.3	-13.8	170	28
3811	2005-2006	-17.8	-14.3	183	30
4030	2005-2006	-17.8	-13.9	177	30
4081	2005-2006	-18.0	-13.5	170	29
4305	2001-2002	-18.8	-14.0	188	41
4501	2005-2006	-18.9	-14.6	189	30
4905	2005-2006	-15.3	-11.9	176	27
5012	2016-2017	-12.9	-9.8	163	34
5805	2005-2006	-18.2	-13.7	155	28
5904	2005-2006	-16.1	-13.4	143	29
5917	2005-2006	-16.2	-13.3	161	29
5925	2011-2012	-14.0	-11.2	124	20
5935	2005-2006	-16.2	-13.7	148	29
5972	2005-2006	-16.8	-14.4	165	29
6305	2011-2012	-18.3	-13.6	159	20
7704	2005-2006	-15.8	-13.2	147	29
7710	2005-2006	-17.5	-13.6	173	30
7955	2011-2012	-14.6	-11.4	141	20
10510	2011-2012	-17.4	-13.0	177	23
11104	2011-2012	-16.0	-12.1	125	16
11112	2011-2012	-17.6	-13.3	134	16
11115	2001-2002	-14.5	-12.0	191	35
13605	2005-2006	-19.2	-13.3	195	35
16411	2009-2010	-13.1	-10.3	175	44
16412	2016-2017	-14.2	-8.3	142	35
16511	2001-2002	-12.9	-9.1	163	44

Tabelle 4.6: Frostindexbereich 200-299, 21 Stationen

Stationsnum- mer	Winterperi- ode	min Stunden- temperatur [°C]	min Tage- smittel- temperatur [°C]	max Frost- index [°Cd]	Länge der Kälteperiode [d]
1906	2005-2006	-20.9	-16.3	260	46
2415	2005-2006	-20.1	-18.1	259	50
2503	2005-2006	-20.3	-16.8	215	32
2910	2005-2006	-15.9	-11.6	207	35
4705	2005-2006	-16.7	-12.8	231	38
4815	2005-2006	-16.6	-14.0	273	60

6415	2005-2006	-17.7	-12.8	210	33
7505	2005-2006	-22.7	-17.0	268	45
7531	2009-2010	-15.0	-12.0	262	46
7604	2005-2006	-18.3	-14.5	213	32
7610	2005-2006	-18.0	-13.8	255	63
9016	2005-2006	-16.3	-12.7	288	58
10500	2009-2010	-14.3	-11.9	257	47
11135	2005-2006	-15.8	-11.7	279	62
11803	2005-2006	-14.3	-11.7	226	57
11901	2005-2006	-16.2	-12.6	286	59
13120	2004-2005	-20.1	-14.1	296	59
13515	2011-2012	-17.4	-15.2	260	41
14403	2005-2006	-15.1	-12.3	253	63
16800	2005-2006	-20.6	-14.8	221	39
19205	2005-2006	-19.9	-13.8	206	38

Tabelle 4.7: Frostindexbereich 300-399, 22 Stationen

Stationsnum- mer	Winterperi- ode	min Stunden- temperatur [°C]	min Tage- mittel- temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
500	2005-2006	-24.0	-13.2	359	80
1415	2005-2006	-17.3	-12.9	357	81
1920	2005-2006	-24.6	-16.5	315	47
3702	2005-2006	-17.7	-16.4	313	74
5625	2005-2006	-17.5	-15.3	303	77
9211	2005-2006	-17.5	-12.7	326	64
9801	2005-2006	-24.0	-19.2	389	50
9811	2001-2002	-20.7	-17.7	332	42
9919	2005-2006	-21.9	-15.4	321	62
10200	2005-2006	-21.0	-15.4	398	79
11505	2005-2006	-17.7	-11.9	321	65
11804	2005-2006	-17.3	-13.4	300	61
12513	2005-2006	-16.6	-12.7	398	86
15210	2005-2006	-14.4	-11.7	357	72
15501	2011-2012	-19.5	-15.6	358	72
18210	2005-2006	-18.0	-12.4	301	70
19720	2005-2006	-17.1	-12.3	315	68
20105	2005-2006	-16.7	-13.5	352	85
20123	2005-2006	-19.7	-13.8	328	67
20220	2005-2006	-18.7	-14.0	312	66
20270	2005-2006	-21.2	-15.0	393	70
21300	2005-2006	-20.7	-15.5	368	68

Tabelle 4.8: Frostindexbereich 400-499, 22 Stationen

Stationsnum- mer	Winterperi- ode	min Stunden- temperatur [°C]	min Tage- smittel- temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
12504	2005-2006	-16.9	-12.9	405	82
20212	2005-2006	-21.5	-16.2	413	68
18805	2005-2006	-17.3	-13.4	413	86
18705	2005-2006	-24.0	-17.2	425	69
12322	2005-2006	-18.9	-13.8	425	69
19821	2005-2006	-21.3	-14.3	430	71
19700	2005-2006	-20.1	-14.3	432	71
15430	2011-2012	-21.7	-19.8	435	64
18225	2005-2006	-22.3	-14.9	438	71
16421	2004-2005	-18.2	-16.6	460	58
10550	2004-2005	-17.9	-15.6	461	61
17901	2005-2006	-20.2	-14.9	462	81
15920	2005-2006	-20.7	-14.4	468	87
7110	2005-2006	-26.1	-20.3	468	81
11305	2004-2005	-23.0	-18.1	469	61
9215	2004-2005	-19.6	-17.8	479	57
15105	2005-2006	-16.7	-15.4	481	91
6611	2011-2012	-21.6	-20.5	482	67
10415	2005-2006	-19.4	-14.9	483	93
9700	2005-2006	-22.7	-16.4	484	89
16015	2005-2006	-21.9	-15.4	490	90
18111	2004-2005	-21.8	-15.6	499	104

Tabelle 4.9: Frostindexbereich 500-599, 7 Stationen

Stationsnum- mer	Winterperi- ode	min Stunden- temperatur [°C]	min Tage- smittel- temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
10412	2011-2012	-21.5	-20.7	515	69
12215	2004-2005	-20.8	-18.5	535	58
12711	2005-2006	-16.3	-12.4	562	117
16101	2005-2006	-24.6	-17.9	563	87
15402	2005-2006	-20.7	-16.4	565	88
15721	2005-2006	-22.1	-15.7	572	95
19505	2004-2005	-21.6	-13.9	595	105

Tabelle 4.10: Frostindexbereich 700-799, 2 Stationen

Stationsnummer	Winterperiode	min Stunden-temperatur [°C]	min Tage-smittel-temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
12311	2009-2010	-20.1	-17.4	713	99
15715	2005-2006	-17.1	-13.6	734	121

Tabelle 4.11: Frostindexbereich 800-899, 2 Stationen

Stationsnummer	Winterperiode	min Stunden-temperatur [°C]	min Tage-smittel-temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
11706	2005-2006	-24.0	-19.2	808	120
15610	2005-2006	-16.5	-15.2	896	120

Tabelle 4.12: Frostindexbereich 900-999, 2 Stationen

Stationsnummer	Winterperiode	min Stunden-temperatur [°C]	min Tage-smittel-temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
17002	2005-2006	-21.8	-18.0	914	124
17301	2005-2006	-21.1	-18.1	923	125

Tabelle 4.13: Frostindexbereich 1000-1504, 6 Stationen

Stationsnummer	Winterperiode	min Stunden-temperatur [°C]	min Tage-smittel-temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Kälteperiode [d]
14305	2005-2006	-19.9	-17.8	1004	140
17005	2005-2006	-21.9	-19.0	1027	138
20021	2005-2006	-17.9	-15.9	1062	129
14812	2005-2006	-20.5	-18.5	1146	148
15321	2005-2006	-21.6	-19.4	1235	148
17315	2004-2005	-28.5	-25.7	1504	169

4.3 Ermittlung der Frosteindringungstiefe für einen Regelaufbau

Mit den im Kapitel 4.2 ausgewählten Wetterstationen bzw. Wetterdaten, die einen Frostindexbereich repräsentieren, werden in einem nächsten Schritt die Frosteindringungstiefen in einem flexiblen Straßenaufbau des Bautyps AS1, Lastklasse 1,3 der RVS 03.08.63 (siehe Abbildung 4.7) mit Hilfe des Differenzenverfahrens ermittelt.

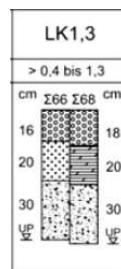


Abbildung 4.7: Untersuchte Straßenaufbau des Bautyps AS1, Lastklasse 1,3 laut RVS 03.08.63 [3]

Die thermophysikalischen Kenngrößen der einzelnen Schichten variieren abhängig vom Wassergehalt. Dies führt zu Unterschieden in der Temperaturverteilung des gesamten Aufbaus [12]. Der Wassergehalt in den ungebundenen Schichten des Straßenoberbaus bzw. im Untergrund hängt stark von der Art der gebundenen oberen Schicht bzw. von ihrem Zustand ab. Wie in Abbildung 4.8 gezeigt, ist der Feuchtegehalt im Straßenaufbau und im Untergrund sowohl durch den seitlichen Wassereintritt infolge Niederschlägen, als auch durch das Grundwasser beeinflusst [13].

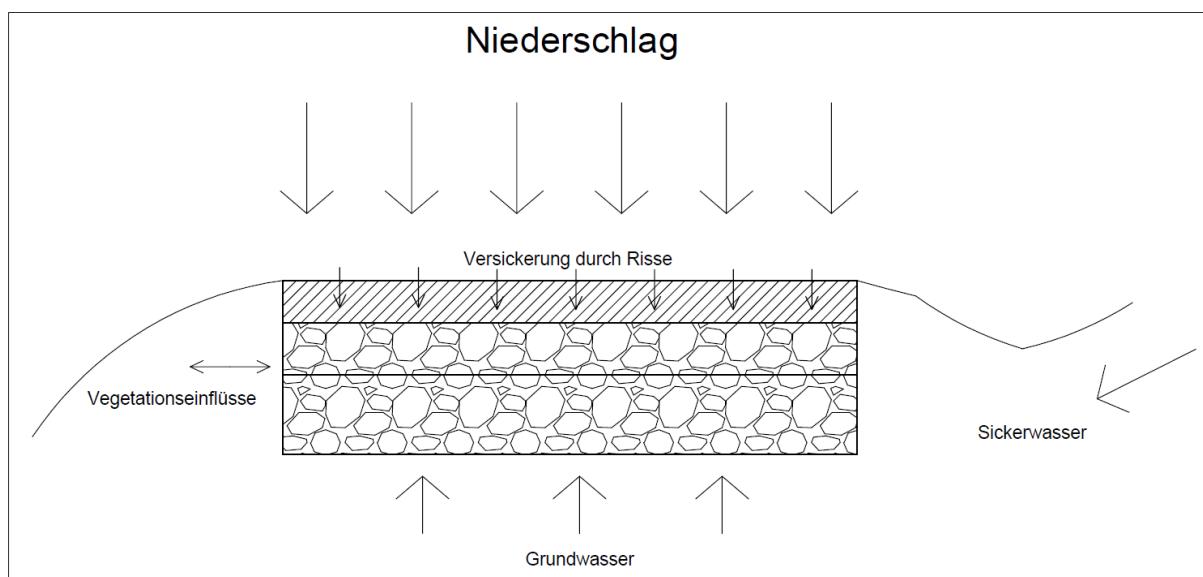


Abbildung 4.8: Einflüsse auf den Feuchtegehalt in einer Straßenbefestigung [13]

Aus diesem Grund werden die Frosteindringungstiefen für trockene und wassergesättigte ungebundene Tragschichten ermittelt. In Tabelle 4.14 und Tabelle 4.15 sind die thermophysikalischen Kenngrößen der einzelnen Schichten zusammengefasst.

Tabelle 4.14: Materialparameter der Schichten des untersuchten Aufbaus, trockene Schichten [2], [14]

Aufbauschicht	Dicke [m]	Dichte[kg/m³]	Spez. Wärmekapazität [kJ/m³K]	Wärmeleitzahl [W/mK]
Asphaltschicht	0.16	2120.00	1950.40	2.52
OUTS	0.20	2100.00	1890.00	0.50
UUTS	0.30	2100.00	1890.00	0.50
Sand (Untergrund)	1.34	1800.00	1300.00	0.40

Tabelle 4.15: Materialparameter der Schichten des untersuchten Aufbaus, wassergesättigte Schichten [2], [14]

Aufbauschicht	Dicke [m]	Dichte[kg/m³]	Spez. Wärmekapazität [kJ/m³K]	Wärmeleitzahl [W/mK]
Asphaltschicht	0.16	2120.00	1950.40	2.52
UOTS	0.20	2100.00	3780	2.5
UUTS	0.30	2100.00	3780	2.5
Sand (Untergrund)	1.34	1900.00	2200.00	2.40

Als Untergrundtemperatur in 2 Meter Tiefe der ganzen Kälteperiode (siehe Kapitel 2.4) wurde jene für Klimaperiode 1 (Tabelle 2.1) gewählt. Obwohl die Temperatur in Klimaperiode 2 niedriger ist, sollte das die Ergebnisse nicht beeinflussen, da die minimalen Werte der Temperatur und die maßgebenden Kälteperioden üblicherweise in Klimaperiode 1 auftreten. Alle weitere Inputparameter sind in dem Tool für die Berechnung der Temperaturverteilung mit dem Differenzenverfahren implementiert [8], [1]. Zuerst wurden die Simulationen der Temperaturverteilung und die Ermittlung der Frosteindringungstiefen für alle festgelegten Stationen mit extremen Klimaparametern mit Materialkennwerten für trockene ungebundene Schichten durchgeführt. Die einzelnen Abbildungen zum Auslesen der Frosteindringungstiefen sind im Anhang C zu finden. In den Diagrammen ist die untere Grenze jeder Aufbauschicht mit fetten unterbrochenen Linien gezeigt. In Tabelle 4.16 sind alle Wetterstationen mit den dazugehörigen Klimaparametern und deren ermittelten Frosteindringungstiefen zusammengefasst. Die Werte in Rot zeigen die maximal ermittelte Frosteindringungstiefe innerhalb eines Frostindexbereichs. Man kann auslesen, dass die größten Frosteindringungstiefen in den FI-Bereiche – 100-199, 200-299, 300-399, 400-499 und 500-599 bei den Stationen mit der niedrigsten minimalen Tagesmitteltemperatur auftreten. Diese Frosteindringungstiefen werden somit als repräsentativ für die entsprechenden FI-Bereiche festgestellt.

Tabelle 4.16: Berechnete Frosteindringungstiefen für die festgelegten Wetterstationen mit extremen Klimaparametern, trockene Schichten

Stationsnummer	min Stundentemperatur [°C]	min Tage- smittel- temperatur [°C]	Länge der Kälteperi- ode [d]	Frostindex [°Cd]	Frost- in- dexbereich	Frosteindringungs- stiefe [cm]
905	-19.1	-15.5	33	197		95
4501	-18.9	-14.6	30	189	100-199	94
13605	-19.2	-13.3	35	195		93
2415	-20.1	-18.1	50	259	200-299	99
4815	-16.6	-14.0	60	273		96

7505	-22.7	-17.0	45	268		102
11135	-15.8	-11.7	62	279		89
13120	-20.1	-14.1	59	296		94
1920	-24.6	-16.5	47	315		111
9801	-24.0	-19.2	50	389		114
10200	-21.0	-15.4	79	398	300-399	109
12513	-16.6	-12.7	86	398		93
20105	-16.7	-13.5	85	352		91
20212	-21.5	-16.2	68	413		106
15430	-21.7	-19.8	64	435		120
7110	-26.1	-20.3	81	468	400-499	119
6611	-21.6	-20.5	67	482		123
18111	-21.8	-15.6	104	499		104
10412	-21.5	-20.7	69	515	500-599	125
16101	-24.6	-17.9	87	563		115
12311	-20.1	-17.4	99	713	700-799	108
11706	-24.0	-19.2	120	808	800-899	116
15610	-16.5	-15.2	120	896		110
17301	-21.1	-18.1	125	923	900-999	113
15321	-21.6	-19.4	148	1235		131
17005	-21.9	-19.0	138	1027	1000-1500	114
17315	-28.5	-25.7	169	1504		140

In Abbildung 4.9 ist der Zusammenhang zwischen dem Frostindex und der ermittelten maximalen Frosteindringungstiefe innerhalb eines Frostindexbereichs mit Materialkennwerte für trockene ungebundene Schichten zu sehen. Es fällt auf, dass die ermittelten maximalen Frosteindringungstiefen für die Frostindexbereiche – 700-799, 800-899 und 900-999 niedriger als beim FI-Bereich 500-599 sind. Das kann mit der geringeren Anzahl an Wetterstationen, die in diese Bereiche fallen, erklärt werden (vgl. Tabelle 4.10 bis Tabelle 4.12). Aus diesem Grund werden die ermittelten Werte der Frosteindringungstiefe für diese Bereiche nicht in der weiteren Analyse betrachtet. Der Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Frostindex lässt sich somit anhand einer logarithmischen Funktion (sieh Abbildung 4.9) gut beschreiben.

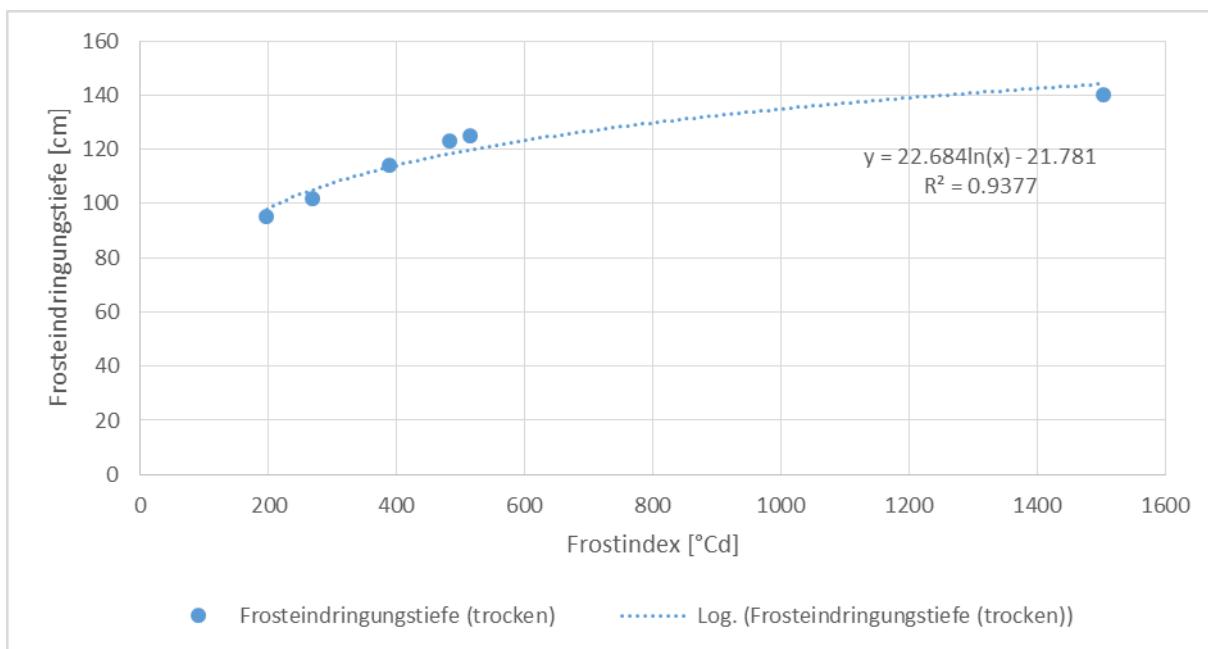


Abbildung 4.9: Zusammenhang zwischen Frosteindringungstiefe und dem Frostindex, trockene Schichten

Tabelle 4.17: Wetterstationen mit maximaler Frosteindringungstiefe für jeden Frostindexbereich, trockene Schichten (z_t)

Stationsnummer	Obere Grenze des Frostindexbereichs [°Cd]	z_t [cm]
905	199	95
7505	299	102
9801	399	114
6611	499	123
10412	599	125
17315	1504	140

Anschließend wurden die Frosteindringungstiefen mit Materialkennwerten für wassergesättigte Schichten (siehe Tabelle 4.15) mit Wetterdaten von den Stationen aus Tabelle 4.17 berechnet. Die Diagramme für das Auslesen der Frosteindringungstiefe aller durchgeführten Simulationen sind im Anhang C und Anhang D zu finden. In Abbildung 4.10 ist der Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Frostindex für trockenen (blau) und wassergesättigten (orange) Untergrund gezeigt. In den beiden Fällen lässt sich der Zusammenhang mit einer logarithmischen Funktion gut beschreiben.

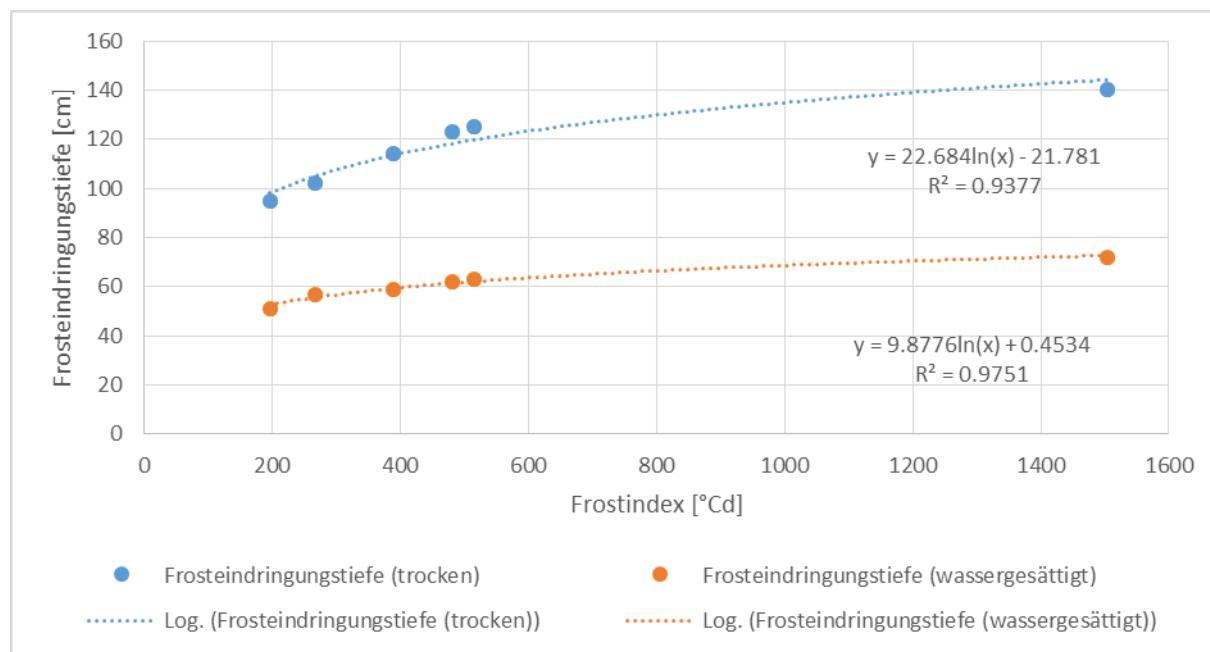


Abbildung 4.10: Zusammenhang zwischen Frosteindringungstiefe und dem Frostindex, trockene und wassergesättigte Schichten

In Tabelle 4.18 sind die berechneten Frosteindringungstiefen bei trockenen und wassergesättigten ungebundenen Schichten für die repräsentativen Wetterstationen zusammengefasst. Wie oben erwähnt, wurden die berechneten Werte für Frostindexbereiche 600-699, 700-799, 800-899 und 900-999 wegen der niedrigen Anzahl an Wetterstationen nicht als maßgeblich betrachtet. Deshalb wurden sie mithilfe der festgestellten logarithmischen Funktionen berechnet und in Tabelle 4.18 in Rot dargestellt. Für die Berechnungen wird die obere Grenze jedes Frostindexbereichs genommen. In der Tabelle sind noch der prozentuelle Unterschied und der Mittelwert der Frosteindringungstiefen in den beiden Fällen zu sehen.

Tabelle 4.18: Frosteindringungstiefen bei trockenen und wassergesättigten Schichten für die repräsentativen Wetterstationen

Frostindexbereich [°Cd]	Zt [cm]	Zw [cm]	Prozentueller Un- terschied [%]	Mittelwert [cm]
100 - 199	95	51	46	73
200 - 299	102	57	44	80
300 - 399	114	59	48	87
400- 499	123	62	49	93
500 - 599	125	63	50	94
600 - 699	127	65	49	96
700 - 799	130	66	49	98
800 - 899	132	68	48	100
900 - 999	135	69	49	102
1000 - 1504	140	72	49	106

Um maßgeblichen Frosteindringungstiefen zu definieren ist es notwendig, die Veränderung des Wassergehalts in den ungebundenen Schichten und im Untergrund zu berücksichtigen. Dies kann

durch das Heranziehen von Daueraufzeichnungen von Bodenfeuchtesensoren und durch Ermittlung der Anzahl an Tagen in der Kälteperiode, an denen die Schichten im wassergesättigten Zustand sind. Die tatsächliche Eindringungstiefe z_{tat} kann durch Gewichtung der Frosteindringungstiefen ermittelt mit thermophysikalischen Inputparameter für trockene und wassergesättigte Schichten (z_{ws} und z_{tr}) nach der Anzahl an Tage an denen die Schichten im wassergesättigten bzw. trockenen Zustand (P_{ws} und P_{tr}) sind, erfolgen:

$$z_{tat} = z_{ws} * P_{ws} + z_{tr} * P_{tr} \quad \text{Gleichung 4.1}$$

$$P_{tr} = 100\% - P_{ws} \quad \text{Gleichung 4.2}$$

Z_{tat}	tatsächliche Frosteindringungstiefe [cm]
z_{ws}	Frosteindringungstiefe bei ungebundenen Schichten im wassergesättigten Zustand [cm]
z_{tr}	Frosteindringungstiefe bei ungebundenen Schichten im trockenen Zustand [cm]
P_{ws}	Prozentanteil der Tage in der Kälteperiode, an denen die ungebundenen Schichten im wassergesättigten Zustand sind [%]
P_{tr}	Prozentanteil der Tage in der Kälteperiode, an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind [%]

Bei vorhandenen Daten für den Wassergehalt in den ungebundenen Schichten und Berechnung des Prozentanteils der Tage an denen die Schichten im trockenen oder wassergesättigten Zustand sind, ist es somit möglich, annäherungsweise die tatsächliche Frosteindringungstiefe zu bestimmen. Anhand dieser Methodik wurden Diagramme zum Auslesen der Frosteindringungstiefe in Abhängigkeit des Prozentanteils der Tage, an denen die Schichten im trockenen oder wassergesättigten Zustand sind, für die einzelnen Frostindexbereiche erstellt (Abbildung 4.11 bis Abbildung 4.20). Als Haupttendenz lässt sich erkennen, dass mit der Zunahme der Tage an denen die Schichten trocken sind, nimmt die Frosteindringungstiefe linear zu.

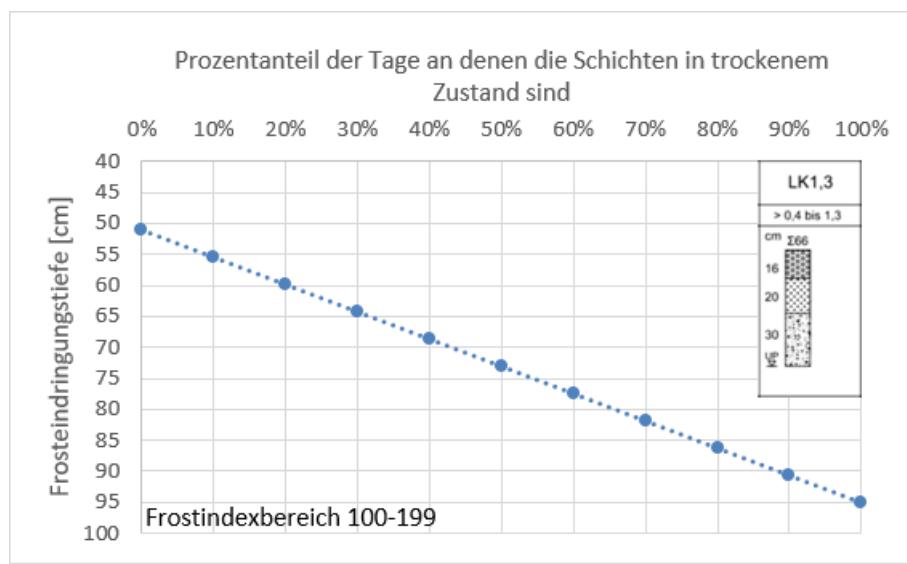


Abbildung 4.11: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 100 und 199 °Cd

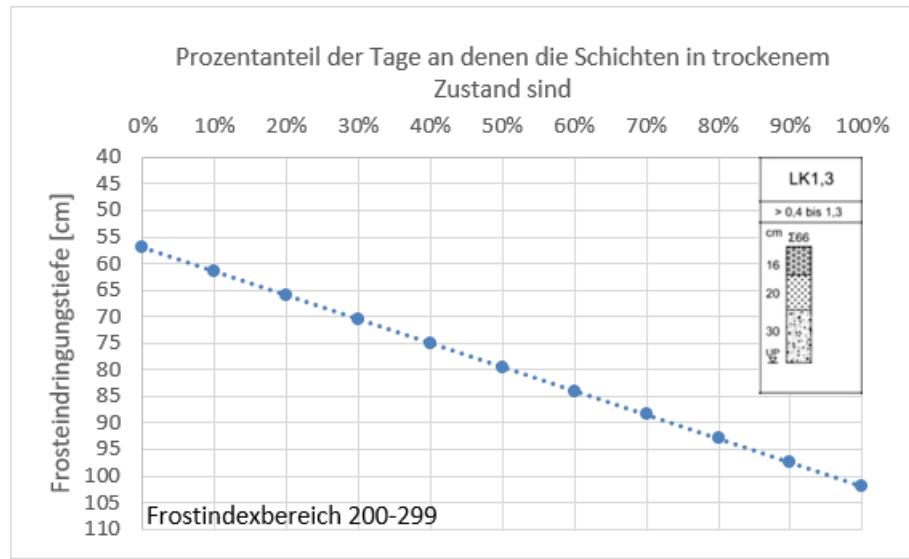


Abbildung 4.12: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 200 und 299 °Cd

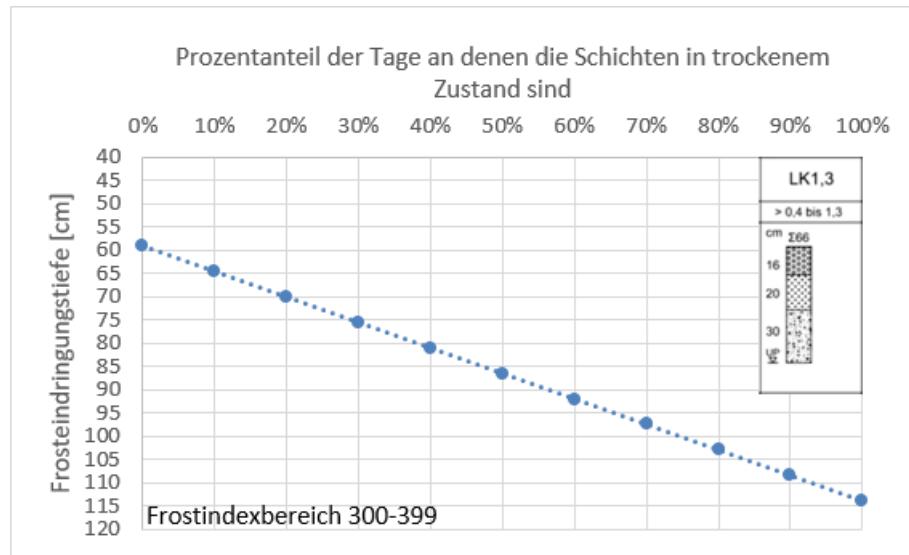


Abbildung 4.13: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 300 und 399 °Cd

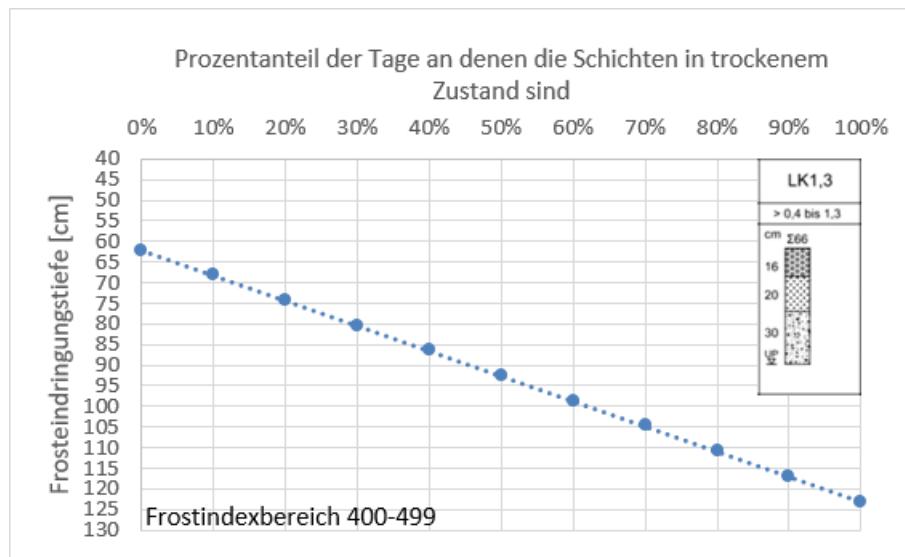


Abbildung 4.14: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 400 und 499 °Cd

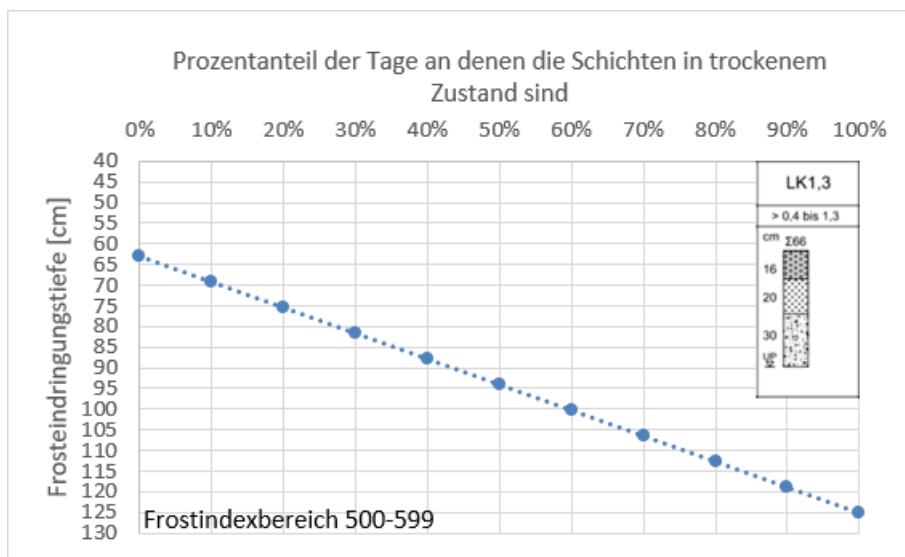


Abbildung 4.15: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 500 und 599 °Cd

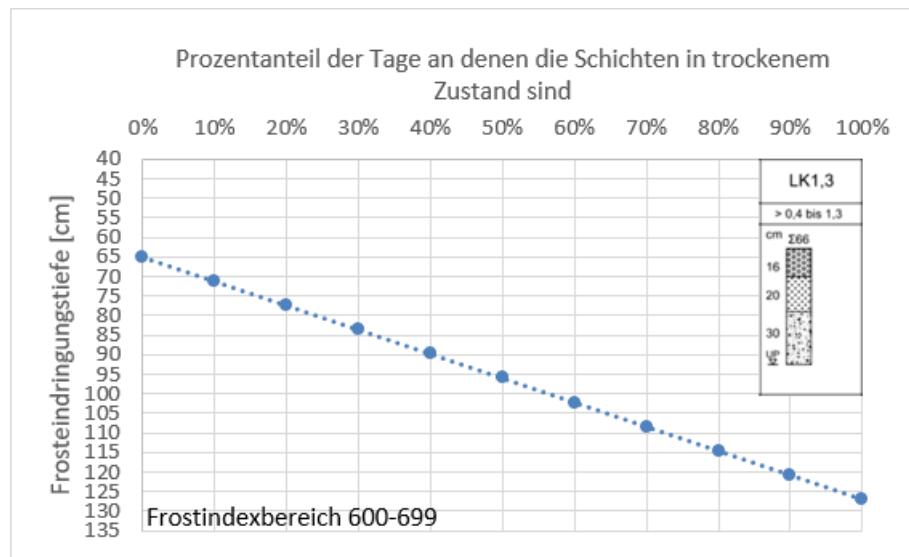


Abbildung 4.16: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 600 und 699 °Cd

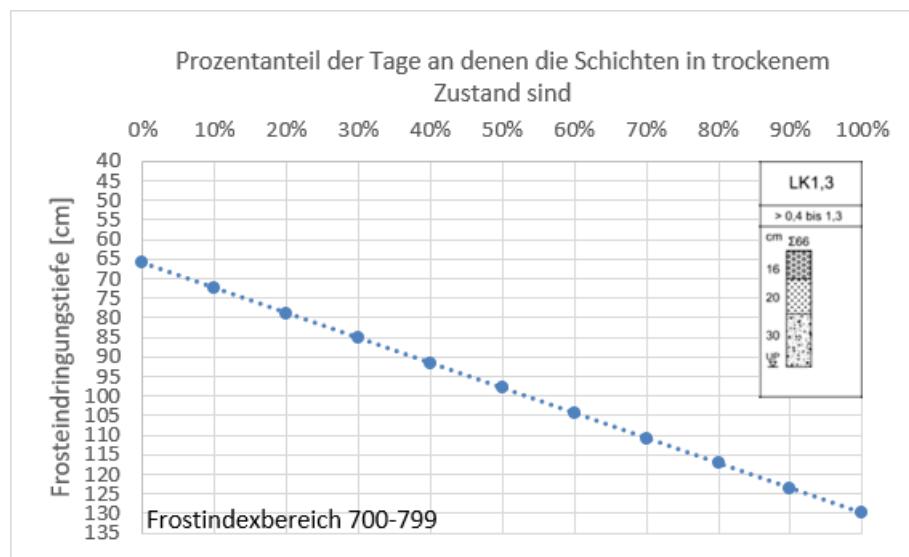


Abbildung 4.17: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 700 und 799 °Cd

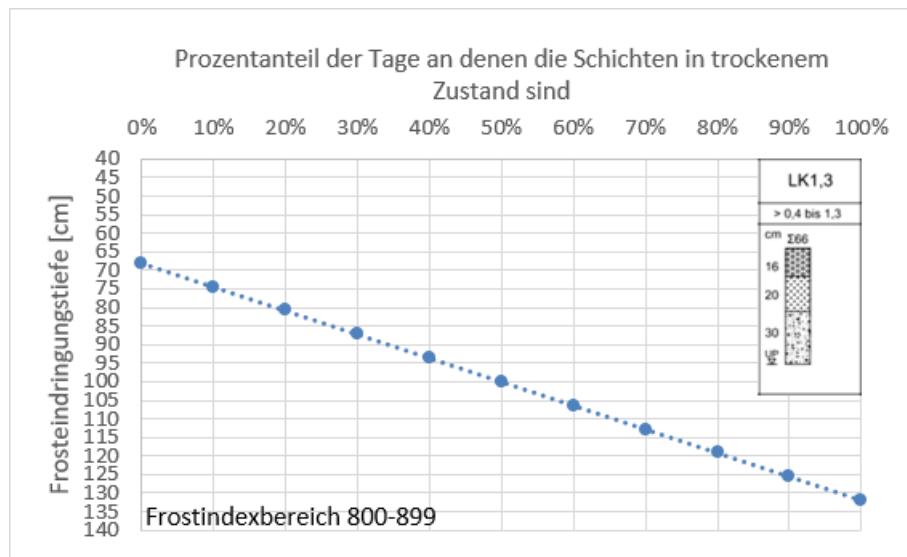


Abbildung 4.18: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 800 und 899 °Cd

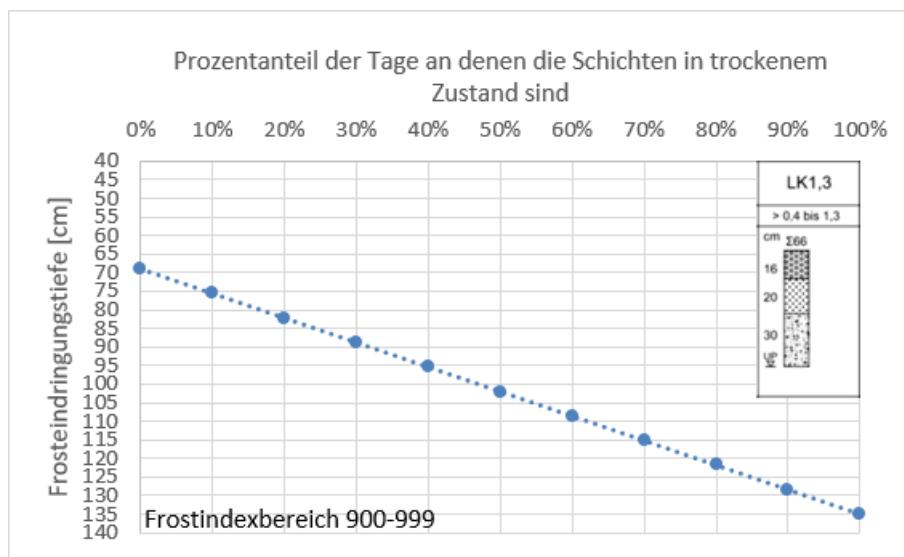


Abbildung 4.19: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 900 und 999 °Cd

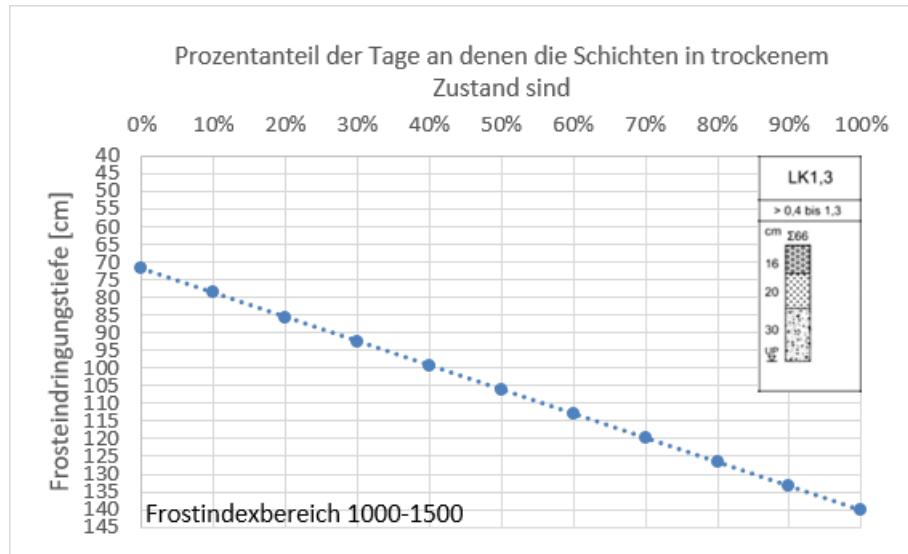


Abbildung 4.20: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 1000 und 1500 °Cd

Zusätzlich wurde eine Untersuchung gemacht, wobei der einzige für die Wassersättigung relevante Parameter der Prozentanteil der Regentage ist. Die Frosteindringungstiefe wurde für diesen Fall ermittelt. Es wurde angenommen, dass während Niederschlägen der Untergrund in wassergesättigtem Zustand ist bzw. wenn Niederschläge abwesend sind – in trockenem Zustand. Die durchgeführte Untersuchung basiert auf der Vorgehensweise in [12].

Zuerst wurde die Anzahl an Regentagen in Retz (Station 905, Retz/Windmühle) in der Kälteperiode bestimmt. Dafür wurden Daten von einer öffentlichen Web-Seite [15] benutzt. Die Kälteperiode beträgt 36 Tage vom 5. Jänner 2006 bis zum 9. Februar 2006. Ausnahmsweise wurden die Regentage nur für Jänner 2006 betrachtet (Abbildung 4.21), da der Klimarechner der Web-Seite keine Möglichkeit für Datumauswahl überlässt und der größere Teil der Kälteperiode sich in Jänner befindet.

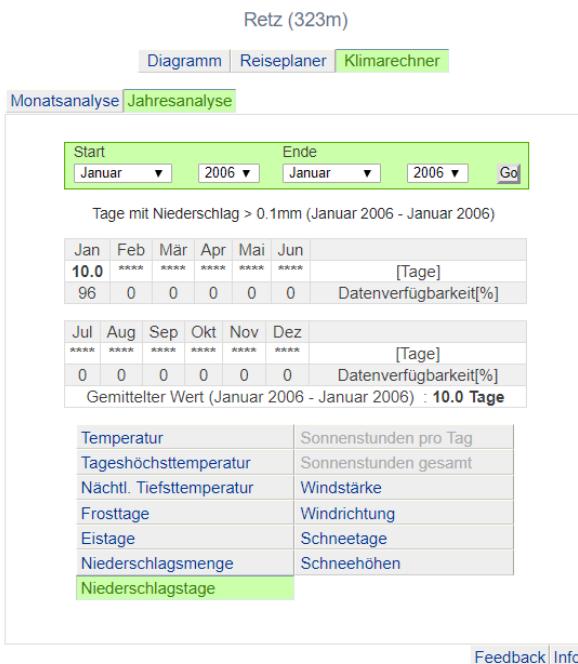


Abbildung 4.21: Regentage in Jänner 2006 in Retz laut [15]

Für die Bestimmung der Anzahl an Regentage und die tatsächliche Frosteindringungstiefe wurden (Gleichung 4.3 bis Gleichung 4.5) benutzt.

$$g_{ws} = \frac{\text{Regentage}}{\text{Kälteperiode}} \quad \text{Gleichung 4.3}$$

$$z_{tat} = z_{ws} * g_{ws} + z_{tr} * g_{tr} \quad \text{Gleichung 4.4}$$

$$g_{tr} = 100\% - g_{ws} \quad \text{Gleichung 4.5}$$

z_{tat} tatsächliche Frosteindringungstiefe [cm]

z_{ws} Frosteindringungstiefe bei Untergrund bzw. ungebundenen Schichten in wassergesättigtem Zustand [cm]

z_{tr} Frosteindringungstiefe bei Untergrund bzw. ungebundenen Schichten in trockenem Zustand [cm]

g_{ws} Anteil der Tage in der Kälteperiode, in den der Untergrund bzw. die ungebundenen Schichten in wassergesättigtem Zustand sind [-]

g_{tr} Anteil der Tage in der Kälteperiode, in den der Untergrund bzw. die ungebundenen Schichten in trockenem Zustand sind [-]

In Tabelle 4.19 ist das Ergebnis der tatsächlichen Frosteindringungstiefe dargestellt. Daraus ergibt sich, dass die tatsächliche Frosteindringungstiefe deutlich größer (mit 13,7%) als der Mittelwert ist. Es kann schlussgefolgert werden, dass der Mittelwert nicht maßgebend ist, da der Anteil der Tage an denen die Schichten wassergesättigt ist, auch eine Rolle für den Wert der Frosteindringungstiefe spielt.

Tabelle 4.19: Tatsächliche Frosteindringungstiefe bei Wetterstation 905 (Retz/Windmühle) nach Betrachtung des Niederschlags als wassersättigungsrelevanten Faktor

Untergrund bzw. ungebun- dene Schichten	Frosteindringungs- tiefe [cm]	Mittel- wert [cm]	Anteil	Tatsächliche Frosteindrin- gungstiefe [cm]	Unter- schied
wassergesättigt	51	73	0.278	83	
trocken	95		0.722		13.7%

Diese Vorgehensweise ist jedoch für die Ermittlung der realen Frosteindringungstiefe nicht maßgebend, da hier nur der Niederschlag als für die Wassersättigung relevanter Faktor betrachtet wurde. Für ein möglichst genaues Ergebnis sollen weitere Faktoren wie Versickerung durch die obere ungebundene Tragschicht, einwirkendes Sickerwasser, Grundwassergehalt, Bodeneigenschaften (siehe Abbildung 4.8) komplex berücksichtigt werden.

4.4 Ausblick

Basierend auf der durchgeführten Untersuchungen in Kapitel 4 kann eine Dimensionierungsmethode für die Frostschutzschichten empfohlen werden. Dies besteht aus den folgenden zwei Schritten:

1. Ermittlung des ortsbezogenen Frostindex

Um den Frostindex einem beliebigen Ort zuordnen zu können, muss eine aktuelle Frostindexkarte erstellt werden. Diese kann auf den in dieser Arbeit ausgewerteten Wetterstationen und deren maximalen Frostindices basieren. Ähnlich wie in [6] wäre es möglich, jede Klimaregion in Höhenstufen einzuteilen und den größten Frostindex je Klimaregion und Höhenstufe als maßgebender Frostindex festzulegen.

2. Ablesung der Frosteindringungstiefe abhängig vom Straßenaufbau

Bei diesem Schritt soll die Frosteindringungstiefe von allen Standardaufbauten gemäß RVS 03.08.63 [3] bei trockenen und wassergesättigten ungebundenen Schichten mit den maßgeblichen Wetterdaten aus Kapitel 4.2 ermittelt werden. Dabei gibt es zwei Varianten für die Berechnung der bemessungsrelevanten Frosteindringungstiefe:

- den Mittelwert der Frosteindringungstiefe in trockenem und wassergesättigtem Zustand der ungebundenen Schichten als maßgeblich nehmen, oder
- Gewichtung der Frosteindringungstiefe in Abhängigkeit des Prozentanteils der Tage in der Kälteperiode, an denen die ungebundenen Schichten in trockenem bzw. wassergesättigtem Zustand sind.

5 Zusammenfassung

Im ersten Teil der Arbeit wird der Stand der Technik zum behandelten Thema in Österreich betrachtet. Zuerst wird der Einfluss der Frosteindringung auf den Straßenaufbau erläutert, wobei der Mechanismus der Eisbildung im Boden und die davon verursachten Arten von Frostschäden an der Straße beschrieben wurden. Die Methode für Oberbaubemessung laut RVS 03.08.63 für die Oberbaubemessung wird auch zusammengefasst. Der Frostindex wurde als ein Maß für die Strenge des Winters betrachtet und das Differenzenverfahren und das in [8] dazu entwickelte Berechnungstool als eine Methode für die Ermittlung der Frosteindringungstiefe in einem Straßen- aufbau erläutert. Schließlich wurde die entwickelte Methodik für die Schichtdickenanpassung der Frostschutzschichten laut [1] vorgestellt, welche der Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist.

Im Kapitel 3 wurde der Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe in einem Straßen- aufbau und verschiedenen Klimaparametern untersucht. Dafür wurden Daten von simulierten Frosteindringungstiefen von 9 Wetterstationen von 2010 bis 2015 in einem starren Aufbau benutzt und die Parameter Frostindex, minimale Stundentemperatur, minimale Tagesmitteltemperatur und Kälteperiode betrachtet. Zuerst wurden die Klimaparameter für jede Wetterstation und Jahr ermittelt. Anschließend wurden Vergleichsberechnungen durchgeführt um den Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und jedem Parameter zu prüfen. Anhand der Ergebnisse wurde deutlich, dass die Frosteindringungstiefe ortsbezogen ist und von der Wechselwirkung aller untersuchten Klimaparameter abhängig ist. Folglich wird der oben genannte Vorschlag für die Schichtdickenanpassung der Frostschutzschichten abgelehnt.

Im Weiteren wurden stündliche Wetterdaten aus möglichst vielen österreichischen Wetterstationen für einen möglichst langen Zeitraum analysiert. Diese umfassen stündliche Lufttemperatur- und Windgeschwindigkeitsdaten von 113 Wetterstationen von 2000 bis 2018. Um den strengsten Winter jeder Station zu bestimmen, wurden mit Hilfe eines dazu entwickelten Excel-Tools alle relevanten Klimaparameter für alle Jahre und Stationen berechnet. Danach wurden die Wetterstationen mit den strengsten Wintern nach Frostindex sortiert und Frostindexbereiche definiert. Innerhalb des Frostindexbereichs wurden Stationen mit extremen Klimaparameter ausgewählt, mit deren Wetterdaten die Frosteindringungstiefe berechnet wurde. Die Wetterstation mit der größten, resultierten Frosteindringungstiefe wurde als repräsentativ für den Frostindexbereich festgelegt. Die Frosteindringungstiefe jeder repräsentativen Station wird anhand des Differenzenverfahrens in einem Regelaufbau ermittelt. Dabei werden die thermophysikalischen Kenngrößen von trockenen bzw. wassergesättigten ungebundenen Schichten berücksichtigt. Danach wurde ein logarithmisches Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Frostindex aller repräsentativen Wetterstationen festgestellt. Mit diesem ist es möglich, die Frosteindringungstiefe bei bekanntem Frostindex und für einen bestimmten Straßenaufbau zu berechnen. Zusätzlich wurde der Einfluss des Wassergehalts in den ungebundenen Schichten auf die Frosteindringungstiefe analysiert. Dabei zeigt sich eine Zunahme der Frosteindringungstiefe bei einer Zunahme der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind.

Abschließend wurde eine Methodik für die Dimensionierung bzw. Dickenanpassung von Frostschutzschichten in Abhängigkeit von den lokalen Klimaverhältnissen und der daraus resultierenden Frosteindringungstiefe vorgeschlagen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Frost-Tau-Schäden an Straße mit ungenügender Entwässerung	8
Abbildung 2.2: Straßenaufbau nach RVS 03.08.63 [3]	9
Abbildung 2.3: Beispiel für Temperatursummenkurve und Frostindex	11
Abbildung 2.4: Klimazonenkarte mit absoluten Frostindexmaxima [6]	11
Abbildung 2.5: Tagesgang der Strahlungsbilanz nach [8]	12
Abbildung 2.6: Temperaturverteilung im Straßenaufbau innerhalb einer Kälteperiode bei Wetterstation Aigen/Ennstal	13
Abbildung 2.7: Frosteindringungstiefe im Straßenaufbau bei Wetterstation Aigen/Ennstal	13
Abbildung 2.8: Stündliche Temperaturverteilung im Straßenaufbau in einem typischen kalten Tag bei Wetterstation Aigen/Ennstal	14
Abbildung 2.9: T_{\min} und Frosteindringung, Station Groß Enzersdorf, Winter 95/96 [1]	15
Abbildung 3.1: Straßenaufbau – Bautype BE1, Lastklasse LK40 laut RVS 03.08.63 [3]	16
Abbildung 3.2: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Frostindex	19
Abbildung 3.3: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und der minimalen Stundentemperatur	19
Abbildung 3.4: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und der minimalen Tagesmitteltemperatur	19
Abbildung 4.1: Entwicklung der mittleren Wintertemperatur (blau) und Sommertemperatur (rot) in Österreich 1767–2017 laut der ZAMG [11]	23
Abbildung 4.2: Karte mit den betrachteten Wetterstationen	27
Abbildung 4.3: Einteilung von Österreich in Klimaregionen [6]	27
Abbildung 4.4: Tool mit den Wetterdaten	28
Abbildung 4.5: Tool mit den Wetterdaten	28
Abbildung 4.6: Zusammenhänge zwischen dem Frostindex und der minimalen Tagesmitteltemperatur, der minimalen Stundentemperatur und der Dauer der Frostperiode (mit Daten von den strengsten Winter jeder Wetterstation)	31
Abbildung 4.7: Untersuchte Straßenaufbau des Bautyps AS1, Lastklasse 1,3 laut RVS 03.08.63 [3]	36
Abbildung 4.8: Einflüsse auf den Feuchtegehalt in einer Straßenbefestigung [13]	36
Abbildung 4.9: Zusammenhang zwischen Frosteindringungstiefe und dem Frostindex, trockene Schichten	39
Abbildung 4.10: Zusammenhang zwischen Frosteindringungstiefe und dem Frostindex, trockene und wassergesättigte Schichten	40
Abbildung 4.11: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 100 und 199 °Cd	42
Abbildung 4.12: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 200 und 299 °Cd	42
Abbildung 4.13: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 300 und 399 °Cd	42
Abbildung 4.14: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 400 und 499 °Cd	43
Abbildung 4.15: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 500 und 599 °Cd	43
Abbildung 4.16: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 600 und 699 °Cd	44
Abbildung 4.17: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 700 und 799 °Cd	44
Abbildung 4.18: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 800 und 899 °Cd	45
Abbildung 4.19: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 900 und 999 °Cd	45

Abbildung 4.20: Zusammenhang zwischen der Frosteindringungstiefe und dem Prozentanteil der Tage an denen die ungebundenen Schichten im trockenen Zustand sind, bei einem Frostindex zwischen 1000 und 1500 °Cd	46
Abbildung 4.21: Regentage in Jänner 2006 in Retz laut [15]	47
Abbildung 5.1: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 905	99
Abbildung 5.2: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 13605	100
Abbildung 5.3: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 4501	100
Abbildung 5.4: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 2415	101
Abbildung 5.5: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 7505	101
Abbildung 5.6: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 4815	102
Abbildung 5.7: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 11135	102
Abbildung 5.8: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 13120	103
Abbildung 5.9: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 9801	103
Abbildung 5.10: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 1920	104
Abbildung 5.11: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 10200 Teil 1	104
Abbildung 5.12: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 10200 Teil 2	105
Abbildung 5.13: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12513 Teil 1	105
Abbildung 5.14: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12513 Teil 2	106
Abbildung 5.15: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 20105 Teil 1	106
Abbildung 5.16: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 20105 Teil 2	107
Abbildung 5.17: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 20212	107
Abbildung 5.18: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 7110 Teil 1	108
Abbildung 5.19: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 7110 Teil 2	108
Abbildung 5.20: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 6611	109
Abbildung 5.21: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15430	109
Abbildung 5.22: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 18111 Teil 1	110
Abbildung 5.23: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 18111 Teil 2	110
Abbildung 5.24: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 10412	111
Abbildung 5.25: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 16101 Teil 1	111
Abbildung 5.26: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 16101 Teil 2	112
Abbildung 5.27: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12311 Teil 1	112
Abbildung 5.28: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12311 Teil 2	113
Abbildung 5.29: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 11706 Teil 1	113
Abbildung 5.30: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 11706 Teil 2	114
Abbildung 5.31: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15610 Teil 1	114
Abbildung 5.32: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15610 Teil 2	115
Abbildung 5.33: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17301 Teil 1	115
Abbildung 5.34: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17301 Teil 2	116
Abbildung 5.35: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15321 Teil 1	116
Abbildung 5.36: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15321 Teil 2	117
Abbildung 5.37: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15321 Teil 3	117
Abbildung 5.38: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17005 Teil 1	118
Abbildung 5.39: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17005 Teil 2	118
Abbildung 5.40: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17005 Teil 3	119
Abbildung 5.41: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17315 Teil 1	119

Abbildung 5.42: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17315 Teil 2	120
Abbildung 5.43: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation Teil 3	120
Abbildung 5.44: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 905	121
Abbildung 5.45: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 7505	121
Abbildung 5.46: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 9801	122
Abbildung 5.47: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 6611	122
Abbildung 5.48: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 10412	123
Abbildung 5.49: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 11706 Teil 1	123
Abbildung 5.50: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 11706 Teil 2	124
Abbildung 5.51: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 17315 Teil 1	124
Abbildung 5.52: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 17315 Teil 2	125
Abbildung 5.53: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 17315 Teil 3	125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Klimaperioden und Untergrundtemperatur nach [9]	12
Tabelle 3.1: Untersuchten Wetterstationen	16
Tabelle 3.2: Wetterstationen und berechnete Klimaparameter für die Jahre 2010 bis 2014	16
Tabelle 3.3: Ausgewählte Wetterstationen und zugehörige Kälteperioden für Vergleichen der Frosteindringungstiefen	18
Tabelle 3.4: Ausgewählte Stationen für die Vergleichsberechnungen	20
Tabelle 3.5: Frosteindringungstiefen nach der Anpassung aufgrund Frostindex	20
Tabelle 3.6: Frosteindringungstiefen nach der Anpassung aufgrund minimaler Tagesmitteltemperatur	20
Tabelle 3.7: Frosteindringungstiefen nach der Anpassung aufgrund minimaler Stundentemperatur	21
Tabelle 3.8: Für die Vergleichsberechnungen (FImax) gewählte Stationen	21
Tabelle 3.9: Ergebnisse der Simulationen nach der Anpassung aufgrund des Frostindexmaximums	21
Tabelle 4.1: Wetterstationen bei denen stündliche Werte der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit vorhanden sind	24
Tabelle 4.2: Wetterstationen bei denen keine Daten für die Winterperiode vorliegen (vom Jahr 2000 bis 2008)	28
Tabelle 4.3: Wetterstationen bei denen keine Daten für die Winterperiode vorliegen (vom Jahr 2009 bis 2018)	29
Tabelle 4.4: Klimaparameter für Station Litschau (Stationsnummer 500)	30
Tabelle 4.5: Frostindexbereich 100-199, 29 Stationen	32
Tabelle 4.6: Frostindexbereich 200-299, 21 Stationen	32
Tabelle 4.7: Frostindexbereich 300-399, 22 Stationen	33
Tabelle 4.8: Frostindexbereich 400-499, 22 Stationen	34
Tabelle 4.9: Frostindexbereich 500-599, 7 Stationen	34
Tabelle 4.10: Frostindexbereich 700-799, 2 Stationen	35
Tabelle 4.11: Frostindexbereich 800-899, 2 Stationen	35
Tabelle 4.12: Frostindexbereich 900-999, 2 Stationen	35
Tabelle 4.13: Frostindexbereich 1000-1504, 6 Stationen	35
Tabelle 4.14: Materialparameter der Schichten des untersuchten Aufbaus, trockene Schichten [2], [14]	37
Tabelle 4.15: Materialparameter der Schichten des untersuchten Aufbaus, wassergesättigte Schichten [2], [14]	37
Tabelle 4.16: Berechnete Frosteindringungstiefen für die festgelegten Wetterstationen mit extremen Klimaparametern, trockene Schichten	37
Tabelle 4.17: Wetterstationen mit maximaler Frosteindringungstiefe für jeden Frostindexbereich, trockene Schichten (z_t)	39
Tabelle 4.18: Frosteindringungstiefen bei trockenen und wassergesättigten Schichten für die repräsentativen Wetterstationen	40
Tabelle 4.19: Tatsächliche Frosteindringungstiefe bei Wetterstation 905 (Retz/Windmühle) nach Betrachtung des Niederschlags als wassersättigungsrelevanten Faktor	48
Tabelle 5.1: Berechnete Klimaparameter aller von der ZAMG verfügbaren Wetterstationen für Jahre 2010-2018	56
Tabelle 5.2: Der Winter mit dem maximalen Frostindex für jede Wetterstation mit den zugehörigen Klimaparametern	96

Literaturverzeichnis

- [1] P. Heldrung, *Berücksichtigung der Frosteinwirkung in der Oberbaubemessung*, TU Wien, 2019.
- [2] Bergler, et al., FGSV Entstehung und Verhütung von Frostschäden an Straßen, Heft 105, Bonn, 1994.
- [3] FSV, BMVIT, *RVS 03.08.63*, Wien, 2018.
- [4] P. Chlan, J. Litzka, *Die Berücksichtigung des Frostindex bei der Bemessung des Straßenoberbaus*, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 1988.
- [5] H. Behr, *Über klimatische Grundlagen für Frostschutzmaßnahmen im Straßenbau. Straße und Autobahn*, Bd. Heft 4, 1984.
- [6] Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Michael Wistuba, o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Johann Litzka, Univ.-Ass- Dipl.-Ing. Dr. Ronald Blab, o. Univ.-Prof. Mag. Dr. Helga Kromp-Kolb, Mag. Helga Nefzger, Mag. Roland Potzmann, *Klimakenngroßen für den Straßenoberbau in Österreich*, Bd. Heft 507, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2001.
- [7] Krebs, H. G., Böllinger, G., *Temperaturberechnung am bituminösen Straßenkörper*, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 1981.
- [8] M. Wistuba, *Klimaeinflüsse auf Asphaltstrassen: Maßgebende Temperatur für die analytische Oberbaubemessung in Österreich*, Wien: ISTU, 2003.
- [9] R. S. Mais, Zur Beanspruchung von bituminösen Fahrbahnbefestigungen, Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau, 1973.
- [10] DI Dr Lukas Eberhardsteiner, DI Katharina Foltin, DI Kristina Bayraktarova, DI Dr Katrin Haselbauer, Assoc. Prof. Priv.-Doz. DI Dr Bernhard Pichler, Ass.Prof. DI Dr Mehdi Aminbaghai, Ing. Peter Pratscher, MSc, Univ.-Prof. DI Dr Ronald Blab, *Optimierte Bemessung starrer Aufbauten von Straßen*, Wien, 2013.
- [11] ZAMG, „ZAMG,“ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, [Online]. Available: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimavergangenheit/neoklima/lufttemperatur>.
- [12] I. Yurchieva, *Simulation der Temperaturverteilung in Betondecken mit dem Differenzenverfahren*, TU Wien: Institut von Verkehrswissenschaften, 2018.
- [13] Dirk Jansen, Kirsten Kunz, *Erprobungsstrecke mit Tragschichten ohne Bindemittel aus ziegelreichen RC-Baustoffen*, Bd. Heft S 70, 2011.
- [14] VDI, *Thermische Nutzung des Untergrunds - Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte - Blatt 1*, Bd. 4640, Düsseldorf. Verein Deutscher Ingenieure, 2010.
- [15] [Online]. Available: <https://www.weatheronline.de/>.
- [16] H. B. Kreis, *Einflüsse von tiefen Temperaturen auf Straßenaufbauten in Wien unter besonderer Berücksichtigung der Frosteindringung*, Wien, 2016.

Anhang A

Tabelle 5.1: Berechnete Klimaparameter aller von der ZAMG verfügbaren Wetterstationen für Jahre 2010-2018

Stationsnum- mer	Winter	Min Stunden- temperatur [°C]	Min Tage- mittel- temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Länge der- Frostperiode [d]
500	2000-2001	-19.0	-11.9	94	24
500	2001-2002	-22.5	-16.5	233	39
500	2002-2003	-20.5	-12.1	136	27
500	2003-2004	-22.9	-15.7	109	22
500	2004-2005	-19.7	-11.1	139	28
500	2005-2006	-24.0	-13.2	359	80
500	2006-2007	-15.6	-10.2	29	5
500	2007-2008	-14.3	-8.3	124	29
500	2008-2009	-14.5	-10.5	157	25
500	2009-2010	-19.6	-14.3	242	52
500	2010-2011	-18.1	-11.4	195	37
500	2011-2012	-23.8	-17.3	241	31
500	2013-2014	-14.1	-8.8	58	15
500	2014-2015	-11.9	-7.8	40	24
500	2015-2016	-19.0	-13.2	62	10
500	2016-2017	-19.7	-13.8	219	35
500	2017-2018	-20.2	-13.8	148	32
905	2000-2001	-9.3	-7.5	38	15
905	2001-2002	-15.0	-11.5	148	41
905	2002-2003	-14.2	-10.0	122	30
905	2003-2004	-13.3	-10.5	53	10
905	2004-2005	-13.3	-8.5	71	22
905	2005-2006	-19.1	-15.5	197	33
905	2006-2007	-9.1	-6.1	15	5
905	2007-2008	-8.3	-6.4	86	25
905	2008-2009	-11.0	-8.8	122	24
905	2009-2010	-15.1	-11.9	158	42
905	2010-2011	-11.9	-9.0	53	12
905	2011-2012	-16.6	-12.5	170	22
905	2012-2013	-11.1	-8.2	63	19
905	2013-2014	-11.6	-9.0	45	14
905	2014-2015	-8.5	-6.1	26	5
905	2015-2016	-10.4	-7.7	33	8
905	2016-2017	-12.8	-9.7	92	20
905	2017-2018	-14.0	-10.8	86	18
1415	2000-2001	-12.1	-9.1	68	22
1415	2001-2002	-19.2	-13.0	223	42
1415	2002-2003	-16.9	-11.5	108	31
1415	2003-2004	-17.6	-12.6	91	23

1415	2004-2005	-17.8	-10.8	126	29
1415	2005-2006	-17.3	-12.9	357	81
1415	2006-2007	-9.8	-7.3	25	5
1415	2007-2008	-10.9	-7.5	100	27
1415	2008-2009	-13.9	-11.2	144	25
1415	2009-2010	-17.8	-15.0	221	51
1415	2010-2011	-14.4	-10.9	188	38
1415	2011-2012	-17.8	-13.8	193	28
1415	2012-2013	-14.1	-10.0	82	18
1415	2013-2014	-9.1	-5.3	28	10
1415	2014-2015	-13.8	-9.5	55	24
1415	2015-2016	-14.3	-10.0	50	10
1415	2016-2017	-18.5	-13.1	185	35
1415	2017-2018	-14.9	-12.2	117	31
1906	2000-2001	-14.5	-9.9	91	24
1906	2001-2002	-18.4	-14.9	223	44
1906	2002-2003	-16.4	-12.0	139	29
1906	2004-2005	-16.7	-11.2	131	25
1906	2005-2006	-20.9	-16.3	260	46
1906	2006-2007	-11	-8.5	27	5
1906	2007-2008	-12.6	-8.3	123	29
1906	2008-2009	-12.2	-10.8	158	25
1906	2009-2010	-17.5	-13.9	248	52
1906	2010-2011	-14.5	-11.0	196	40
1906	2011-2012	-19.8	-15.6	221	25
1906	2012-2013	-13.5	-10.5	98	18
1906	2013-2014	-11.4	-9.7	65	16
1906	2014-2015	-11.7	-7.7	51	27
1906	2015-2016	-16.3	-11.6	55	10
1906	2016-2017	-16	-11.6	213	34
1906	2017-2018	-18	-14.1	159	31
1920	2000-2001	-17.1	-10.1	75	18
1920	2001-2002	-21.1	-15.9	217	39
1920	2003-2004	-23.1	-16.3	121	23
1920	2004-2005	-22.8	-13.8	132	27
1920	2005-2006	-24.6	-16.5	315	47
1920	2006-2007	-15.4	-9.1	25	5
1920	2007-2008	-13.5	-8.2	118	29
1920	2008-2009	-15.6	-10.8	144	25
1920	2009-2010	-21.9	-13.5	222	50
1920	2010-2011	-20.7	-13.1	210	42
1920	2011-2012	-22.8	-16.7	224	22
1920	2012-2013	-16.3	-10.7	89	18
1920	2013-2014	-10.4	-8.1	49	16
1920	2014-2015	-11.5	-6.8	35	22
1920	2015-2016	-22.1	-15.6	65	9
1920	2016-2017	-21.4	-13.5	223	34

1920	2017-2018	-20	-14.4	138	29
2415	2000-2001	-9.6	8.1	53	14
2415	2001-2002	-16.8	-13.6	215	54
2415	2002-2003	-14.1	-11.4	180	34
2415	2003-2004	-15.3	-11.9	66	21
2415	2004-2005	-12.6	-10.0	102	19
2415	2005-2006	-20.1	-18.1	260	51
2415	2006-2007	-8.7	-6.7	22	5
2415	2007-2008	-9.3	-7.9	119	27
2415	2008-2009	-11.1	-9.8	151	25
2415	2009-2010	-16.4	-13.0	213	47
2415	2010-2011	-13.4	-10.2	103	23
2415	2011-2012	-18.5	-15.0	206	23
2415	2012-2013	-11	-8.8	89	20
2415	2013-2014	-12.9	-10.0	68	16
2415	2014-2015	-9.8	-7.8	34	7
2415	2015-2016	-10.1	-9.4	47	9
2415	2016-2017	-13.9	-10.6	187	34
2415	2017-2018	-14.5	-12.4	130	30
2503	2000-2001	-10.3	-7.7	29	8
2503	2001-2002	-15.5	-12.2	159	41
2503	2002-2003	-16.3	-10.1	136	34
2503	2003-2004	-16	-13.5	55	10
2503	2004-2005	-13	-8.1	49	19
2503	2005-2006	-20.3	-16.8	215	32
2503	2006-2007	-10.7	-7.9	16	5
2503	2007-2008	-10.8	-4.8	74	27
2503	2008-2009	-14.2	-10.9	126	25
2503	2009-2010	-18.4	-13.0	142	40
2503	2010-2011	-17.3	-12.2	57	10
2503	2011-2012	-16.8	-12.2	163	21
2503	2012-2013	-13.7	-7.4	57	17
2503	2013-2014	-11.5	-8.0	31	13
2503	2014-2015	-10.9	-6.3	28	6
2503	2015-2016	-14	-9.3	36	7
2503	2016-2017	-16	-10.8	88	19
2503	2017-2018	-13	-9.8	72	19
2910	2000-2001	-11.9	-6.8	41	16
2910	2001-2002	-18.1	-14.5	105	20
2910	2002-2003	-18.2	-15.3	106	27
2910	2003-2004	-17	-11.3	53	21
2910	2004-2005	-17.9	-10.7	86	25
2910	2005-2006	-15.9	-11.6	207	35
2910	2006-2007	-11.7	-8.0	17	4
2910	2007-2008	-10	-5.2	62	22
2910	2008-2009	-12.7	-9.7	112	24
2910	2009-2010	-17.7	-11.8	77	28

2910	2010-2011	-13.8	-10.2	97	22
2910	2011-2012	-18.4	-13.3	140	20
2910	2012-2013	-15.1	-10.0	45	17
2910	2013-2014	-6.5	-3.5	8	5
2910	2014-2015	-12.3	-8.0	23	7
2910	2015-2016	-15	-9.7	40	8
2910	2016-2017	-19	-13.3	101	17
2910	2017-2018	-12.1	-9.0	50	13
3202	2000-2001	-8.2	-6.3	25	7
3202	2001-2002	-14.3	-11.0	74	20
3202	2002-2003	-15	-10.9	57	9
3202	2003-2004	-12.2	-8.5	35	11
3202	2004-2005	-12.7	-7.5	48	22
3202	2005-2006	-13.7	-10.9	116	22
3202	2006-2007	-7.5	-4.7	11	4
3202	2007-2008	-6.1	-4.8	49	22
3202	2008-2009	-10.5	-7.9	89	24
3202	2009-2010	-14.5	-11.0	43	10
3202	2010-2011	-10.3	-8.1	76	21
3202	2011-2012	-15.1	-10.4	120	18
3202	2012-2013	-10.9	-8.2	36	16
3202	2013-2014	-5.7	-4.2	8	4
3202	2014-2015	-9.1	-6.9	20	5
3202	2015-2016	-9.3	-6.1	26	7
3202	2016-2017	-13.8	-10.0	71	18
3202	2017-2018	-11	-9.1	51	11
3702	2000-2001	-11.2	-9.4	118	25
3702	2001-2002	-19.5	-14.8	242	41
3702	2003-2004	-14	-11.8	146	34
3702	2004-2005	-14.1	-12.7	185	29
3702	2005-2006	-17.7	-16.4	313	74
3702	2006-2007	-10.8	-9.3	40	10
3702	2007-2008	-12.5	-8.9	47	14
3702	2008-2009	-11.9	-9.9	161	38
3702	2009-2010	-18.9	-14.5	310	49
3702	2010-2011	-14.6	-11.9	127	24
3702	2011-2012	-21.2	-17.7	312	45
3702	2012-2013	-13.8	-11.8	128	29
3702	2013-2014	-11.6	-7.2	55	14
3702	2014-2015	-12.6	-10.6	110	31
3702	2015-2016	-11.8	-10.7	64	11
3702	2016-2017	-15.3	-12.9	175	29
3702	2017-2018	-18.4	-16.4	220	32
3805	2000-2001	-10	-7.5	29	7
3805	2001-2002	-14.2	-10.4	60	17
3805	2002-2003	-17.5	-9.0	57	17
3805	2003-2004	-16.3	-11.2	45	11

3805	2004-2005	-14.2	-7.8	46	10
3805	2005-2006	-18.3	-13.8	170	28
3805	2007-2008	-11.4	-5.6	60	22
3805	2008-2009	-13.1	-8.4	99	24
3805	2009-2010	-18.6	-13.6	85	28
3805	2010-2011	-16.6	-9.7	49	12
3805	2011-2012	-17.2	-12.3	152	21
3805	2012-2013	-11.5	-7.1	48	15
3805	2013-2014	-9.7	-7.7	26	13
3805	2014-2015	-8.3	-4.8	19	5
3805	2015-2016	-12.2	-7.4	34	7
3805	2016-2017	-14.4	-10.1	76	20
3805	2017-2018	-13	-10.4	68	15
3811	2000-2001	-10.7	-8.2	33	12
3811	2001-2002	-14.7	-10.7	62	18
3811	2002-2003	-17.3	-10.1	66	19
3811	2003-2004	-16.5	-11.9	50	11
3811	2004-2005	-14.9	-8.2	51	18
3811	2005-2006	-17.8	-14.3	183	30
3811	2006-2007	-10.3	-6.6	13	5
3811	2007-2008	-10.9	-6.0	67	22
3811	2008-2009	-12	-8.7	103	24
3811	2009-2010	-17.6	-14.1	129	40
3811	2010-2011	-14.7	-10.1	53	12
3811	2011-2012	-18.5	-12.5	158	21
3811	2012-2013	-10.8	-6.9	52	15
3811	2013-2014	-9.7	-7.7	26	13
3811	2014-2015	-7.8	-5.1	20	5
3811	2015-2016	-11.9	-7.5	33	7
3811	2016-2017	-15.4	-10.6	81	20
3811	2017-2018	-13.5	-10.4	70	15
4030	2000-2001	-11.3	-7.1	29	7
4030	2001-2002	-16.3	-11.5	68	15
4030	2003-2004	-17	-13.3	46	10
4030	2004-2005	-12.9	-8.3	49	20
4030	2005-2006	-17.8	-13.9	177	30
4030	2006-2007	-10.7	-6.5	14	4
4030	2007-2008	-10.2	-5.4	69	24
4030	2008-2009	-13.7	-9.3	112	24
4030	2009-2010	-19.4	-13.9	130	40
4030	2010-2011	-14.8	-9.5	44	10
4030	2011-2012	-18.1	-13.0	159	21
4030	2012-2013	-10.2	-6.8	51	17
4030	2013-2014	-10.6	-7.5	30	13
4030	2014-2015	-10.7	-6.6	26	5
4030	2015-2016	-12.2	-6.8	33	7
4030	2016-2017	-12	-9.3	83	19

4030	2017-2018	-13.2	-10.1	71	16
4081	2000-2001	-12.6	-7.0	28	7
4081	2001-2002	-16.5	-11.5	66	15
4081	2002-2003	-18.5	-10.9	68	23
4081	2003-2004	-18.6	-13.5	44	10
4081	2004-2005	-17.2	-8.5	55	17
4081	2005-2006	-18	-13.5	170	29
4081	2006-2007	-10.1	-5.8	11	4
4081	2007-2008	-11.7	-4.7	56	20
4081	2008-2009	-12.7	-8.5	99	24
4081	2010-2011	-15	-9.1	42	10
4081	2011-2012	-19.7	-13.7	154	20
4081	2012-2013	-9	-5.7	43	17
4081	2013-2014	-10.2	-7.1	24	13
4081	2014-2015	-10.9	-6.1	22	15
4081	2015-2016	-12.8	-6.9	32	7
4081	2016-2017	-14.5	-9.6	70	18
4081	2017-2018	-14	-10.1	63	14
4305	2001-2002	-18.8	-14.0	188	41
4305	2002-2003	-22	-13.2	72	21
4305	2003-2004	-18.4	-14.1	50	10
4305	2004-2005	-16.4	-11.9	75	18
4305	2005-2006	-18.3	-16.2	181	30
4305	2006-2007	-10.5	-5.9	11	4
4305	2007-2008	-12.8	-5.1	66	24
4305	2008-2009	-14.8	-10.6	116	24
4305	2009-2010	-18.2	-13.9	142	39
4305	2010-2011	-19.7	-13.0	50	11
4305	2011-2012	-19.2	-12.1	162	21
4305	2012-2013	-18.7	-9.4	55	17
4305	2013-2014	-11.9	-7.9	28	12
4305	2014-2015	-11.4	-7.0	28	6
4305	2015-2016	-13.7	-7.9	31	7
4305	2016-2017	-15.3	-10.9	149	32
4305	2017-2018	-15.5	-9.9	64	15
4501	2000-2001	-12.3	-6.9	45	13
4501	2001-2002	-17.5	-12.2	105	20
4501	2002-2003	-18.3	-14.6	88	16
4501	2003-2004	-15.9	-11.2	43	12
4501	2004-2005	-18.9	-11.5	95	25
4501	2005-2006	-15.9	-10.9	189	30
4501	2006-2007	-9.6	-6.6	16	5
4501	2007-2008	-9.1	-6.6	71	23
4501	2008-2009	-14.3	-10.3	121	24
4501	2009-2010	-14.8	-11.1	127	42
4501	2010-2011	-12	-8.2	61	13
4501	2011-2012	-18.6	-12.9	148	21

4501	2012-2013	-14.3	-10.5	51	17
4501	2013-2014	-7.8	-4.1	9	3
4501	2014-2015	-10.8	-7.0	32	21
4501	2015-2016	-11.6	-7.9	33	8
4501	2016-2017	-18.4	-12.4	151	30
4501	2017-2018	-13	-9.8	58	13
4705	2000-2001	-14.2	-6.8	47	14
4705	2002-2003	-20.9	-16.1	85	23
4705	2003-2004	-15.8	-11.4	43	11
4705	2004-2005	-18.7	-11.8	105	25
4705	2005-2006	-16.7	-12.8	231	38
4705	2007-2008	-8.8	-7.3	78	23
4705	2008-2009	-14	-9.9	125	24
4705	2009-2010	-17.5	-12.0	145	43
4705	2010-2011	-15.5	-10.5	113	23
4705	2011-2012	-19.2	-13.9	158	22
4705	2012-2013	-17.2	-11.8	54	17
4705	2013-2014	-7.4	-3.8	10	4
4705	2014-2015	-12.4	-7.5	30	14
4705	2015-2016	-14.1	-8.9	41	8
4705	2016-2017	-19.8	-13.3	161	31
4705	2017-2018	-14.6	-10.6	73	18
4815	2000-2001	-10.3	-7.5	66	16
4815	2001-2002	-17	-14.7	185	39
4815	2002-2003	-14.9	-12.6	119	30
4815	2003-2004	-11.9	-9.9	69	23
4815	2004-2005	-12.9	-10.4	115	25
4815	2005-2006	-16.6	-14.0	273	60
4815	2006-2007	-8.7	-7.4	24	5
4815	2007-2008	-11.5	-8.2	105	25
4815	2008-2009	-12.5	-10.5	147	24
4815	2009-2010	-16.1	-13.0	216	47
4815	2010-2011	-10.8	-9.2	157	35
4815	2011-2012	-17.5	-14.4	193	24
4815	2012-2013	-10.5	-9.4	80	17
4815	2013-2014	-6.8	-4.8	22	11
4815	2014-2015	-11.2	-8.4	61	28
4815	2015-2016	-10.3	-8.8	41	9
4815	2016-2017	-12.8	-10.9	181	35
4815	2017-2018	-14.6	-12.6	133	31
4905	2000-2001	-11.1	-8.3	46	15
4905	2001-2002	-17.7	-12.1	81	20
4905	2002-2003	-18.3	-14.3	83	27
4905	2003-2004	-13.8	-10.0	42	12
4905	2004-2005	-17.2	-10.4	72	21
4905	2005-2006	-15.3	-11.9	176	27
4905	2006-2007	-10.9	-6.2	13	4

4905	2007-2008	-8.9	-5.8	70	22
4905	2008-2009	-12	-9.4	114	24
4905	2009-2010	-17.6	-11.6	114	39
4905	2010-2011	-15.6	-10.1	134	37
4905	2011-2012	-19	-13.7	149	20
4905	2012-2013	-14	-11.6	51	17
4905	2013-2014	-6.5	-4.8	15	7
4905	2014-2015	-11.6	-6.8	23	6
4905	2015-2016	-14.1	-9.8	36	8
4905	2016-2017	-14.2	-10.0	97	20
4905	2017-2018	-12	-9.6	63	15
5012	2000-2001	-12	-8.0	53	15
5012	2001-2002	-18.6	-15.1	90	19
5012	2002-2003	-16.8	-12.2	102	27
5012	2003-2004	-14.1	-10.1	44	12
5012	2004-2005	-16.1	-9.8	73	23
5012	2005-2006	-17.3	-13.7	130	16
5012	2006-2007	-8.9	-6.1	14	5
5012	2007-2008	-8.6	-6.8	84	23
5012	2008-2009	-12	-9.4	121	24
5012	2009-2010	-14.6	-11.7	132	43
5012	2010-2011	-14	-9.3	145	39
5012	2011-2012	-17.3	-13.1	159	20
5012	2012-2013	-15.3	-11.9	57	16
5012	2013-2014	-6.9	-4.6	20	10
5012	2014-2015	-9.8	-6.8	23	7
5012	2015-2016	-14	-9.9	37	8
5012	2016-2017	-12.9	-9.8	163	34
5012	2017-2018	-12.9	-10.4	75	19
5625	2000-2001	-10.3	-7.7	67	15
5625	2001-2002	-18.2	-14.6	201	44
5625	2002-2003	-15.4	-13.1	132	28
5625	2003-2004	-14.5	-10.9	81	29
5625	2004-2005	-12.1	-10.6	128	27
5625	2005-2006	-17.5	-15.3	303	77
5625	2006-2007	-9.2	-7.1	24	6
5625	2007-2008	-12	-9.7	109	25
5625	2008-2009	-13.7	-11.0	147	24
5625	2009-2010	-16.2	-12.4	240	45
5625	2010-2011	-12.7	-10.4	86	23
5625	2011-2012	-19.2	-16.3	217	27
5625	2012-2013	-11.1	-10.1	85	18
5625	2013-2014	-10.1	-6.3	37	12
5625	2014-2015	-10.7	-9.2	58	25
5625	2015-2016	-12.3	-9.3	46	9
5625	2016-2017	-12.8	-11.1	180	34
5625	2017-2018	-17.2	-14.3	151	31

5805	2000-2001	-11.5	-7.4	29	11
5805	2001-2002	-15.5	-11.8	66	17
5805	2002-2003	-17.5	-9.9	77	26
5805	2003-2004	-15.4	-9.6	44	11
5805	2004-2005	-17.8	-9.2	64	22
5805	2005-2006	-18.2	-13.7	155	28
5805	2006-2007	-10.1	-5.3	10	4
5805	2007-2008	-12	-5.6	68	21
5805	2008-2009	-12.6	-8.3	105	23
5805	2009-2010	-18	-11.7	112	38
5805	2010-2011	-18	-11.0	53	11
5805	2011-2012	-18.3	-12.5	154	21
5805	2012-2013	-11.9	-6.4	42	16
5805	2013-2014	-9.5	-7.2	28	14
5805	2014-2015	-11.7	-6.2	23	5
5805	2015-2016	-14.5	-8.0	34	7
5805	2016-2017	-13	-8.7	83	18
5805	2017-2018	-17.2	-10.9	73	15
5904	2000-2001	-7.7	-5.8	22	7
5904	2001-2002	-13.4	-10.4	50	14
5904	2002-2003	-13.4	-9.3	60	20
5904	2003-2004	-11.9	-9.2	40	10
5904	2004-2005	-10.5	-6.5	38	18
5904	2005-2006	-16.1	-13.4	143	29
5904	2006-2007	-7.3	-4.2	8	4
5904	2007-2008	-8.9	-5.2	59	22
5904	2008-2009	-10.9	-8.0	90	22
5904	2009-2010	-12.2	-10.0	87	34
5904	2010-2011	-13.6	-8.8	38	10
5904	2011-2012	-14.9	-11.6	137	20
5904	2012-2013	-9.4	-6.4	40	15
5904	2013-2014	-9.7	-7.2	27	13
5904	2014-2015	-7.7	-5.1	19	5
5904	2015-2016	-9.6	-6.5	29	8
5904	2016-2017	-12.4	-7.3	72	18
5904	2017-2018	-12.2	-9.7	64	15
5917	2000-2001	-10.1	-6.9	25	7
5917	2001-2002	-12.9	-10.4	66	19
5917	2002-2003	-13.2	-9.5	65	20
5917	2003-2004	-13.5	-10.0	42	9
5917	2004-2005	-13	-7.6	47	13
5917	2005-2006	-16.2	-13.3	161	29
5917	2006-2007	-7.3	-4.9	8	2
5917	2007-2008	-10.1	-5.4	64	22
5917	2008-2009	-11.4	-8.0	94	22
5917	2009-2010	-13.9	-10.5	98	37
5917	2010-2011	-13.5	-10.4	44	11

5917	2011-2012	-14.8	-11.6	141	20
5917	2012-2013	-13.5	-8.2	45	15
5917	2013-2014	-9.9	-7.8	31	14
5917	2014-2015	-8	-6.1	21	5
5917	2015-2016	-10	-6.8	32	8
5917	2016-2017	-13	-8.4	77	18
5917	2017-2018	-14.3	-10.0	68	15
5925	2000-2001	-7.4	-5.3	16	6
5925	2001-2002	-12.5	-9.2	33	8
5925	2002-2003	-11.1	-8.5	44	9
5925	2003-2004	-9.3	-7.5	31	8
5925	2004-2005	-8.7	-5.6	31	9
5925	2005-2006	-14.7	-12.5	90	17
5925	2006-2007	-6	-3.6	4	3
5925	2007-2008	-6.6	-4.6	43	19
5925	2008-2009	-8	-7.0	67	22
5925	2009-2010	-11	-9.0	41	8
5925	2010-2011	-10.4	-7.2	34	9
5925	2011-2012	-14	-11.2	124	20
5925	2012-2013	-6.6	-4.8	24	13
5925	2013-2014	-9.1	-6.6	19	10
5925	2014-2015	-6	-4.5	16	5
5925	2015-2016	-6.8	-5.7	23	7
5925	2016-2017	-9.9	-6.6	56	17
5925	2017-2018	-11	-9.3	56	13
5935	2000-2001	-9.3	-4.7	13	9
5935	2001-2002	-13.2	-10.4	53	15
5935	2002-2003	-15	-10.2	57	20
5935	2003-2004	-11.3	-8.9	30	8
5935	2004-2005	-10.3	-6.5	33	11
5935	2005-2006	-16.2	-13.7	148	29
5935	2007-2008	-9	-5.0	56	22
5935	2008-2009	-10.3	-7.1	74	21
5935	2009-2010	-13.3	-9.9	90	33
5935	2010-2011	-16.1	-10.1	39	10
5935	2011-2012	-15	-11.7	142	20
5935	2012-2013	-11.4	-7.2	40	15
5935	2013-2014	-9.6	-7.0	24	12
5935	2014-2015	-8.3	-4.9	18	14
5935	2015-2016	-9.5	-6.5	28	8
5935	2016-2017	-12.4	-7.4	71	18
5935	2017-2018	-12.6	-9.5	62	15
5972	2000-2001	-9.3	-6.2	23	7
5972	2001-2002	-13.8	-10.9	64	15
5972	2003-2004	-14.3	-11.5	41	9
5972	2004-2005	-13	-8.6	48	19
5972	2005-2006	-16.8	-14.4	165	29

5972	2006-2007	-8.1	-4.3	8	2
5972	2007-2008	-9.5	-5.3	61	23
5972	2008-2009	-12.4	-8.5	97	24
5972	2009-2010	-14.5	-10.9	99	33
5972	2010-2011	-20.7	-11.3	44	10
5972	2011-2012	-14.8	-11.6	144	20
5972	2012-2013	-17.4	-8.9	46	16
5972	2013-2014	-10.2	-7.4	27	12
5972	2014-2015	-8.7	-5.9	22	6
5972	2015-2016	-11.1	-6.6	30	8
5972	2016-2017	-13.7	-9.1	77	18
5972	2017-2018	-13.5	-9.6	65	15
6305	2000-2001	-11.2	-6.8	44	10
6305	2002-2003	-17.2	-12.1	101	25
6305	2003-2004	-14	-9.5	36	10
6305	2004-2005	-15.6	-9.7	69	24
6305	2005-2006	-16.4	-11.8	116	21
6305	2006-2007	-8.2	-5.1	15	8
6305	2007-2008	-12.8	-7.9	90	22
6305	2008-2009	-14.4	-9.8	119	23
6305	2009-2010	-13.8	-9.4	59	15
6305	2010-2011	-12.8	-8.1	46	13
6305	2011-2012	-18.3	-13.6	159	20
6305	2012-2013	-11.3	-6.7	39	15
6305	2013-2014	-7.5	-3.2	10	7
6305	2014-2015	-9.4	-5.8	29	15
6305	2015-2016	-13.1	-7.8	27	8
6305	2016-2017	-17	-11.7	159	29
6305	2017-2018	-17	-11.1	59	12
6415	2000-2001	-11.1	-7.0	50	14
6415	2001-2002	-14.1	-12.0	168	37
6415	2002-2003	-14.8	-11.4	115	27
6415	2003-2004	-16	-10.3	45	12
6415	2004-2005	-24.2	-15.4	128	27
6415	2005-2006	-17.7	-12.8	210	33
6415	2006-2007	-8	-5.8	16	5
6415	2007-2008	-9.5	-7.1	84	21
6415	2008-2009	-16	-9.4	115	23
6415	2009-2010	-14.1	-10.0	101	29
6415	2010-2011	-12.4	-8.6	54	13
6415	2011-2012	-20.6	-14.8	175	23
6415	2012-2013	-10	-6.5	42	15
6415	2013-2014	-6.8	-3.5	9	4
6415	2015-2016	-9.4	-7.4	27	8
6415	2016-2017	-14.7	-10.6	151	29
6415	2017-2018	-15.1	-11.3	83	25
6611	2000-2001	-13.5	-11.4	96	18

6611	2001-2002	-22.1	-15.5	304	45
6611	2002-2003	-16.7	-14.6	224	31
6611	2003-2004	-16.3	-13.8	216	30
6611	2005-2006	-15.1	-13.6	303	44
6611	2008-2009	-15.5	-13.8	263	47
6611	2009-2010	-19.5	-15.2	320	49
6611	2010-2011	-15.6	-14.6	112	13
6611	2011-2012	-21.6	-20.5	482	67
6611	2012-2013	-14.6	-13.0	343	57
6611	2013-2014	-11.9	-10.7	78	18
6611	2014-2015	-15.1	-13.5	239	41
6611	2015-2016	-15.1	-12.2	113	22
6611	2016-2017	-20	-17.4	181	22
6611	2017-2018	-22.5	-19.7	246	36
7110	2000-2001	-15.6	-12.0	96	16
7110	2001-2002	-23.8	-19.6	307	40
7110	2002-2003	-21	-16.6	195	31
7110	2003-2004	-24.6	-19.7	96	16
7110	2004-2005	-23.1	-14.6	139	28
7110	2005-2006	-26.1	-20.3	468	81
7110	2006-2007	-10.6	-7.3	42	16
7110	2007-2008	-14.8	-11.8	185	32
7110	2008-2009	-18.1	-14.7	209	25
7110	2009-2010	-20.1	-14.6	241	50
7110	2010-2011	-20.7	-15.4	229	43
7110	2011-2012	-23	-16.4	213	23
7110	2012-2013	-17.1	-13.9	75	18
7110	2013-2014	-14.2	-7.8	34	9
7110	2014-2015	-12.9	-7.4	87	31
7110	2015-2016	-22.3	-17.7	61	9
7110	2016-2017	-20.5	-14.8	257	32
7110	2017-2018	-20.1	-13.5	130	29
7505	2000-2001	-18.3	-12.6	55	13
7505	2001-2002	-22.4	-14.9	91	18
7505	2002-2003	-20.2	-10.8	139	29
7505	2003-2004	-21.4	-13.9	72	14
7505	2004-2005	-22.5	-13.4	114	26
7505	2005-2006	-22.7	-17.0	268	45
7505	2006-2007	-11.4	-6.7	15	5
7505	2007-2008	-17	-10.8	139	22
7505	2008-2009	-17	-12.5	156	24
7505	2009-2010	-21.2	-15.0	133	30
7505	2010-2011	-21.6	-13.0	76	16
7505	2011-2012	-20.4	-14.4	190	22
7505	2012-2013	-17.9	-10.2	60	15
7505	2013-2014	-10.9	-7.7	45	13
7505	2014-2015	-12.6	-6.8	41	19

7505	2015-2016	-20.2	-14.3	53	8
7505	2016-2017	-17.6	-11.9	214	34
7505	2017-2018	-20.3	-12.8	104	26
7531	2000-2001	-10.2	-8.0	68	15
7531	2001-2002	-18.8	-14.1	204	39
7531	2002-2003	-15.2	-13.3	150	33
7531	2003-2004	-13.3	-11.0	128	32
7531	2004-2005	-14.2	-11.9	159	27
7531	2005-2006	-16.7	-14.0	211	52
7531	2006-2007	-10.9	-7.8	29	6
7531	2007-2008	-12.3	-8.5	37	8
7531	2008-2009	-11.2	-9.7	121	24
7531	2009-2010	-15	-12.0	262	46
7531	2010-2011	-12.5	-10.7	109	25
7531	2011-2012	-18.8	-15.8	260	40
7531	2012-2013	-11.8	-10.0	99	26
7531	2013-2014	-11.7	-7.7	63	14
7531	2015-2016	-11.5	-9.1	52	9
7531	2016-2017	-15	-12.7	159	28
7531	2017-2018	-17.6	-15.7	191	32
7604	2000-2001	-14	-8.4	36	13
7604	2001-2002	-16.7	-11.9	76	18
7604	2002-2003	-18.5	-9.5	84	28
7604	2003-2004	-19.1	-12.2	52	12
7604	2004-2005	-20.6	-13.0	74	21
7604	2005-2006	-18.3	-14.5	213	32
7604	2006-2007	-11.1	-6.3	9	4
7604	2007-2008	-13.3	-6.6	81	23
7604	2008-2009	-14.5	-9.6	127	24
7604	2009-2010	-20.5	-14.1	126	36
7604	2010-2011	-19.8	-11.9	61	14
7604	2011-2012	-18	-12.2	157	21
7604	2012-2013	-15.3	-8.7	53	16
7604	2013-2014	-10.1	-7.8	32	13
7604	2014-2015	-11.1	-6.6	23	5
7604	2015-2016	-15.1	-9.5	38	7
7604	2016-2017	-18.5	-10.0	91	20
7604	2017-2018	-17.6	-11.2	75	15
7610	2000-2001	-12.3	-8.0	62	15
7610	2001-2002	-17.1	-13.5	191	42
7610	2002-2003	-14.2	-12.1	127	28
7610	2003-2004	-15.6	-11.2	78	28
7610	2004-2005	-14.8	-10.2	122	26
7610	2005-2006	-18	-13.8	255	63
7610	2006-2007	-11.2	-7.0	21	5
7610	2007-2008	-14.5	-9.7	116	24
7610	2008-2009	-15.8	-11.6	149	23

7610	2009-2010	-15.8	-11.7	215	46
7610	2010-2011	-15.2	-10.6	75	22
7610	2011-2012	-18.9	-14.9	199	25
7610	2012-2013	-12.8	-9.3	74	16
7610	2013-2014	-11.3	-8.3	56	13
7610	2014-2015	-9.9	-8.4	47	20
7610	2015-2016	-14.4	-9.7	46	9
7610	2016-2017	-16	-10.6	194	35
7610	2017-2018	-18.6	-13.8	140	31
7704	2000-2001	-8.9	-6.4	22	7
7704	2001-2002	-12.8	-9.9	46	13
7704	2002-2003	-11.4	-9.0	61	19
7704	2003-2004	-12.2	-9.1	40	11
7704	2004-2005	-13.7	-8.3	45	8
7704	2005-2006	-15.8	-13.2	147	29
7704	2006-2007	-6.6	-4.6	8	2
7704	2007-2008	-9.2	-5.4	64	21
7704	2008-2009	-10.4	-8.2	97	22
7704	2009-2010	-13.7	-9.8	96	36
7704	2010-2011	-15.6	-9.1	45	10
7704	2011-2012	-14.7	-11.6	128	19
7704	2012-2013	-12.1	-7.5	43	16
7704	2013-2014	-9.5	-7.1	32	14
7704	2015-2016	-8.8	-6.8	32	8
7704	2016-2017	-13.7	-7.9	77	18
7704	2017-2018	-14.1	-9.9	64	14
7710	2000-2001	-10.7	-6.2	24	7
7710	2001-2002	-15.2	-11.3	71	16
7710	2003-2004	-18.1	-12.4	44	11
7710	2004-2005	-15.2	-9.8	61	21
7710	2005-2006	-17.5	-13.6	173	30
7710	2006-2007	-8.9	-5.1	9	2
7710	2007-2008	-9.6	-5.3	68	23
7710	2008-2009	-12.3	-8.4	101	24
7710	2009-2010	-13.4	-10.7	77	24
7710	2010-2011	-16.4	-11.9	79	20
7710	2011-2012	-18.1	-11.8	150	21
7710	2012-2013	-15.6	-8.6	50	16
7710	2013-2014	-10.6	-7.6	30	14
7710	2014-2015	-10.4	-6.4	22	6
7710	2015-2016	-10.5	-6.7	32	8
7710	2016-2017	-15.1	-8.4	83	20
7710	2017-2018	-16.1	-10.6	70	15
7955	2000-2001	-9	-6.3	20	7
7955	2001-2002	-13.1	-10.6	138	41
7955	2003-2004	-13.8	-10.6	44	12
7955	2004-2005	-12.5	-7.5	46	13

7955	2005-2006	-17	-14.7	140	29
7955	2006-2007	-6.8	-4.8	9	2
7955	2007-2008	-9.8	-5.1	63	23
7955	2008-2009	-11.7	-8.0	97	24
7955	2009-2010	-13.5	-10.2	102	37
7955	2010-2011	-15.8	-7.4	42	11
7955	2011-2012	-14.6	-11.4	141	20
7955	2012-2013	-13.5	-7.7	40	15
7955	2013-2014	-10.3	-6.7	25	12
7955	2014-2015	-12.3	-7.5	24	6
7955	2015-2016	-9.9	-6.4	28	9
7955	2016-2017	-14.2	-9.9	139	32
7955	2017-2018	-14.7	-9.6	60	15
9016	2000-2001	-9.1	-6.4	33	9
9016	2001-2002	-19.3	-15.7	255	42
9016	2002-2003	-15.6	-11.1	109	28
9016	2003-2004	-16	-12.6	47	13
9016	2004-2005	-17.2	-10.4	85	25
9016	2005-2006	-16.3	-12.7	288	58
9016	2006-2007	-8.9	-5.7	25	9
9016	2007-2008	-12.3	-8.8	91	21
9016	2008-2009	-12.4	-8.1	94	24
9016	2009-2010	-12.8	-9.6	101	31
9016	2010-2011	-13	-9.5	51	15
9016	2011-2012	-17.8	-13.3	164	26
9016	2013-2014	-9.5	-5.1	24	10
9016	2014-2015	-12.3	-6.8	47	26
9016	2015-2016	-12.4	-7.9	35	10
9016	2016-2017	-17.8	-12.4	160	31
9016	2017-2018	-16.3	-10.6	60	12
9211	2000-2001	-12.3	-9.1	49	11
9211	2001-2002	-20.8	-17.4	291	42
9211	2002-2003	-17.7	-13.3	129	29
9211	2003-2004	-16.5	-13.3	70	17
9211	2004-2005	-18.1	-13.3	135	31
9211	2005-2006	-17.5	-12.7	326	64
9211	2006-2007	-8.5	-6.1	28	16
9211	2007-2008	-13.4	-11.5	107	21
9211	2008-2009	-15.5	-10.3	122	24
9211	2009-2010	-15.3	-10.0	133	32
9211	2010-2011	-13.7	-9.7	71	21
9211	2011-2012	-20.5	-14.7	219	35
9211	2012-2013	-12.7	-8.4	74	21
9211	2013-2014	-10.7	-6.0	49	22
9211	2014-2015	-9.4	-6.2	64	31
9211	2015-2016	-13.6	-10.1	46	10
9211	2016-2017	-19.7	-13.5	181	31

9211	2017-2018	-18.2	-12.1	69	12
9215	2000-2001	-13.1	-11.8	88	18
9215	2002-2003	-16.2	-14.3	214	29
9215	2004-2005	-19.6	-17.8	479	57
9215	2005-2006	-16	-13.8	281	42
9215	2006-2007	-14	-12.9	77	22
9215	2007-2008	-12.8	-11.4	98	20
9215	2008-2009	-16.2	-14.5	242	47
9215	2009-2010	-18.5	-15.3	292	44
9215	2010-2011	-15.1	-14.6	108	12
9215	2011-2012	-21.8	-20.5	393	47
9215	2012-2013	-14.6	-13.2	326	54
9215	2013-2014	-12.5	-11.1	64	12
9215	2014-2015	-14.6	-12.8	155	24
9215	2015-2016	-14.4	-11.7	95	20
9215	2016-2017	-18.3	-17.0	166	22
9215	2017-2018	-21.1	-19.3	219	35
9700	2001-2002	-22.8	-18.3	371	53
9700	2003-2004	-25	-17.6	137	34
9700	2004-2005	-23	-14.7	371	70
9700	2005-2006	-22.7	-16.4	484	89
9700	2006-2007	-11.8	-6.9	66	20
9700	2007-2008	-17.2	-11.8	182	32
9700	2008-2009	-17.1	-11.8	191	38
9700	2009-2010	-17.6	-12.2	246	51
9700	2010-2011	-22.1	-15.1	278	49
9700	2011-2012	-22.6	-15.9	265	40
9700	2012-2013	-20	-15.2	93	27
9700	2013-2014	-16.5	-8.9	104	28
9700	2014-2015	-16.8	-9.4	124	36
9700	2015-2016	-20.6	-13.5	69	12
9700	2016-2017	-20.3	-12.8	257	33
9700	2017-2018	-21.4	-14.8	138	29
9801	2000-2001	-16.9	-13.2	174	34
9801	2001-2002	-21.4	-17.8	354	43
9801	2002-2003	-21.5	-16.9	136	30
9801	2003-2004	-24.5	-17.8	148	30
9801	2005-2006	-24	-19.2	389	50
9801	2006-2007	-9.6	-6.7	66	21
9801	2007-2008	-15.2	-10.6	175	30
9801	2008-2009	-15.6	-10.6	168	38
9801	2009-2010	-18	-10.5	221	51
9801	2010-2011	-19.8	-15.5	234	44
9801	2011-2012	-21.9	-15.4	231	37
9801	2012-2013	-18.9	-14.9	77	18
9801	2013-2014	-13	-7.4	47	11
9801	2014-2015	-16.7	-9.1	94	34

9801	2015-2016	-17.3	-12.6	57	10
9801	2016-2017	-18.8	-13.6	240	33
9801	2017-2018	-19.2	-12.9	127	47
9811	2000-2001	-15.4	-11.8	183	44
9811	2001-2002	-20.7	-17.7	332	42
9811	2002-2003	-19.3	-15.6	131	29
9811	2003-2004	-22.2	-16.7	142	32
9811	2004-2005	-20.4	-13.1	130	19
9811	2006-2007	-10.6	-6.6	62	19
9811	2008-2009	-15.1	-10.5	145	23
9811	2009-2010	-15.7	-10.4	208	51
9811	2010-2011	-18.5	-14.3	225	45
9811	2011-2012	-19.3	-14.6	227	35
9811	2012-2013	-17.2	-13.5	68	18
9811	2013-2014	-11.7	-6.3	38	11
9811	2014-2015	-13.5	-8.1	85	34
9811	2015-2016	-16.2	-11.3	54	10
9811	2016-2017	-17.9	-11.1	222	33
9811	2017-2018	-19	-13.0	113	29
9919	2000-2001	-16.7	-12.7	72	16
9919	2001-2002	-22.3	-19.3	308	42
9919	2002-2003	-21.8	-16.6	118	29
9919	2003-2004	-20.8	-15.7	71	17
9919	2004-2005	-20.8	-12.4	127	30
9919	2005-2006	-21.9	-15.4	321	62
9919	2006-2007	-9.2	-5.6	33	17
9919	2007-2008	-13	-9.2	121	21
9919	2008-2009	-14.8	-10.0	136	25
9919	2009-2010	-15.4	-11.5	215	45
9919	2010-2011	-19.2	-12.0	155	37
9919	2011-2012	-21.2	-15.2	206	35
9919	2012-2013	-17.6	-12.7	75	19
9919	2013-2014	-14.4	-7.9	41	11
9919	2014-2015	-11.3	-6.9	60	20
9919	2015-2016	-18.5	-12.6	55	11
9919	2016-2017	-16.9	-12.0	189	31
9919	2017-2018	-19.6	-13.3	111	26
10200	2000-2001	-15.1	-11.1	78	16
10200	2001-2002	-18.8	-14.6	275	43
10200	2002-2003	-19.9	-15.0	124	31
10200	2003-2004	-20.5	-14.9	96	22
10200	2004-2005	-19.2	-12.9	311	60
10200	2005-2006	-21	-15.4	398	79
10200	2006-2007	-10.3	-6.7	44	18
10200	2007-2008	-13.3	-8.6	149	31
10200	2008-2009	-16	-11.9	171	25
10200	2009-2010	-15.8	-11.3	240	52

10200	2010-2011	-19.8	-14.8	240	44
10200	2011-2012	-18.7	-13.8	233	39
10200	2012-2013	-14.7	-10.6	79	27
10200	2013-2014	-11.5	-6.2	31	12
10200	2014-2015	-12.6	-7.0	64	16
10200	2015-2016	-15	-10.9	52	10
10200	2016-2017	-17	-11.9	221	34
10200	2017-2018	-18.8	-14.0	132	33
10412	2002-2003	-17	-14.9	458	78
10412	2003-2004	-16.9	-15.2	287	46
10412	2004-2005	-18.8	-17.1	481	55
10412	2005-2006	-18.5	-15.2	439	69
10412	2006-2007	-15.1	-11.7	76	16
10412	2007-2008	-17.2	-14.7	102	20
10412	2008-2009	-15.8	-14.1	355	74
10412	2009-2010	-19.5	-15.9	375	56
10412	2011-2012	-21.5	-20.7	515	69
10412	2012-2013	-15	-13.6	342	60
10412	2013-2014	-12	-10.5	105	40
10412	2014-2015	-15.8	-14.4	161	24
10412	2015-2016	-14.6	-12.2	113	28
10412	2016-2017	-19.4	-17.7	225	30
10412	2017-2018	-21.7	-20.4	273	38
10415	2000-2001	-14.5	-11.1	108	24
10415	2001-2002	-17.8	-13.7	345	69
10415	2002-2003	-18.1	-13.9	291	53
10415	2003-2004	-18	-13.4	263	52
10415	2004-2005	-18	-12.4	370	60
10415	2005-2006	-19.4	-14.9	483	93
10415	2006-2007	-11.2	-8.3	40	19
10415	2007-2008	-14.9	-8.7	143	36
10415	2008-2009	-14.8	-11.4	172	24
10415	2009-2010	-15.9	-13.0	315	57
10415	2010-2011	-17.4	-14.1	252	40
10415	2011-2012	-19.3	-15.7	350	72
10415	2012-2013	-14.6	-10.8	114	31
10415	2013-2014	-12.1	-7.0	47	14
10415	2014-2015	-12.7	-9.5	110	44
10415	2015-2016	-15	-11.3	105	23
10415	2016-2017	-16.7	-12.7	235	36
10415	2017-2018	-19.8	-15.7	202	34
10500	2000-2001	-12.7	-9.3	76	14
10500	2001-2002	-17	-12.8	212	51
10500	2002-2003	-14.4	-12.2	148	33
10500	2003-2004	-14.1	-11.2	134	32
10500	2004-2005	-16.2	-12.5	170	27
10500	2006-2007	-10	-8.3	28	7

10500	2007-2008	-13.6	-9.3	39	11
10500	2008-2009	-13.7	-10.1	135	22
10500	2009-2010	-14.3	-11.9	257	47
10500	2010-2011	-14	-11.4	111	24
10500	2011-2012	-17	-14.9	243	35
10500	2012-2013	-13.8	-9.9	93	28
10500	2013-2014	-11.6	-7.6	73	15
10500	2014-2015	-10.8	-9.4	79	28
10500	2015-2016	-12.1	-9.5	55	11
10500	2016-2017	-15.5	-13.0	164	29
10500	2017-2018	-17.9	-15.4	196	32
10510	2000-2001	-13	-8.8	37	11
10510	2001-2002	-18.8	-12.9	139	37
10510	2002-2003	-15.3	-10.8	89	25
10510	2003-2004	-16.9	-10.6	46	12
10510	2004-2005	-18.5	-9.9	87	17
10510	2005-2006	-19.7	-14.7	174	31
10510	2006-2007	-9.4	-4.7	9	4
10510	2007-2008	-13	-8.6	105	20
10510	2008-2009	-14.8	-10.9	137	25
10510	2009-2010	-15.4	-11.2	110	29
10510	2010-2011	-16.4	-8.7	48	12
10510	2011-2012	-17.4	-13.0	177	23
10510	2012-2013	-13.7	-7.8	46	14
10510	2013-2014	-10.1	-7.6	35	13
10510	2014-2015	-11.1	-6.3	23	5
10510	2015-2016	-16.1	-10.4	37	8
10510	2016-2017	-14.3	-8.9	102	20
10510	2017-2018	-16.8	-11.9	84	16
10550	2000-2001	-14	-11.8	94	16
10550	2001-2002	-20.2	-15.3	351	66
10550	2002-2003	-16.4	-13.1	339	54
10550	2003-2004	-14.9	-13.3	277	51
10550	2004-2005	-17.9	-15.6	461	61
10550	2005-2006	-17.4	-14.8	415	74
10550	2006-2007	-12.5	-10.4	56	16
10550	2007-2008	-14.2	-12.0	81	20
10550	2008-2009	-13.9	-12.0	437	91
10550	2010-2011	-16.2	-13.6	174	28
10550	2011-2012	-19.7	-18.6	444	74
10550	2012-2013	-13.1	-11.7	286	63
10550	2013-2014	-10.6	-8.9	80	37
10550	2014-2015	-14	-12.4	272	70
10550	2015-2016	-13.1	-10.6	83	13
10550	2016-2017	-17.4	-15.8	215	33
10550	2017-2018	-20.9	-18.4	252	37
11104	2000-2001	-6.4	-3.7	13	4

11104	2001-2002	-12.8	-10.8	78	17
11104	2002-2003	-10.3	-7.7	53	15
11104	2003-2004	-10.5	-7.1	18	4
11104	2004-2005	-13.9	-8.4	57	23
11104	2005-2006	-11.8	-8.5	72	13
11104	2006-2007	-6.8	-4.6	17	4
11104	2007-2008	-8.4	-5.1	46	16
11104	2008-2009	-8.5	-5.8	71	21
11104	2009-2010	-11.9	-6.8	34	13
11104	2010-2011	-9.7	-6.3	20	4
11104	2011-2012	-16	-12.1	125	16
11104	2012-2013	-11.6	-6.4	49	17
11104	2013-2014	-6.3	-3.2	16	4
11104	2014-2015	-7	-5.0	25	14
11104	2015-2016	-10.2	-6.9	15	5
11104	2016-2017	-12.7	-8.2	81	15
11104	2017-2018	-12.2	-8.7	36	9
11112	2000-2001	-8.1	-4.3	15	5
11112	2002-2003	-12.8	-7.9	68	15
11112	2003-2004	-11.6	-8.3	28	11
11112	2004-2005	-16.5	-9.9	70	23
11112	2005-2006	-14.1	-9.5	83	13
11112	2006-2007	-8.3	-5.3	25	11
11112	2007-2008	-8.7	-5.6	59	18
11112	2008-2009	-9.8	-6.1	82	22
11112	2009-2010	-13.7	-7.3	66	25
11112	2010-2011	-11.3	-7.7	32	15
11112	2011-2012	-17.6	-13.3	134	16
11112	2012-2013	-12.4	-7.7	50	17
11112	2013-2014	-7.6	-3.6	19	7
11112	2014-2015	-9.6	-5.6	32	14
11112	2015-2016	-12.4	-8.1	15	6
11112	2016-2017	-14	-9.2	89	16
11112	2017-2018	-13	-8.7	38	10
11115	2000-2001	-7.9	-4.2	12	5
11115	2001-2002	-14.5	-12.0	191	35
11115	2002-2003	-14.5	-8.4	95	24
11115	2003-2004	-11.9	-8.1	25	11
11115	2004-2005	-15	-10.2	72	15
11115	2005-2006	-13.6	-10.5	97	13
11115	2006-2007	-8	-4.9	31	10
11115	2007-2008	-9.6	-6.0	70	17
11115	2008-2009	-11.3	-7.3	95	23
11115	2009-2010	-13.1	-7.2	73	30
11115	2010-2011	-9.6	-6.9	33	11
11115	2011-2012	-17.4	-13.1	134	16
11115	2012-2013	-11.3	-6.9	32	12

11115	2013-2014	-8.8	-4.8	40	19
11115	2014-2015	-9.7	-6.0	38	16
11115	2015-2016	-9.9	-6.2	18	6
11115	2016-2017	-14.1	-9.6	95	16
11115	2017-2018	-11.7	-8.8	35	11
11135	2000-2001	-12.3	-7.3	29	10
11135	2001-2002	-18.2	-15.4	231	40
11135	2002-2003	-15.8	-12.1	124	28
11135	2003-2004	-14.7	-11.6	55	18
11135	2004-2005	-18.8	-13.0	124	26
11135	2005-2006	-15.8	-11.7	279	62
11135	2006-2007	-9.5	-7.8	34	9
11135	2007-2008	-14.1	-10.7	109	21
11135	2008-2009	-13.5	-9.0	142	37
11135	2009-2010	-15.7	-10.2	136	30
11135	2011-2012	-20.9	-16.1	194	27
11135	2012-2013	-15.2	-10.6	98	25
11135	2013-2014	-9.9	-6.9	36	9
11135	2014-2015	-10.2	-7.6	87	38
11135	2015-2016	-15.1	-11.5	37	9
11135	2016-2017	-17.3	-11.5	166	30
11135	2017-2018	-16	-11.5	99	28
11305	2000-2001	-16.7	-11.1	125	31
11305	2001-2002	-22.7	-17.2	315	44
11305	2002-2003	-20.1	-15.3	338	52
11305	2003-2004	-19	-14.2	168	32
11305	2004-2005	-23	-18.1	469	61
11305	2005-2006	-19.9	-14.7	446	70
11305	2006-2007	-13.8	-11.6	53	9
11305	2007-2008	-18.1	-14.0	150	27
11305	2008-2009	-17	-12.7	346	73
11305	2009-2010	-19.3	-14.9	315	49
11305	2010-2011	-17.7	-12.8	159	25
11305	2011-2012	-25.3	-21.6	413	65
11305	2012-2013	-19.4	-15.0	198	30
11305	2013-2014	-15.8	-12.3	77	13
11305	2014-2015	-17.1	-11.7	217	47
11305	2015-2016	-19.5	-14.8	88	22
11305	2016-2017	-19.6	-15.7	200	33
11305	2017-2018	-22.6	-18.0	193	31
11505	2000-2001	-15.7	-11.0	47	12
11505	2002-2003	-17.8	-12.9	258	46
11505	2003-2004	-16.8	-12.3	68	19
11505	2004-2005	-22	-15.3	156	29
11505	2005-2006	-17.7	-11.9	321	65
11505	2006-2007	-12.6	-8.4	36	11
11505	2007-2008	-17.1	-12.3	117	22

11505	2008-2009	-18.4	-11.8	144	37
11505	2009-2010	-18.4	-11.3	157	32
11505	2010-2011	-16.7	-12.2	116	24
11505	2011-2012	-23.7	-18.1	238	30
11505	2012-2013	-16.2	-10.7	116	27
11505	2013-2014	-12.7	-9.4	49	13
11505	2014-2015	-13.6	-8.1	91	25
11505	2015-2016	-15.7	-11.8	46	11
11505	2016-2017	-18	-13.2	171	32
11505	2017-2018	-16.9	-13.2	127	27
11706	2000-2001	-20.8	-13.4	81	15
11706	2001-2002	-24.7	-19.3	406	44
11706	2002-2003	-21.3	-14.7	382	56
11706	2003-2004	-24.4	-19.9	426	89
11706	2004-2005	-26.6	-16.9	719	122
11706	2005-2006	-24	-19.2	808	120
11706	2006-2007	-13.5	-9.9	114	25
11706	2007-2008	-19.3	-12.4	208	34
11706	2008-2009	-23.4	-16.1	394	64
11706	2009-2010	-21.3	-16.4	344	52
11706	2010-2011	-19.3	-15.1	193	27
11706	2011-2012	-28	-19.7	495	75
11706	2012-2013	-22.8	-14.8	175	31
11706	2013-2014	-16.5	-12.3	140	32
11706	2014-2015	-17.9	-11.0	245	58
11706	2015-2016	-21.5	-16.4	111	31
11706	2016-2017	-19.6	-14.2	247	34
11706	2017-2018	-23.9	-15.5	242	50
11803	2000-2001	-9	-5.3	23	8
11803	2002-2003	-11.9	-8.5	69	20
11803	2003-2004	-13.5	-11.1	32	11
11803	2004-2005	-14.9	-9.2	74	18
11803	2005-2006	-14.3	-11.7	226	57
11803	2006-2007	-7.3	-4.5	28	11
11803	2008-2009	-10.6	-6.7	86	23
11803	2009-2010	-13.3	-9.3	74	28
11803	2010-2011	-12.5	-9.4	49	12
11803	2011-2012	-16.5	-12.6	141	19
11803	2012-2013	-11.7	-7.0	30	9
11803	2013-2014	-8.2	-4.5	22	9
11803	2014-2015	-9	-5.7	33	22
11803	2015-2016	-11.4	-7.3	28	10
11803	2016-2017	-14.2	-10.2	129	29
11803	2017-2018	-13.6	-9.0	37	12
11804	2001-2002	-18	-14.3	236	40
11804	2002-2003	-13.1	-8.7	96	28
11804	2003-2004	-15.9	-12.3	47	16

11804	2004-2005	-16.1	-10.0	142	38
11804	2005-2006	-17.3	-13.4	300	61
11804	2006-2007	-8.4	-4.9	37	18
11804	2007-2008	-12.4	-8.5	83	20
11804	2008-2009	-11.5	-7.2	93	23
11804	2009-2010	-14.3	-10.0	102	31
11804	2010-2011	-14.3	-11.0	63	13
11804	2011-2012	-18	-13.2	169	28
11804	2012-2013	-14	-8.5	52	20
11804	2013-2014	-9.7	-5.3	38	21
11804	2014-2015	-10.8	-6.4	50	20
11804	2015-2016	-13.3	-8.8	38	10
11804	2016-2017	-16.7	-11.2	164	31
11804	2017-2018	-14.6	-9.5	42	11
11901	2000-2001	-8.3	-5.2	27	9
11901	2002-2003	-13.6	-9.8	99	26
11901	2003-2004	-16.3	-12.8	52	15
11901	2004-2005	-16.5	-10.1	87	18
11901	2005-2006	-16.2	-12.6	286	59
11901	2006-2007	-6.9	-5.0	21	9
11901	2007-2008	-13	-8.3	67	21
11901	2008-2009	-11.3	-7.5	84	23
11901	2009-2010	-12.8	-9.1	94	30
11901	2010-2011	-12.7	-9.1	45	11
11901	2011-2012	-16.2	-12.4	159	27
11901	2012-2013	-11.3	-7.4	47	18
11901	2013-2014	-8.4	-4.6	25	10
11901	2014-2015	-10.6	-6.3	47	20
11901	2016-2017	-17.6	-11.7	156	31
11901	2017-2018	-14.1	-9.3	45	11
12215	2000-2001	-14.1	-12.9	93	15
12215	2001-2002	-20.4	-15.0	280	44
12215	2002-2003	-16.7	-15.2	228	31
12215	2003-2004	-16.7	-15.5	229	31
12215	2004-2005	-20.8	-18.5	535	58
12215	2005-2006	-16.9	-15.1	446	68
12215	2006-2007	-15.3	-13.7	100	24
12215	2007-2008	-14.5	-12.3	122	23
12215	2008-2009	-17.3	-15.1	281	47
12215	2009-2010	-19.3	-16.5	466	70
12215	2010-2011	-16.5	-15.8	198	26
12215	2011-2012	-22.8	-21.7	497	69
12215	2012-2013	-17.2	-14.0	364	60
12215	2013-2014	-13.9	-11.7	72	12
12215	2014-2015	-15.6	-13.5	238	41
12215	2015-2016	-15.5	-12.7	135	33
12215	2016-2017	-19.4	-17.9	181	23

12215	2017-2018	-21.8	-20.0	242	34
12311	2000-2001	-15.1	-13.6	174	35
12311	2001-2002	-20.9	-15.8	408	62
12311	2002-2003	-17.7	-15.6	395	54
12311	2003-2004	-18	-16.5	327	51
12311	2004-2005	-21.8	-19.8	693	80
12311	2005-2006	-18.1	-16.5	532	75
12311	2008-2009	-18.8	-16.6	384	76
12311	2009-2010	-20.1	-17.4	713	99
12311	2010-2011	-17.8	-16.9	226	26
12311	2012-2013	-18	-15.1	426	62
12311	2013-2014	-15.1	-13.1	144	42
12311	2014-2015	-17.4	-14.9	290	44
12311	2015-2016	-16.6	-13.3	199	47
12311	2016-2017	-21.3	-19.5	240	37
12311	2017-2018	-22.8	-20.7	275	37
12322	2000-2001	-12.8	-10.1	73	14
12322	2001-2002	-16.4	-14.2	330	53
12322	2002-2003	-14.8	-11.6	153	34
12322	2003-2004	-17	-13.5	116	27
12322	2004-2005	-19.8	-13.7	419	95
12322	2005-2006	-18.9	-13.8	425	69
12322	2006-2007	-8.3	-5.8	56	22
12322	2007-2008	-16.2	-12.6	156	29
12322	2008-2009	-18.3	-12.4	183	39
12322	2009-2010	-14.3	-10.1	216	48
12322	2010-2011	-15.2	-12.3	200	44
12322	2011-2012	-19.1	-14.8	256	40
12322	2012-2013	-15.9	-11.6	91	23
12322	2013-2014	-9.8	-6.3	86	28
12322	2014-2015	-10.5	-7.8	110	39
12322	2015-2016	-13.9	-10.0	54	14
12322	2016-2017	-17.9	-14.2	233	33
12322	2017-2018	-17.3	-11.6	76	33
12504	2001-2002	-18	-15.0	321	44
12504	2002-2003	-14.5	-10.1	114	32
12504	2003-2004	-18.8	-14.2	99	25
12504	2004-2005	-17.7	-11.0	255	64
12504	2005-2006	-16.9	-12.9	405	82
12504	2006-2007	-8.9	-5.7	44	13
12504	2007-2008	-12.9	-10.3	120	27
12504	2008-2009	-14.1	-9.6	151	37
12504	2009-2010	-12.8	-10.6	178	44
12504	2010-2011	-15	-11.7	139	28
12504	2011-2012	-17.2	-12.8	182	29
12504	2012-2013	-14.7	-11.5	53	13
12504	2013-2014	-9.8	-5.7	66	28

12504	2014-2015	-10	-6.8	63	26
12504	2015-2016	-14.5	-10.0	47	11
12504	2016-2017	-19.5	-14.4	205	34
12504	2017-2018	-15.8	-10.5	58	12
12513	2000-2001	-12.7	-9.6	68	16
12513	2002-2003	-15.3	-11.9	126	31
12513	2003-2004	-17.9	-14.3	94	18
12513	2004-2005	-19.3	-12.7	381	107
12513	2005-2006	-16.6	-12.7	398	86
12513	2007-2008	-13.5	-10.4	118	23
12513	2008-2009	-15.8	-10.7	172	39
12513	2009-2010	-13.9	-12.3	225	54
12513	2010-2011	-15.2	-11.6	120	25
12513	2011-2012	-18	-14.5	246	40
12513	2012-2013	-15.2	-11.7	87	23
12513	2013-2014	-11.3	-7.0	67	26
12513	2014-2015	-12.3	-7.6	81	25
12513	2015-2016	-15	-10.7	58	12
12513	2016-2017	-20.1	-15.2	208	34
12513	2017-2018	-17	-11.8	119	28
12711	2000-2001	-15.4	-11.7	82	16
12711	2001-2002	-21.1	-15.7	340	65
12711	2002-2003	-18.4	-13.9	294	49
12711	2003-2004	-17.9	-14.3	144	32
12711	2004-2005	-20.5	-16.2	399	60
12711	2005-2006	-16.3	-12.4	562	117
12711	2006-2007	-10.5	-8.8	36	10
12711	2007-2008	-14.5	-10.7	120	28
12711	2008-2009	-16.6	-11.8	199	39
12711	2009-2010	-16.4	-13.0	294	53
12711	2010-2011	-16.3	-12.8	94	13
12711	2011-2012	-21.2	-17.4	395	71
12711	2012-2013	-16.1	-11.2	149	31
12711	2013-2014	-12.3	-9.3	62	16
12711	2014-2015	-12.9	-10.0	156	48
12711	2015-2016	-15.3	-11.2	74	13
12711	2016-2017	-20.7	-13.6	204	36
12711	2017-2018	-21.5	-17.0	192	31
13120	2000-2001	-14.5	-11.4	76	16
13120	2001-2002	-19.7	-14.0	259	43
13120	2002-2003	-17.8	-12.2	126	31
13120	2003-2004	-18.2	-13.6	94	20
13120	2004-2005	-20.1	-14.1	296	59
13120	2005-2006	-21.9	-16.0	282	49
13120	2006-2007	-9.9	-5.7	45	18
13120	2007-2008	-12.5	-9.5	142	28
13120	2008-2009	-16.6	-12.5	164	26

13120	2009-2010	-16.3	-10.9	206	51
13120	2010-2011	-19.6	-14.3	219	43
13120	2011-2012	-19.2	-13.4	212	35
13120	2012-2013	-16.4	-11.3	63	17
13120	2013-2014	-9.6	-5.5	33	13
13120	2014-2015	-12.7	-8.0	72	23
13120	2015-2016	-15.6	-11.7	58	10
13120	2016-2017	-17.7	-11.9	225	34
13120	2017-2018	-17.3	-13.6	112	32
13515	2000-2001	-11.8	-10.3	104	23
13515	2001-2002	-15.7	-11.5	205	47
13515	2002-2003	-14.4	-11.4	153	33
13515	2003-2004	-13.6	-11.1	135	32
13515	2005-2006	-16.7	-13.1	229	52
13515	2006-2007	-10.7	-8.2	30	7
13515	2007-2008	-13.9	-9.1	43	12
13515	2008-2009	-13.2	-9.4	127	24
13515	2009-2010	-14.6	-12.6	260	47
13515	2010-2011	-15.6	-12.2	120	24
13515	2011-2012	-17.4	-15.2	260	41
13515	2013-2014	-9.8	-7.2	60	14
13515	2014-2015	-11.6	-9.4	88	30
13515	2015-2016	-12.6	-9.2	57	11
13515	2016-2017	-16.1	-13.2	166	29
13515	2017-2018	-17.6	-14.6	184	33
13605	2000-2001	-10.8	-6.7	28	12
13605	2001-2002	-16.7	-10.7	161	41
13605	2002-2003	-23	-15.5	95	16
13605	2003-2004	-14.4	-8.5	49	15
13605	2004-2005	-21.2	-13.3	99	17
13605	2005-2006	-19.2	-13.3	195	35
13605	2006-2007	-7.7	-3.7	15	14
13605	2007-2008	-11.3	-6.7	103	29
13605	2009-2010	-17.2	-12.7	113	39
13605	2010-2011	-18	-13.6	66	12
13605	2011-2012	-18.8	-11.7	145	22
13605	2012-2013	-14	-7.6	36	16
13605	2013-2014	-7.7	-5.6	31	13
13605	2014-2015	-11.9	-7.2	24	6
13605	2015-2016	-11	-6.5	36	10
13605	2016-2017	-15.7	-8.7	147	34
13605	2017-2018	-14.4	-9.6	56	14
14305	2000-2001	-16.5	-15.4	300	53
14305	2001-2002	-22.1	-17.2	463	73
14305	2003-2004	-17.7	-16.7	351	54
14305	2004-2005	-22.2	-20.3	630	61
14305	2005-2006	-19.9	-17.8	1004	140

14305	2006-2007	-16.5	-14.8	181	46
14305	2007-2008	-16.7	-13.6	259	55
14305	2008-2009	-17.3	-14.0	843	135
14305	2009-2010	-20.9	-18.0	822	109
14305	2010-2011	-18	-17.4	386	48
14305	2011-2012	-25.6	-23.4	630	82
14305	2012-2013	-19.5	-16.4	668	103
14305	2013-2014	-16.4	-13.7	254	54
14305	2014-2015	-16.3	-15.1	465	67
14305	2015-2016	-19.3	-15.4	268	56
14305	2016-2017	-19.2	-17.4	369	72
14305	2017-2018	-24.7	-21.7	514	81
14403	2000-2001	-10.5	-7.6	27	10
14403	2001-2002	-15.6	-12.8	197	35
14403	2002-2003	-12.2	-9.4	93	24
14403	2003-2004	-14	-11.9	44	16
14403	2004-2005	-15.6	-11.4	120	27
14403	2005-2006	-15.1	-12.3	253	63
14403	2006-2007	-8.1	-6.1	25	6
14403	2007-2008	-12.1	-9.5	81	22
14403	2008-2009	-11.8	-8.8	104	25
14403	2009-2010	-13.3	-10.3	93	30
14403	2011-2012	-18.9	-14.3	160	26
14403	2012-2013	-13.2	-9.0	54	19
14403	2013-2014	-9	-6.6	31	10
14403	2014-2015	-11.1	-6.8	54	22
14403	2015-2016	-12.6	-10.3	41	10
14403	2016-2017	-16.2	-10.4	136	29
14403	2017-2018	-14.3	-10.5	42	10
14812	2001-2002	-23	-16.6	531	81
14812	2003-2004	-19.4	-18.4	430	55
14812	2004-2005	-23.8	-22.6	831	88
14812	2005-2006	-20.5	-18.5	1146	148
14812	2006-2007	-17.9	-16.6	335	69
14812	2007-2008	-18.7	-14.2	609	116
14812	2011-2012	-25.1	-24.4	738	86
14812	2012-2013	-20	-17.0	987	134
14812	2013-2014	-17	-14.9	310	57
14812	2014-2015	-18.8	-16.0	665	98
14812	2015-2016	-19.5	-15.5	331	57
14812	2016-2017	-21.2	-19.8	483	87
14812	2017-2018	-25.4	-23.3	909	129
15105	2000-2001	-14	-11.1	144	36
15105	2001-2002	-19.9	-16.2	339	49
15105	2002-2003	-16.7	-14.2	299	51
15105	2003-2004	-18.7	-15.8	113	18
15105	2004-2005	-20.2	-14.7	457	99

15105	2005-2006	-16.7	-15.4	481	91
15105	2006-2007	-11.4	-8.2	70	24
15105	2007-2008	-14.7	-12.6	143	29
15105	2008-2009	-16.1	-11.4	213	40
15105	2009-2010	-15	-12.9	296	56
15105	2010-2011	-16	-12.4	230	40
15105	2011-2012	-19.4	-15.8	349	74
15105	2012-2013	-15.6	-12.0	126	30
15105	2013-2014	-12.3	-8.7	86	28
15105	2014-2015	-13	-10.0	130	38
15105	2015-2016	-15	-12.0	81	22
15105	2016-2017	-18.7	-12.8	218	33
15105	2017-2018	-18.9	-13.5	326	96
15210	2000-2001	-12.9	-10.7	105	25
15210	2001-2002	-16.6	-13.2	190	40
15210	2002-2003	-14.4	-11.5	141	35
15210	2003-2004	-15.3	-12.2	183	43
15210	2004-2005	-18.9	-13.0	310	57
15210	2005-2006	-14.4	-11.7	357	72
15210	2006-2007	-11	-8.7	29	7
15210	2008-2009	-14.1	-10.5	267	59
15210	2009-2010	-14.8	-12.8	285	55
15210	2010-2011	-13.8	-11.4	152	29
15210	2011-2012	-18	-13.8	262	45
15210	2013-2014	-9.4	-6.7	66	33
15210	2014-2015	-10	-6.5	84	24
15210	2015-2016	-13	-10.2	88	22
15210	2016-2017	-14.2	-11.4	160	32
15210	2017-2018	-17.6	-13.2	155	34
15321	2000-2001	-19.2	-16.3	621	99
15321	2001-2002	-23.2	-17.5	600	82
15321	2002-2003	-19.8	-18.1	820	115
15321	2003-2004	-21.8	-19.5	473	55
15321	2004-2005	-25.6	-23.3	905	91
15321	2005-2006	-21.6	-19.4	1235	148
15321	2006-2007	-18.2	-16.8	404	76
15321	2007-2008	-20.4	-15.0	494	86
15321	2008-2009	-21.4	-19.1	1046	142
15321	2009-2010	-21.6	-19.3	978	112
15321	2010-2011	-19.8	-19.1	617	74
15321	2011-2012	-26.3	-24.9	800	88
15321	2012-2013	-21.7	-17.8	825	108
15321	2013-2014	-18.2	-15.9	329	60
15321	2014-2015	-19.4	-17.1	735	102
15321	2016-2017	-24.3	-22.2	571	89
15321	2017-2018	-25.7	-23.5	960	128
15402	2000-2001	-17.8	-14.0	182	35

15402	2001-2002	-21.9	-17.2	391	54
15402	2002-2003	-20.7	-16.7	353	52
15402	2003-2004	-20.6	-16.0	131	26
15402	2004-2005	-22.3	-14.9	524	115
15402	2005-2006	-20.7	-16.4	565	88
15402	2006-2007	-12.1	-9.1	90	23
15402	2007-2008	-17.8	-15.1	173	28
15402	2008-2009	-19.7	-13.8	256	41
15402	2009-2010	-17.2	-12.4	301	55
15402	2010-2011	-18.4	-14.0	153	44
15402	2011-2012	-20.9	-15.8	293	41
15402	2012-2013	-19.3	-13.8	126	28
15402	2013-2014	-15.9	-10.3	142	29
15402	2014-2015	-15.7	-10.8	145	38
15402	2015-2016	-18.5	-13.0	114	38
15402	2016-2017	-22.6	-15.3	267	32
15402	2017-2018	-21	-14.5	200	52
15430	2001-2002	-19.1	-12.8	277	45
15430	2006-2007	-15.4	-12.8	65	19
15430	2009-2010	-17.2	-15.3	282	48
15430	2011-2012	-21.7	-19.8	435	64
15430	2012-2013	-15.9	-13.5	195	30
15430	2013-2014	-13.2	-11.6	76	18
15430	2014-2015	-15	-12.3	147	24
15430	2015-2016	-15.8	-12.6	87	13
15430	2016-2017	-20	-16.9	191	29
15430	2017-2018	-21.7	-18.9	210	29
15501	2009-2010	-15.4	-12.5	288	52
15501	2010-2011	-16.7	-12.5	94	23
15501	2011-2012	-19.5	-15.6	358	72
15501	2012-2013	-16.1	-11.3	127	30
15501	2013-2014	-13.2	-8.4	103	25
15501	2014-2015	-12.1	-9.1	116	34
15501	2015-2016	-15.2	-11.2	105	31
15501	2016-2017	-20.3	-14.7	238	33
15501	2017-2018	-19.9	-14.2	184	45
15610	2001-2002	-20.8	-14.8	429	72
15610	2002-2003	-17.2	-14.7	436	70
15610	2003-2004	-17.3	-14.9	353	60
15610	2004-2005	-21.8	-19.1	570	61
15610	2005-2006	-16.5	-15.2	896	120
15610	2006-2007	-14.8	-13.1	116	29
15610	2007-2008	-16	-13.1	240	51
15610	2008-2009	-16.9	-15.6	744	131
15610	2010-2011	-17.8	-16.1	260	31
15610	2011-2012	-21.8	-20.9	559	76
15610	2012-2013	-16.3	-14.3	395	68

15610	2013-2014	-12.8	-11.9	180	51
15610	2014-2015	-15.5	-13.5	400	77
15610	2015-2016	-15.3	-13.2	148	44
15610	2016-2017	-19.9	-18.3	333	54
15610	2017-2018	-22	-20.3	361	58
15715	2000-2001	-17.6	-13.9	256	50
15715	2001-2002	-18.5	-14.2	333	65
15715	2002-2003	-16.4	-13.3	324	60
15715	2003-2004	-15.9	-12.7	269	47
15715	2004-2005	-21.3	-17.2	479	61
15715	2005-2006	-17.1	-13.6	734	121
15715	2006-2007	-13	-11.6	50	8
15715	2007-2008	-15.4	-12.1	182	49
15715	2008-2009	-15.2	-13.2	552	123
15715	2009-2010	-18.4	-15.2	484	79
15715	2010-2011	-15.9	-14.2	212	31
15715	2011-2012	-19.3	-17.5	388	52
15715	2012-2013	-15.4	-12.3	289	53
15715	2013-2014	-12.2	-10.3	142	52
15715	2014-2015	-13.1	-11.6	310	75
15715	2015-2016	-14.6	-11.7	130	23
15715	2016-2017	-17.4	-16.5	268	47
15715	2017-2018	-20.6	-18.0	242	38
15721	2000-2001	-19.3	-14.3	134	27
15721	2001-2002	-21.2	-16.3	356	48
15721	2002-2003	-18.4	-14.6	279	54
15721	2003-2004	-22.4	-15.8	195	32
15721	2004-2005	-24.2	-14.7	436	71
15721	2005-2006	-22.1	-15.7	572	95
15721	2006-2007	-15.3	-10.7	91	25
15721	2007-2008	-18	-13.2	199	37
15721	2008-2009	-19.8	-14.6	322	58
15721	2009-2010	-18.3	-13.2	323	59
15721	2010-2011	-20.2	-15.5	176	26
15721	2011-2012	-21.7	-14.8	393	71
15721	2012-2013	-19.9	-13.6	135	31
15721	2013-2014	-14.2	-8.3	101	27
15721	2014-2015	-14.8	-9.5	143	37
15721	2015-2016	-18.6	-12.9	156	43
15721	2016-2017	-18.5	-12.6	294	61
15721	2017-2018	-23	-16.2	170	29
15920	2000-2001	-14.9	-11.5	81	20
15920	2001-2002	-17.8	-14.2	306	49
15920	2003-2004	-18.8	-13.2	160	31
15920	2004-2005	-19.8	-11.9	204	42
15920	2005-2006	-20.7	-14.4	468	87
15920	2006-2007	-12.3	-7.1	78	25

15920	2007-2008	-13.9	-10.1	143	31
15920	2008-2009	-16.7	-13.0	184	26
15920	2009-2010	-17.2	-13.8	228	51
15920	2010-2011	-17.4	-13.9	89	16
15920	2011-2012	-16.9	-11.9	237	43
15920	2012-2013	-15.7	-11.2	82	14
15920	2013-2014	-9.8	-5.1	68	27
15920	2014-2015	-12	-6.7	62	15
15920	2015-2016	-13.3	-10.0	57	12
15920	2016-2017	-16.1	-10.2	207	32
15920	2017-2018	-18.5	-13.0	150	47
16015	2000-2001	-15.6	-11.5	83	21
16015	2001-2002	-18.7	-13.5	300	54
16015	2002-2003	-22.5	-16.9	267	52
16015	2003-2004	-20.1	-13.6	157	32
16015	2004-2005	-20.7	-12.9	186	40
16015	2005-2006	-21.9	-15.4	490	90
16015	2006-2007	-14.7	-8.2	57	24
16015	2007-2008	-15	-9.6	133	34
16015	2008-2009	-16.4	-10.8	175	26
16015	2009-2010	-18.6	-14.9	251	52
16015	2010-2011	-19	-13.2	89	12
16015	2011-2012	-17.6	-12.9	342	72
16015	2012-2013	-17.4	-12.2	91	14
16015	2013-2014	-11.3	-5.2	61	28
16015	2014-2015	-13.9	-7.7	67	15
16015	2015-2016	-14.8	-10.6	110	30
16015	2016-2017	-16.6	-10.2	211	34
16015	2017-2018	-20.7	-13.6	176	47
16101	2000-2001	-17.8	-12.6	91	16
16101	2001-2002	-21.9	-17.0	349	47
16101	2002-2003	-22.9	-18.8	158	16
16101	2003-2004	-17.4	-12.5	90	19
16101	2004-2005	-21.9	-14.7	324	60
16101	2005-2006	-24.6	-17.9	563	87
16101	2006-2007	-12.4	-8.2	110	27
16101	2007-2008	-14.4	-11.2	192	34
16101	2008-2009	-17.8	-12.5	213	39
16101	2009-2010	-19.8	-15.7	246	54
16101	2010-2011	-20.3	-14.0	262	41
16101	2011-2012	-22.5	-16.4	248	40
16101	2012-2013	-18.2	-13.2	87	21
16101	2013-2014	-12.3	-7.2	88	25
16101	2014-2015	-16.7	-10.8	86	24
16101	2015-2016	-14.2	-9.2	107	35
16101	2016-2017	-17.8	-12.3	240	34
16101	2017-2018	-24	-14.9	166	42

16411	2000-2001	-10.7	-7.1	56	13
16411	2002-2003	-15.1	-10.5	89	27
16411	2003-2004	-11.9	-8.7	57	22
16411	2004-2005	-15.1	-10.5	107	23
16411	2005-2006	-15.9	-12.4	153	37
16411	2006-2007	-7.8	-5.6	13	5
16411	2008-2009	-14.5	-11.4	148	24
16411	2009-2010	-13.1	-10.3	175	44
16411	2010-2011	-12.4	-10.3	68	21
16411	2012-2013	-10.2	-8.2	52	15
16411	2013-2014	-8.7	-6.7	55	13
16411	2014-2015	-10.7	-7.8	30	6
16411	2015-2016	-10	-9.1	34	8
16411	2016-2017	-14.4	-10.2	153	28
16411	2017-2018	-16.9	-12.3	121	31
16412	2000-2001	-9	-5.5	22	10
16412	2001-2002	-12.9	-8.4	102	30
16412	2002-2003	-17.4	-12.0	77	16
16412	2003-2004	-11.7	-6.7	35	12
16412	2004-2005	-15.1	-9.6	67	16
16412	2005-2006	-15.4	-11.3	141	30
16412	2006-2007	-6.3	-2.7	5	9
16412	2007-2008	-9.7	-7.2	97	27
16412	2008-2009	-12	-9.9	110	22
16412	2009-2010	-14.3	-10.4	72	28
16412	2010-2011	-13.2	-8.4	49	12
16412	2011-2012	-13.8	-9.6	123	23
16412	2012-2013	-9.9	-6.3	23	9
16412	2013-2014	-6.9	-5.0	27	12
16412	2014-2015	-9.3	-5.8	21	4
16412	2015-2016	-8.4	-6.1	28	8
16412	2016-2017	-14.2	-8.3	142	35
16412	2017-2018	-15.2	-10.4	58	13
16421	2001-2002	-18.3	-13.5	312	62
16421	2002-2003	-17.2	-13.7	335	49
16421	2003-2004	-15.1	-13.1	239	42
16421	2004-2005	-18.2	-16.6	460	58
16421	2005-2006	-15	-13.7	404	71
16421	2006-2007	-11.8	-10.9	69	22
16421	2007-2008	-15.6	-11.6	80	20
16421	2008-2009	-14.9	-12.7	292	72
16421	2009-2010	-17.8	-14.6	350	50
16421	2010-2011	-15.9	-14.2	161	27
16421	2012-2013	-12.7	-11.4	269	60
16421	2013-2014	-10.5	-9.6	93	39
16421	2014-2015	-14.5	-12.7	209	56
16421	2015-2016	-12.7	-11.1	82	13

16421	2016-2017	-18	-16.4	195	24
16421	2017-2018	-20.5	-17.8	248	36
16511	2001-2002	-12.9	-9.1	163	44
16511	2002-2003	-14	-10.2	75	23
16511	2003-2004	-11.1	-7.3	47	14
16511	2004-2005	-14	-9.0	77	17
16511	2005-2006	-14.8	-12.0	162	38
16511	2006-2007	-7.2	-4.3	10	4
16511	2008-2009	-14.7	-10.8	135	24
16511	2009-2010	-13.5	-10.4	140	45
16511	2010-2011	-12.9	-9.1	57	12
16511	2011-2012	-14.4	-11.5	153	23
16511	2012-2013	-9.5	-7.3	46	19
16511	2013-2014	-8.6	-6.5	47	13
16511	2014-2015	-9.9	-7.5	29	6
16511	2015-2016	-9.5	-7.9	37	9
16511	2016-2017	-14.2	-9.3	152	34
16511	2017-2018	-14.9	-11.0	95	29
16800	2000-2001	-11.7	-7.3	28	12
16800	2001-2002	-21.7	-14.4	189	42
16800	2002-2003	-17.9	-12.5	98	19
16800	2003-2004	-14.5	-8.7	50	12
16800	2004-2005	-25.7	-16.8	93	19
16800	2005-2006	-20.6	-14.8	221	39
16800	2006-2007	-7.5	-4.1	11	7
16800	2007-2008	-11.9	-7.4	101	29
16800	2008-2009	-14.8	-9.8	119	24
16800	2009-2010	-19.8	-15.3	127	41
16800	2010-2011	-17	-12.3	74	12
16800	2011-2012	-16.3	-10.8	144	21
16800	2012-2013	-16	-9.4	39	16
16800	2013-2014	-8.6	-6.5	31	12
16800	2014-2015	-13.2	-7.4	27	13
16800	2015-2016	-12.4	-7.3	38	9
16800	2016-2017	-14.6	-9.5	166	35
16800	2017-2018	-15.6	-9.6	59	15
17002	2000-2001	-20.3	-14.7	285	48
17002	2001-2002	-22.3	-18.8	378	45
17002	2002-2003	-21.6	-17.7	450	60
17002	2003-2004	-21.1	-17.2	300	51
17002	2004-2005	-25.3	-19.5	797	118
17002	2005-2006	-21.8	-18.0	914	124
17002	2006-2007	-14.3	-12.0	121	25
17002	2007-2008	-20.4	-15.8	246	35
17002	2008-2009	-20.4	-16.2	685	111
17002	2010-2011	-18.6	-15.6	329	47
17002	2011-2012	-25.8	-22.1	503	78

17002	2012-2013	-21.5	-18.3	247	31
17002	2013-2014	-18.8	-14.6	217	52
17002	2014-2015	-17	-13.1	301	54
17002	2015-2016	-22.2	-19.0	135	32
17002	2016-2017	-21.8	-16.4	286	35
17002	2017-2018	-24.2	-18.3	306	53
17005	2001-2002	-22.5	-15.9	376	51
17005	2003-2004	-19.4	-18.0	373	53
17005	2004-2005	-25	-21.8	677	64
17005	2005-2006	-21.9	-19.0	1027	138
17005	2006-2007	-18.7	-15.8	283	66
17005	2007-2008	-19.3	-13.9	248	49
17005	2008-2009	-18.9	-16.2	917	135
17005	2009-2010	-21.7	-19.0	860	111
17005	2010-2011	-19.9	-19.0	408	51
17005	2011-2012	-25.4	-23.5	656	81
17005	2012-2013	-20.5	-17.3	697	104
17005	2013-2014	-18	-15.4	266	55
17005	2014-2015	-18.4	-15.6	603	100
17005	2015-2016	-20.3	-16.0	291	56
17005	2016-2017	-21.2	-18.3	438	87
17005	2017-2018	-26.4	-23.4	806	119
17301	2000-2001	-17.7	-14.9	392	73
17301	2001-2002	-20.5	-14.9	465	73
17301	2002-2003	-20.2	-16.5	568	94
17301	2003-2004	-19.1	-16.2	356	56
17301	2004-2005	-23.3	-19.9	757	91
17301	2005-2006	-21.1	-18.1	923	125
17301	2006-2007	-17	-13.8	122	39
17301	2007-2008	-17.3	-14.1	256	53
17301	2008-2009	-18.7	-14.6	748	132
17301	2009-2010	-21.9	-18.3	778	109
17301	2010-2011	-18.7	-16.9	504	71
17301	2011-2012	-25.9	-22.6	584	80
17301	2012-2013	-20.7	-17.4	460	68
17301	2013-2014	-18.1	-13.2	211	53
17301	2014-2015	-18	-13.6	431	75
17301	2015-2016	-19.5	-15.1	148	26
17301	2016-2017	-20.9	-17.6	320	55
17301	2017-2018	-23	-20.6	367	58
17315	2002-2003	-25	-21.6	1423	182
17315	2003-2004	-24.2	-22.4	1161	140
17315	2004-2005	-28.5	-25.7	1504	169
17315	2006-2007	-23	-17.8	814	129
17315	2009-2010	-25.6	-23.4	1449	151
17315	2010-2011	-24.4	-23.2	1175	136
17315	2011-2012	-26.8	-23.2	1257	166

17315	2012-2013	-25.9	-21.6	1326	135
17315	2013-2014	-21.8	-20.0	1020	180
17315	2014-2015	-21.1	-19.2	1114	151
17315	2015-2016	-24.3	-20.2	908	125
17315	2016-2017	-24.9	-21.3	1159	193
17315	2017-2018	-28.7	-26.1	1402	170
17901	2000-2001	-11.6	-8.9	59	16
17901	2001-2002	-16.9	-13.0	320	47
17901	2002-2003	-18.9	-13.3	229	52
17901	2003-2004	-18.9	-13.6	142	30
17901	2004-2005	-17.9	-12.6	188	31
17901	2005-2006	-20.2	-14.9	462	81
17901	2006-2007	-15.6	-7.1	64	13
17901	2007-2008	-14.2	-11.1	141	27
17901	2008-2009	-20	-15.9	252	27
17901	2009-2010	-17.8	-14.5	231	52
17901	2010-2011	-16.3	-11.4	84	13
17901	2011-2012	-16.6	-10.5	200	32
17901	2012-2013	-14.5	-9.9	123	41
17901	2013-2014	-11.5	-8.0	79	22
17901	2014-2015	-12.9	-7.3	43	14
17901	2015-2016	-12.5	-8.6	116	37
17901	2016-2017	-16.2	-10.2	206	33
17901	2017-2018	-17.2	-9.5	120	44
18111	2000-2001	-15.1	-12.8	114	25
18111	2001-2002	-17.7	-14.4	255	42
18111	2002-2003	-15.8	-13.2	270	51
18111	2003-2004	-18.8	-15.1	159	32
18111	2004-2005	-21.8	-15.6	499	104
18111	2005-2006	-19.6	-16.0	483	94
18111	2006-2007	-13.9	-9.8	67	26
18111	2007-2008	-14.7	-12.4	142	28
18111	2008-2009	-17.9	-14.6	267	41
18111	2009-2010	-15.9	-12.7	309	57
18111	2010-2011	-18.1	-12.7	157	26
18111	2011-2012	-20.2	-15.9	287	48
18111	2012-2013	-15.4	-10.5	124	30
18111	2013-2014	-10.3	-7.5	73	35
18111	2014-2015	-13	-8.8	129	37
18111	2015-2016	-14	-11.1	102	29
18111	2017-2018	-21	-15.3	184	36
18210	2000-2001	-9.9	-6.9	36	13
18210	2001-2002	-13.8	-10.3	212	44
18210	2002-2003	-14.6	-10.2	86	16
18210	2003-2004	-15	-9.9	70	17
18210	2004-2005	-16.7	-10.1	79	21
18210	2005-2006	-18	-12.4	301	70

18210	2006-2007	-11.9	-5.8	29	13
18210	2007-2008	-10.8	-7.0	85	27
18210	2008-2009	-13.8	-9.7	144	26
18210	2009-2010	-15	-12.4	169	51
18210	2010-2011	-13.3	-9.2	60	17
18210	2011-2012	-12.9	-10.3	173	30
18210	2012-2013	-11.4	-7.6	66	29
18210	2013-2014	-7.1	-3.4	25	21
18210	2016-2017	-13	-8.3	136	32
18210	2017-2018	-14.6	-10.8	83	28
18225	2000-2001	-9.7	-7.0	37	14
18225	2001-2002	-15.5	-12.4	293	48
18225	2002-2003	-17.2	-12.3	110	17
18225	2003-2004	-17.2	-12.6	145	34
18225	2004-2005	-16.6	-10.3	137	31
18225	2005-2006	-22.3	-14.9	438	71
18225	2006-2007	-13.6	-6.8	67	26
18225	2007-2008	-13.1	-9.5	124	27
18225	2008-2009	-17.1	-13.4	190	30
18225	2009-2010	-17.3	-14.6	169	42
18225	2010-2011	-16.8	-11.3	81	25
18225	2011-2012	-14.4	-9.9	197	38
18225	2012-2013	-13.5	-9.2	110	43
18225	2013-2014	-8.8	-5.1	64	24
18225	2014-2015	-12.4	-6.9	50	16
18225	2015-2016	-11.2	-8.1	128	46
18225	2016-2017	-16.7	-10.5	289	60
18225	2017-2018	-15.6	-10.7	101	41
18705	2000-2001	-9.8	-5.7	25	11
18705	2001-2002	-18	-13.7	318	50
18705	2002-2003	-23.3	-18.4	133	19
18705	2003-2004	-14.9	-10.3	119	29
18705	2004-2005	-18.2	-11.3	168	44
18705	2005-2006	-24	-17.2	425	69
18705	2006-2007	-6.4	-3.3	32	22
18705	2007-2008	-12.6	-9.7	157	28
18705	2008-2009	-15.3	-10.5	130	26
18705	2009-2010	-18.5	-12.4	164	47
18705	2010-2011	-16.9	-11.3	128	27
18705	2011-2012	-17.1	-11.2	207	43
18705	2012-2013	-17.2	-12.3	82	13
18705	2013-2014	-7.4	-4.9	27	10
18705	2014-2015	-15	-9.9	62	20
18705	2015-2016	-13.5	-8.5	71	35
18705	2016-2017	-15.5	-10.0	244	31
18705	2017-2018	-16.7	-10.4	72	24
18805	2000-2001	-13.5	-9.8	101	24

18805	2001-2002	-15.2	-11.4	258	51
18805	2002-2003	-17.2	-13.1	265	52
18805	2004-2005	-19.4	-13.7	329	58
18805	2005-2006	-17.3	-13.4	413	86
18805	2006-2007	-10.8	-7.3	29	7
18805	2007-2008	-13.7	-8.5	104	33
18805	2008-2009	-14.6	-10.6	197	40
18805	2009-2010	-15.8	-13.2	278	55
18805	2010-2011	-15.1	-12.2	85	17
18805	2011-2012	-17.4	-14.5	307	62
18805	2012-2013	-12.7	-9.3	107	25
18805	2013-2014	-9.6	-6.2	45	15
18805	2014-2015	-12.4	-9.3	82	28
18805	2015-2016	-12	-9.5	62	12
18805	2016-2017	-17	-11.9	186	34
18805	2017-2018	-20.1	-14.9	188	34
19205	2000-2001	-10.1	-5.7	30	11
19205	2001-2002	-15.2	-9.8	162	41
19205	2002-2003	-20.4	-14.2	91	18
19205	2003-2004	-12.6	-7.4	48	9
19205	2004-2005	-18.3	-11.6	105	23
19205	2005-2006	-19.9	-13.8	206	38
19205	2006-2007	-7.5	-3.8	13	15
19205	2007-2008	-9.7	-6.8	108	29
19205	2008-2009	-13.5	-9.3	116	24
19205	2009-2010	-18.2	-12.9	125	42
19205	2010-2011	-11.7	-8.6	63	12
19205	2011-2012	-17.9	-11.4	148	23
19205	2012-2013	-13	-8.0	34	16
19205	2013-2014	-8.7	-6.5	37	14
19205	2014-2015	-11.7	-7.4	26	7
19205	2015-2016	-10	-7.1	37	9
19205	2016-2017	-15.7	-8.9	168	35
19205	2017-2018	-17.6	-11.6	68	16
19505	2000-2001	-15.6	-12.0	126	23
19505	2001-2002	-17.3	-14.3	354	66
19505	2002-2003	-16.8	-13.3	310	55
19505	2003-2004	-20	-17.4	318	58
19505	2004-2005	-21.6	-13.9	595	105
19505	2005-2006	-19.3	-15.4	585	93
19505	2006-2007	-13.1	-9.1	98	24
19505	2007-2008	-16.2	-14.0	206	36
19505	2008-2009	-18.7	-15.8	418	73
19505	2009-2010	-20	-16.5	355	56
19505	2010-2011	-17.7	-15.2	163	27
19505	2011-2012	-18.2	-14.4	432	76
19505	2012-2013	-17	-12.4	234	51

19505	2013-2014	-13.7	-10.2	132	27
19505	2014-2015	-12.9	-8.7	116	28
19505	2015-2016	-14.1	-10.6	139	30
19505	2016-2017	-18	-13.2	245	33
19505	2017-2018	-19.9	-13.1	165	42
19700	2000-2001	-11.8	-8.8	56	17
19700	2001-2002	-16.4	-13.8	330	46
19700	2002-2003	-17.4	-12.7	222	52
19700	2003-2004	-17.9	-13.3	157	32
19700	2004-2005	-18.3	-11.4	197	32
19700	2005-2006	-20.1	-14.3	432	71
19700	2006-2007	-11.7	-7.5	68	18
19700	2007-2008	-14.7	-11.7	173	32
19700	2008-2009	-17.9	-14.8	227	30
19700	2009-2010	-18.2	-15.7	222	53
19700	2010-2011	-15.9	-12.3	99	13
19700	2011-2012	-15.3	-10.5	206	41
19700	2012-2013	-13.9	-10.2	135	44
19700	2013-2014	-9.1	-6.6	94	26
19700	2014-2015	-12.6	-8.3	55	19
19700	2015-2016	-12.1	-8.4	175	46
19700	2016-2017	-17	-12.0	326	60
19700	2017-2018	-15.4	-9.9	114	43
19720	2000-2001	-10.5	-7.9	42	12
19720	2001-2002	-14.4	-11.4	227	43
19720	2002-2003	-14.6	-11.3	114	26
19720	2003-2004	-15.5	-11.2	80	18
19720	2004-2005	-18.2	-11.4	93	21
19720	2005-2006	-17.1	-12.3	299	68
19720	2006-2007	-11.4	-6.4	42	13
19720	2007-2008	-10.7	-7.1	89	29
19720	2010-2011	-13.4	-9.4	70	17
19720	2011-2012	-14.6	-11.5	163	22
19720	2012-2013	-12.3	-8.1	64	20
19720	2013-2014	-7.5	-3.8	28	19
19720	2014-2015	-9.9	-6.7	40	15
19720	2015-2016	-9.5	-6.8	36	11
19720	2016-2017	-14.8	-10.2	150	33
19720	2017-2018	-13.1	-11.1	98	28
19821	2000-2001	-13.4	-8.3	57	15
19821	2001-2002	-15.8	-11.7	273	45
19821	2003-2004	-19.4	-13.2	173	33
19821	2004-2005	-23.8	-14.1	395	71
19821	2005-2006	-21.3	-14.3	430	71
19821	2006-2007	-15.6	-8.3	60	13
19821	2007-2008	-14	-9.7	111	33
19821	2008-2009	-16.1	-11.2	187	32

19821	2009-2010	-19.4	-14.6	266	57
19821	2010-2011	-17.1	-11.1	106	19
19821	2011-2012	-18	-12.8	346	67
19821	2012-2013	-17.6	-10.8	179	46
19821	2013-2014	-10.6	-5.2	60	23
19821	2014-2015	-12.7	-8.0	69	18
19821	2015-2016	-11.6	-8.7	58	12
19821	2016-2017	-17.7	-10.7	201	33
19821	2017-2018	-21.1	-13.9	179	49
20021	2000-2001	-18.5	-16.7	561	92
20021	2002-2003	-18.6	-16.2	669	95
20021	2003-2004	-18.7	-17.5	432	54
20021	2004-2005	-23.1	-22.0	672	63
20021	2005-2006	-17.9	-15.9	1062	129
20021	2006-2007	-15.1	-14.4	222	50
20021	2007-2008	-16.4	-13.6	394	69
20021	2008-2009	-19.8	-17.2	888	140
20021	2009-2010	-21	-19.2	918	115
20021	2010-2011	-19.4	-17.9	435	55
20021	2011-2012	-22.9	-21.7	717	84
20021	2012-2013	-17.6	-15.7	917	134
20021	2013-2014	-15.1	-14.6	271	60
20021	2015-2016	-16.6	-14.6	285	56
20021	2016-2017	-20.8	-19.7	367	55
20021	2017-2018	-23.9	-22.3	489	66
20105	2000-2001	-11.3	-9.1	55	19
20105	2001-2002	-13.7	-11.0	238	49
20105	2002-2003	-16.3	-12.3	220	50
20105	2003-2004	-14.8	-11.3	127	31
20105	2004-2005	-18.1	-12.7	123	26
20105	2005-2006	-16.7	-13.5	352	85
20105	2007-2008	-11.6	-7.4	86	31
20105	2008-2009	-13.1	-10.1	152	25
20105	2009-2010	-15.8	-13.3	232	54
20105	2010-2011	-13.7	-11.0	80	17
20105	2011-2012	-16.3	-13.2	220	37
20105	2012-2013	-11.8	-8.6	89	24
20105	2013-2014	-7.5	-4.6	34	13
20105	2014-2015	-10.4	-8.4	53	15
20105	2015-2016	-10.6	-8.5	51	11
20105	2016-2017	-14.4	-10.5	164	33
20105	2017-2018	-17.6	-13.8	149	32
20123	2000-2001	-9.7	-6.7	27	10
20123	2001-2002	-15.7	-11.1	265	45
20123	2002-2003	-15.8	-11.5	93	16
20123	2003-2004	-15.6	-10.0	72	15
20123	2004-2005	-17.8	-10.6	78	18

20123	2005-2006	-19.7	-13.8	328	67
20123	2006-2007	-7.7	-3.7	23	12
20123	2007-2008	-12	-6.6	95	26
20123	2008-2009	-15.1	-10.4	145	30
20123	2009-2010	-16.9	-13.0	109	30
20123	2010-2011	-15.5	-10.0	67	12
20123	2011-2012	-14.6	-10.3	176	36
20123	2012-2013	-13.9	-9.4	66	26
20123	2013-2014	-7.6	-3.7	23	12
20123	2014-2015	-13.9	-8.7	59	15
20123	2015-2016	-10.2	-6.7	57	34
20123	2016-2017	-15.4	-9.6	179	34
20123	2017-2018	-14.6	-10.3	57	19
20212	2000-2001	-9.3	-6.4	32	11
20212	2002-2003	-18.2	-13.7	115	18
20212	2003-2004	-16.4	-11.1	126	32
20212	2004-2005	-18.7	-11.3	153	43
20212	2005-2006	-21.5	-16.2	413	68
20212	2006-2007	-7.3	-3.9	37	23
20212	2007-2008	-11.8	-7.2	116	28
20212	2008-2009	-14.4	-9.7	128	29
20212	2009-2010	-18	-13.7	161	49
20212	2010-2011	-15	-10.8	89	26
20212	2011-2012	-15.4	-10.3	203	42
20212	2012-2013	-15.8	-11.8	79	13
20212	2013-2014	-7.6	-4.9	31	13
20212	2014-2015	-16.4	-9.9	74	22
20212	2015-2016	-10.8	-7.0	99	35
20212	2016-2017	-15.7	-10.6	215	33
20212	2017-2018	-16.8	-11.4	72	21
20220	2000-2001	-9	-6.0	27	10
20220	2001-2002	-13.2	-9.3	228	45
20220	2002-2003	-15	-10.8	78	15
20220	2003-2004	-13.3	-9.4	67	14
20220	2004-2005	-18.3	-11.0	121	41
20220	2005-2006	-18.7	-14.0	312	66
20220	2006-2007	-7.3	-3.6	18	12
20220	2007-2008	-9.4	-6.0	80	26
20220	2008-2009	-11.8	-8.2	109	26
20220	2009-2010	-13.3	-10.7	102	35
20220	2010-2011	-11.9	-8.7	57	13
20220	2011-2012	-15.7	-9.8	175	39
20220	2012-2013	-11	-8.4	54	12
20220	2013-2014	-6.1	-3.8	18	13
20220	2014-2015	-9.2	-6.5	45	16
20220	2016-2017	-13.5	-8.3	158	33
20220	2017-2018	-16	-10.9	61	20

20270	2002-2003	-17.7	-12.5	112	16
20270	2003-2004	-17.2	-11.5	126	30
20270	2004-2005	-19.4	-11.7	159	42
20270	2005-2006	-21.2	-15.0	393	70
20270	2006-2007	-9.4	-5.0	36	23
20270	2007-2008	-12.8	-7.8	119	27
20270	2008-2009	-15.9	-11.2	149	29
20270	2009-2010	-18.6	-14.6	160	49
20270	2010-2011	-15.7	-10.6	81	13
20270	2011-2012	-14.7	-10.7	271	66
20270	2012-2013	-15	-10.6	87	30
20270	2013-2014	-8.6	-5.5	32	14
20270	2014-2015	-15	-8.6	72	18
20270	2015-2016	-11.2	-7.8	88	36
20270	2016-2017	-16.5	-10.4	266	59
20270	2017-2018	-17.4	-11.7	75	21
21300	2000-2001	-10.2	-7.8	37	11
21300	2001-2002	-16.1	-12.6	251	47
21300	2002-2003	-17.4	-14.4	121	30
21300	2003-2004	-16.3	-11.7	72	17
21300	2004-2005	-19.4	-12.5	181	42
21300	2005-2006	-20.7	-15.5	368	68
21300	2006-2007	-9.8	-6.3	56	19
21300	2007-2008	-11.5	-7.2	116	26
21300	2008-2009	-15.2	-11.3	153	27
21300	2009-2010	-16.8	-13.8	175	49
21300	2010-2011	-14.8	-11.4	75	18
21300	2011-2012	-15.3	-11.4	210	45
21300	2012-2013	-14.9	-10.8	76	13
21300	2013-2014	-8.8	-6.2	63	22
21300	2014-2015	-11.2	-8.0	50	16
21300	2015-2016	-11.1	-8.1	83	35
21300	2016-2017	-15.4	-10.4	192	34
21300	2017-2018	-18.3	-12.3	102	29

Anhang B

Tabelle 5.2: Der Winter mit dem maximalen Frostindex für jede Wetterstation mit den zugehörigen Klimaparametern

Stationsnummer	Winter	min Stunden-temperatur [°C]	min Tage-smittel-temperatur [°C]	Frostindex [°Cd]	Frostperiode [d]
3202	2011-2012	-15.1	-10.4	120	18
5925	2011-2012	-14.0	-11.2	124	20
11104	2011-2012	-16.0	-12.1	125	16

11112	2011-2012	-17.6	-13.3	134	16
7955	2011-2012	-14.6	-11.4	141	20
16412	2016-2017	-14.2	-8.3	142	35
5904	2005-2006	-16.1	-13.4	143	29
7704	2005-2006	-15.8	-13.2	147	29
5935	2005-2006	-16.2	-13.7	148	29
5805	2005-2006	-18.2	-13.7	155	28
6305	2011-2012	-18.3	-13.6	159	20
5917	2005-2006	-16.2	-13.3	161	29
16511	2001-2002	-12.9	-9.1	163	44
5012	2016-2017	-12.9	-9.8	163	34
5972	2005-2006	-16.8	-14.4	165	29
3805	2005-2006	-18.3	-13.8	170	28
4081	2005-2006	-18.0	-13.5	170	29
7710	2005-2006	-17.5	-13.6	173	30
16411	2009-2010	-13.1	-10.3	175	44
4905	2005-2006	-15.3	-11.9	176	27
10510	2011-2012	-17.4	-13.0	177	23
4030	2005-2006	-17.8	-13.9	177	30
3811	2005-2006	-17.8	-14.3	183	30
4305	2001-2002	-18.8	-14.0	188	41
4501	2005-2006	-15.9	-10.9	189	30
11115	2001-2002	-14.5	-12.0	191	35
13605	2005-2006	-19.2	-13.3	195	35
905	2005-2006	-19.1	-15.5	197	33
19205	2005-2006	-19.9	-13.8	206	38
2910	2005-2006	-15.9	-11.6	207	35
6415	2005-2006	-17.7	-12.8	210	33
7604	2005-2006	-18.3	-14.5	213	32
2503	2005-2006	-20.3	-16.8	215	32
16800	2005-2006	-20.6	-14.8	221	39
11803	2005-2006	-14.3	-11.7	226	57
4705	2005-2006	-16.7	-12.8	231	38
14403	2005-2006	-15.1	-12.3	253	63
7610	2005-2006	-18.0	-13.8	255	63
10500	2009-2010	-14.3	-11.9	257	47
2415	2005-2006	-20.1	-18.1	259	50
1906	2005-2006	-20.9	-16.3	260	46
13515	2011-2012	-17.4	-15.2	260	41
7531	2009-2010	-15.0	-12.0	262	46
7505	2005-2006	-22.7	-17.0	268	45
4815	2005-2006	-16.6	-14.0	273	60
11135	2005-2006	-15.8	-11.7	279	62
11901	2005-2006	-16.2	-12.6	286	59
9016	2005-2006	-16.3	-12.7	288	58
13120	2004-2005	-20.1	-14.1	296	59
11804	2005-2006	-17.3	-13.4	300	61

18210	2005-2006	-18.0	-12.4	301	70
5625	2005-2006	-17.5	-15.3	303	77
20220	2005-2006	-18.7	-14.0	312	66
3702	2005-2006	-17.7	-16.4	313	74
1920	2005-2006	-24.6	-16.5	315	47
19720	2005-2006	-17.1	-12.3	315	68
11505	2005-2006	-17.7	-11.9	321	65
9919	2005-2006	-21.9	-15.4	321	62
9211	2005-2006	-17.5	-12.7	326	64
20123	2005-2006	-19.7	-13.8	328	67
9811	2001-2002	-20.7	-17.7	332	42
20105	2005-2006	-16.7	-13.5	352	85
1415	2005-2006	-17.3	-12.9	357	81
15210	2005-2006	-14.4	-11.7	357	72
15501	2011-2012	-19.5	-15.6	358	72
500	2005-2006	-24.0	-13.2	359	80
21300	2005-2006	-20.7	-15.5	368	68
9801	2005-2006	-24.0	-19.2	389	50
20270	2005-2006	-21.2	-15.0	393	70
12513	2005-2006	-16.6	-12.7	398	86
10200	2005-2006	-21.0	-15.4	398	79
12504	2005-2006	-16.9	-12.9	405	82
20212	2005-2006	-21.5	-16.2	413	68
18805	2005-2006	-17.3	-13.4	413	86
18705	2005-2006	-24.0	-17.2	425	69
12322	2005-2006	-18.9	-13.8	425	69
19821	2005-2006	-21.3	-14.3	430	71
19700	2005-2006	-20.1	-14.3	432	71
15430	2011-2012	-21.7	-19.8	435	64
18225	2005-2006	-22.3	-14.9	438	71
16421	2004-2005	-18.2	-16.6	460	58
10550	2004-2005	-17.9	-15.6	461	61
17901	2005-2006	-20.2	-14.9	462	81
15920	2005-2006	-20.7	-14.4	468	87
7110	2005-2006	-26.1	-20.3	468	81
11305	2004-2005	-23.0	-18.1	469	61
9215	2004-2005	-19.6	-17.8	479	57
15105	2005-2006	-16.7	-15.4	481	91
6611	2011-2012	-21.6	-20.5	482	67
10415	2005-2006	-19.4	-14.9	483	93
9700	2005-2006	-22.7	-16.4	484	89
16015	2005-2006	-21.9	-15.4	490	90
18111	2004-2005	-21.8	-15.6	499	104
10412	2011-2012	-21.5	-20.7	515	69
12215	2004-2005	-20.8	-18.5	535	58
12711	2005-2006	-16.3	-12.4	562	117
16101	2005-2006	-24.6	-17.9	563	87

15402	2005-2006	-20.7	-16.4	565	88
15721	2005-2006	-22.1	-15.7	572	95
19505	2004-2005	-21.6	-13.9	595	105
12311	2009-2010	-20.1	-17.4	713	99
15715	2005-2006	-17.1	-13.6	734	121
11706	2005-2006	-24.0	-19.2	808	120
15610	2005-2006	-16.5	-15.2	896	120
17002	2005-2006	-21.8	-18.0	914	124
17301	2005-2006	-21.1	-18.1	923	125
14305	2005-2006	-19.9	-17.8	1004	140
17005	2005-2006	-21.9	-19.0	1027	138
20021	2005-2006	-17.9	-15.9	1062	129
14812	2005-2006	-20.5	-18.5	1146	148
15321	2005-2006	-21.6	-19.4	1235	148
17315	2004-2005	-28.5	-25.7	1504	169

Anhang C

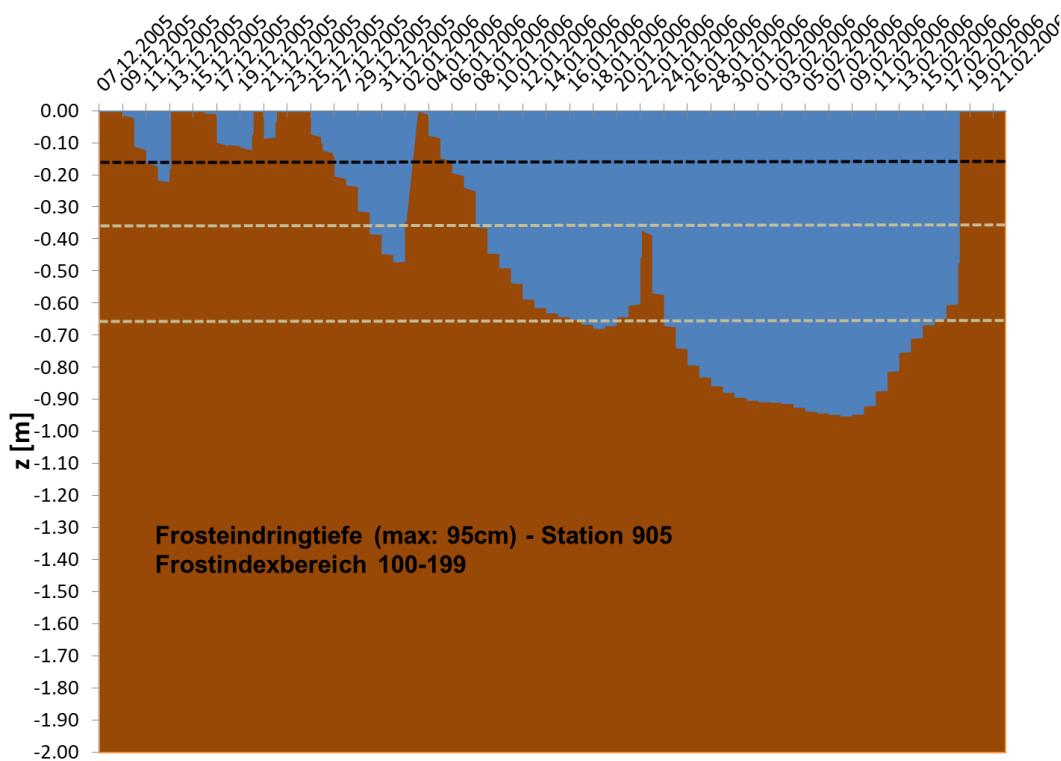


Abbildung 5.1: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 905

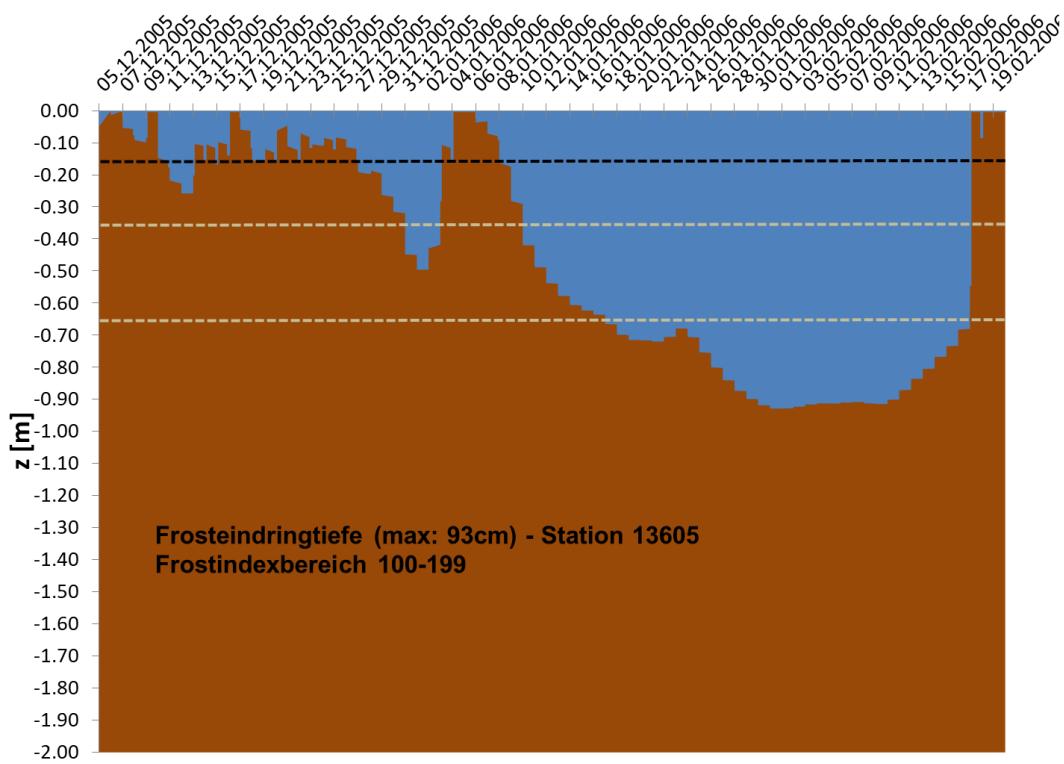


Abbildung 5.2: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 13605

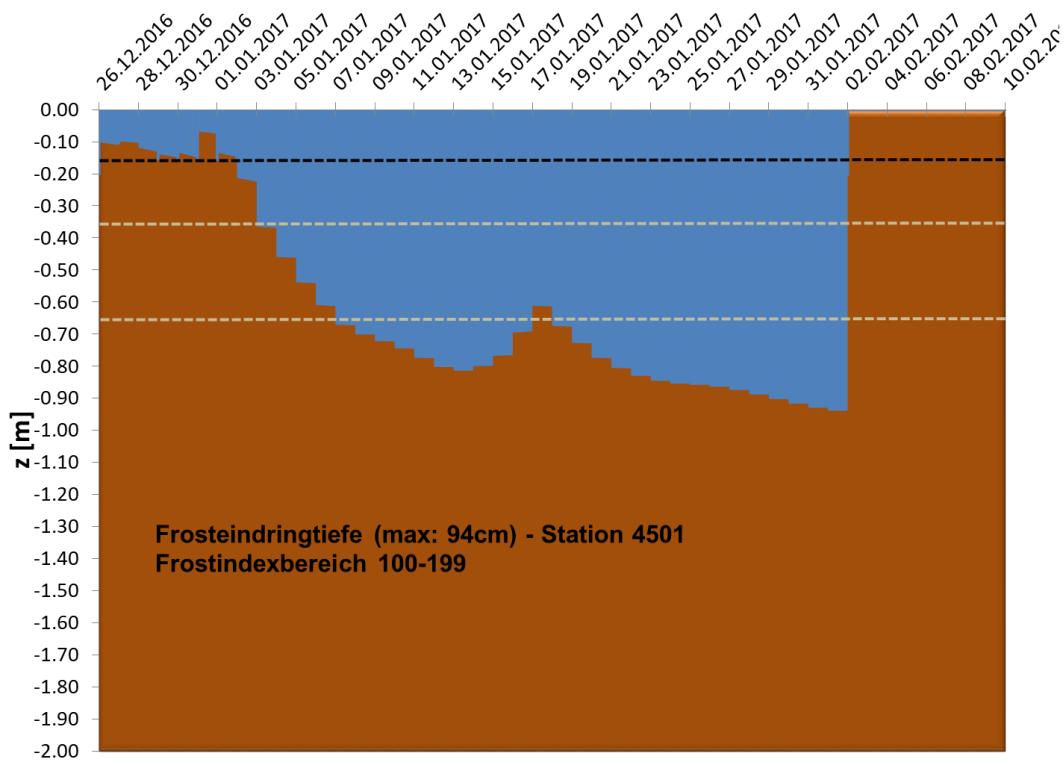


Abbildung 5.3: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 4501

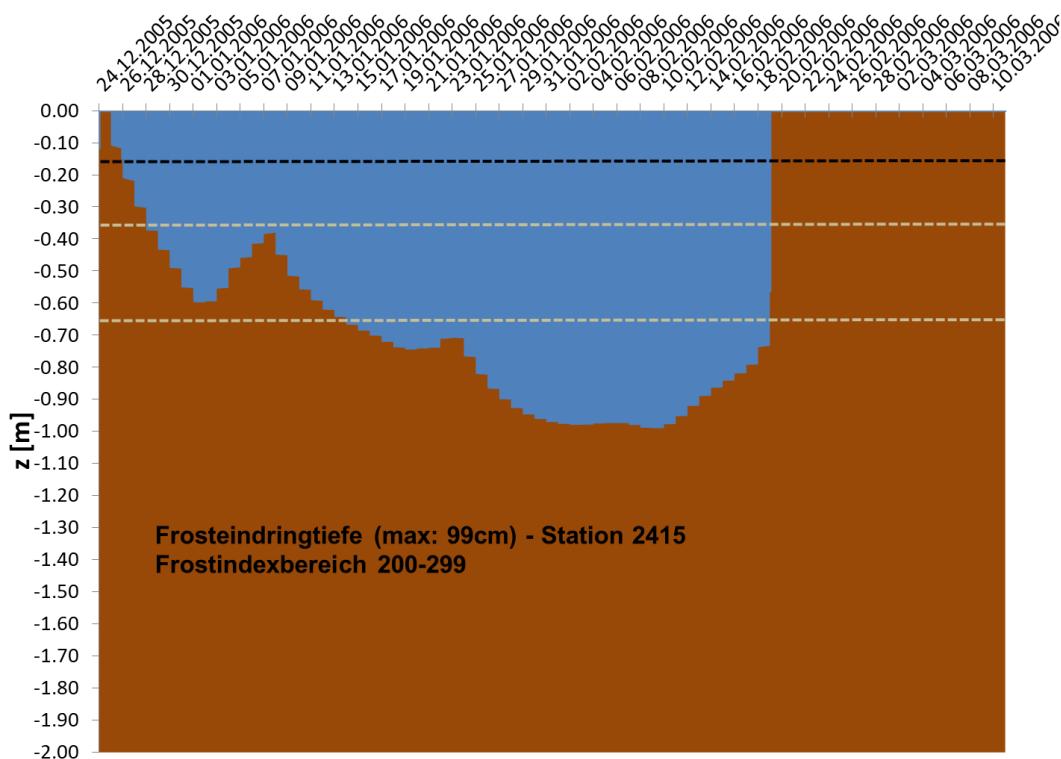


Abbildung 5.4: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 2415

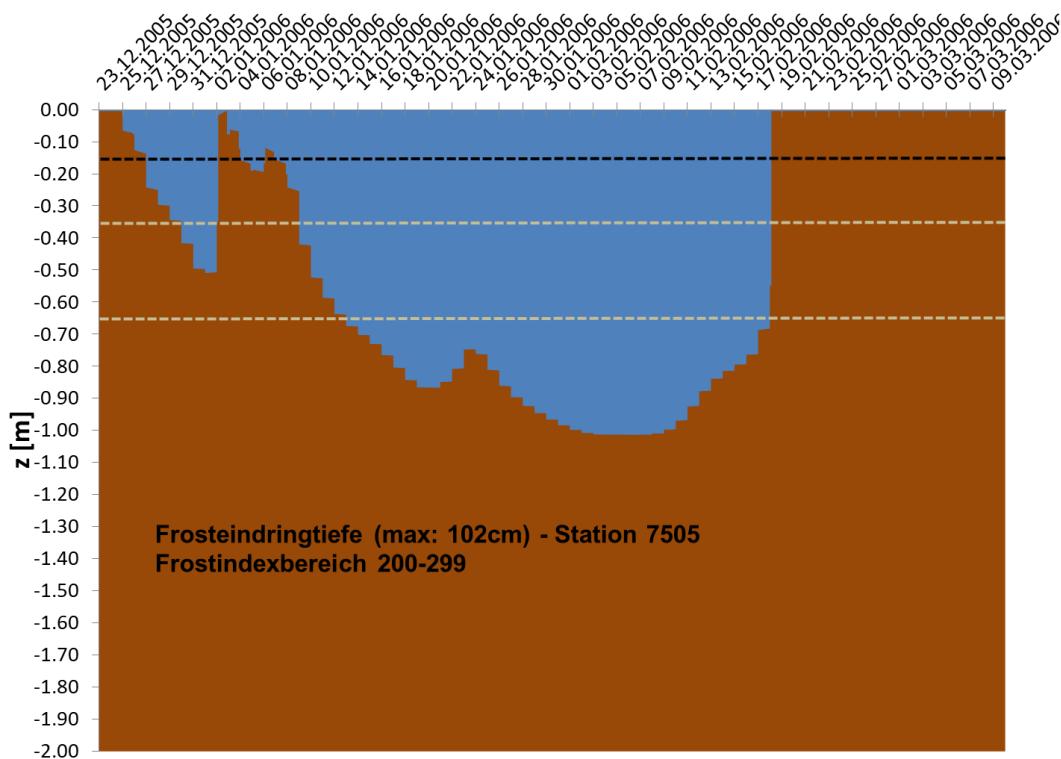


Abbildung 5.5: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 7505

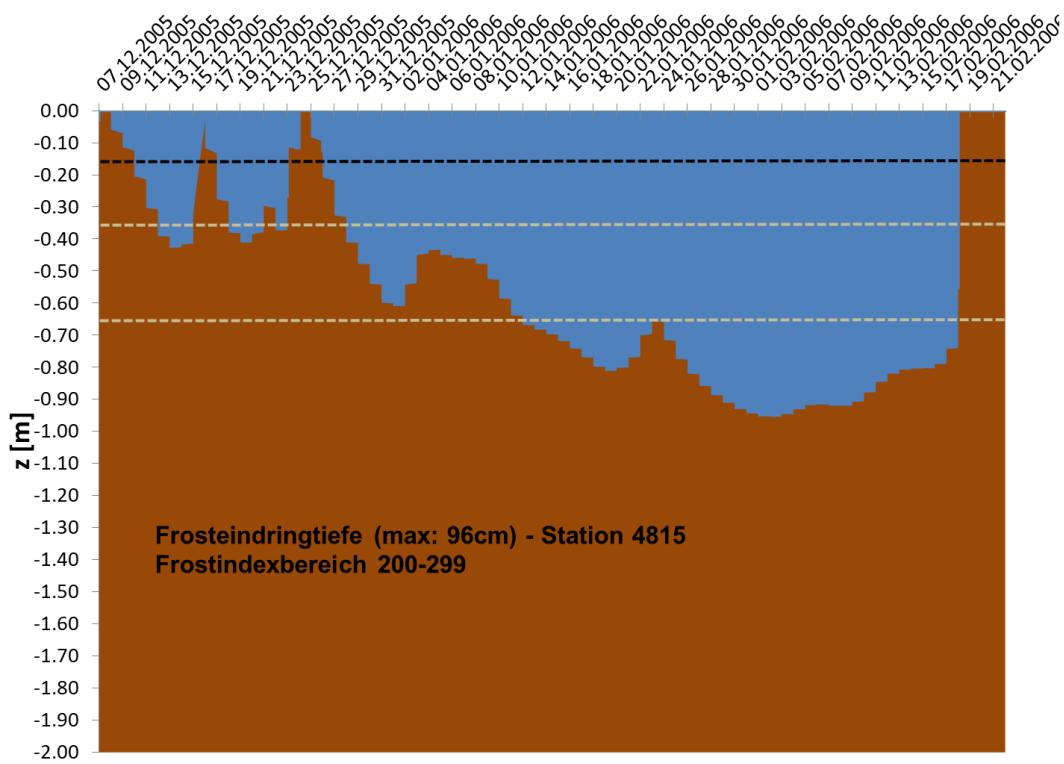


Abbildung 5.6: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 4815

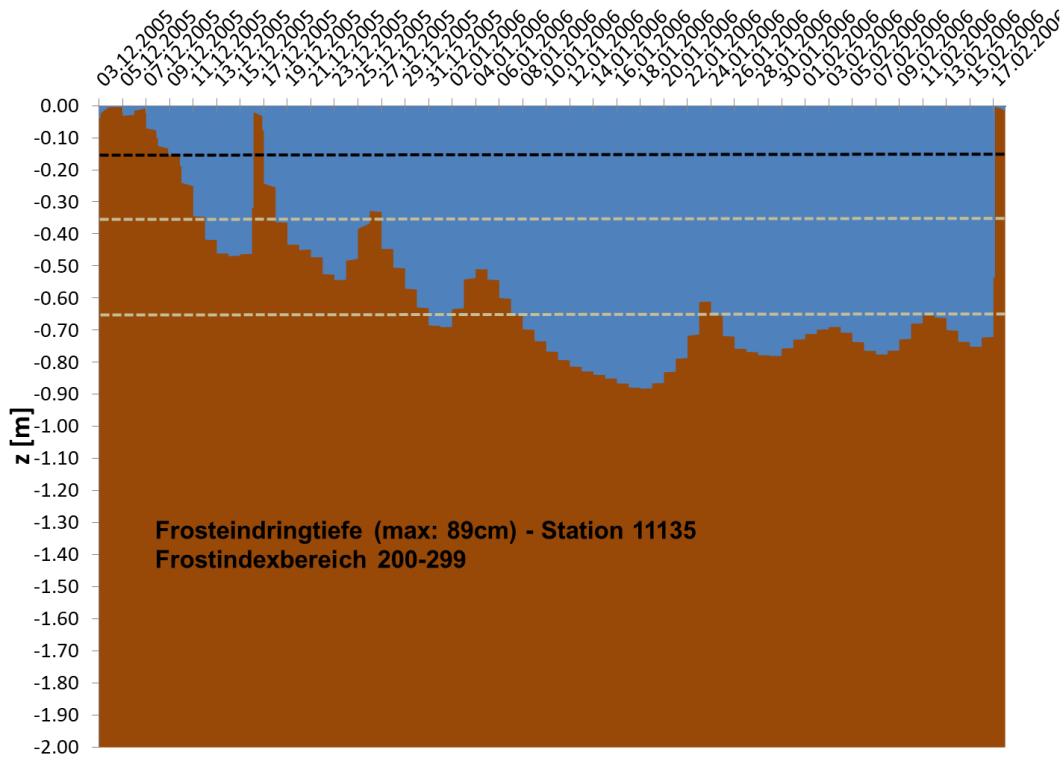


Abbildung 5.7: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 11135

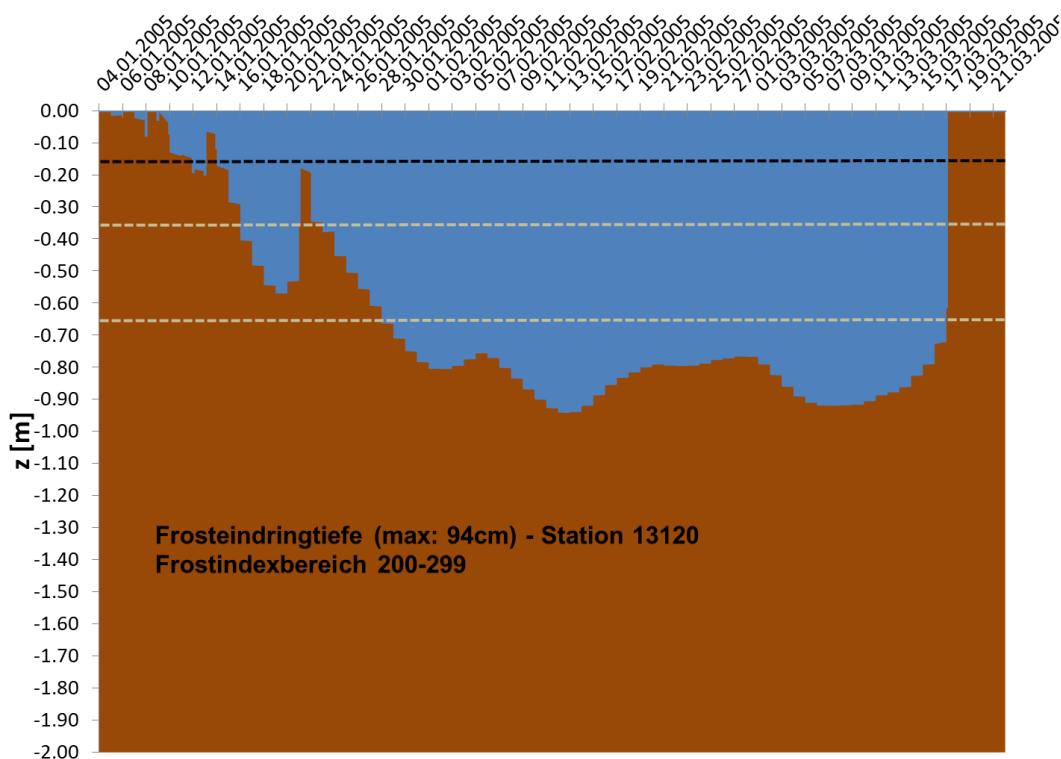


Abbildung 5.8: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 13120

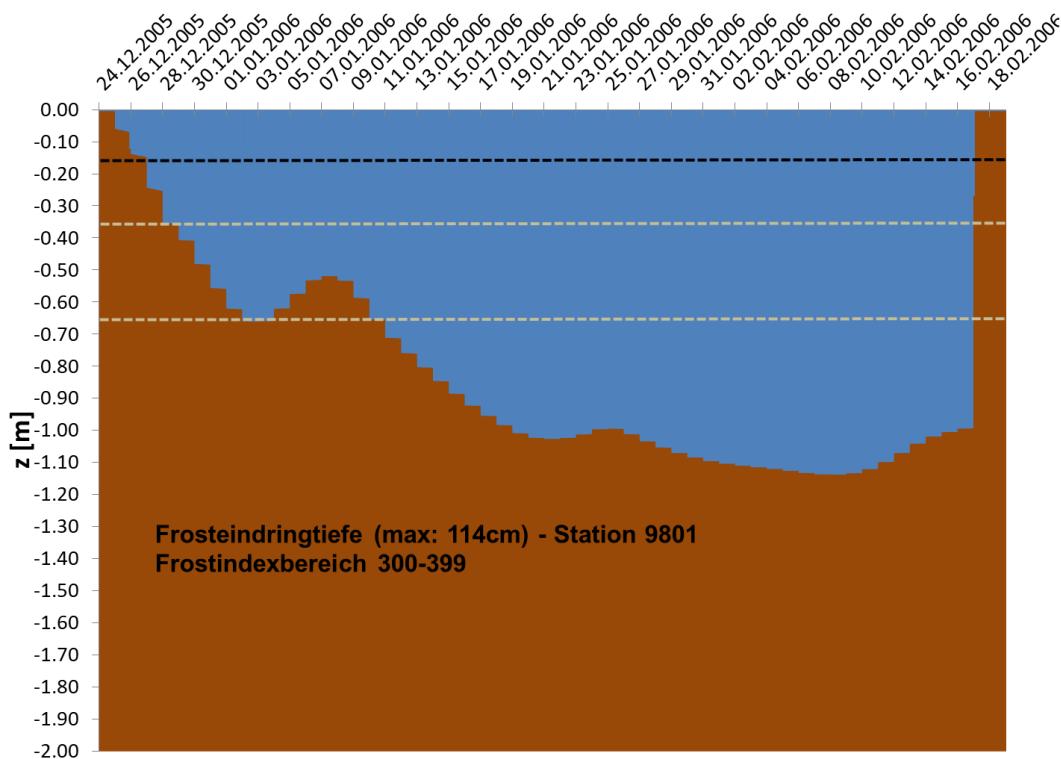


Abbildung 5.9: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 9801

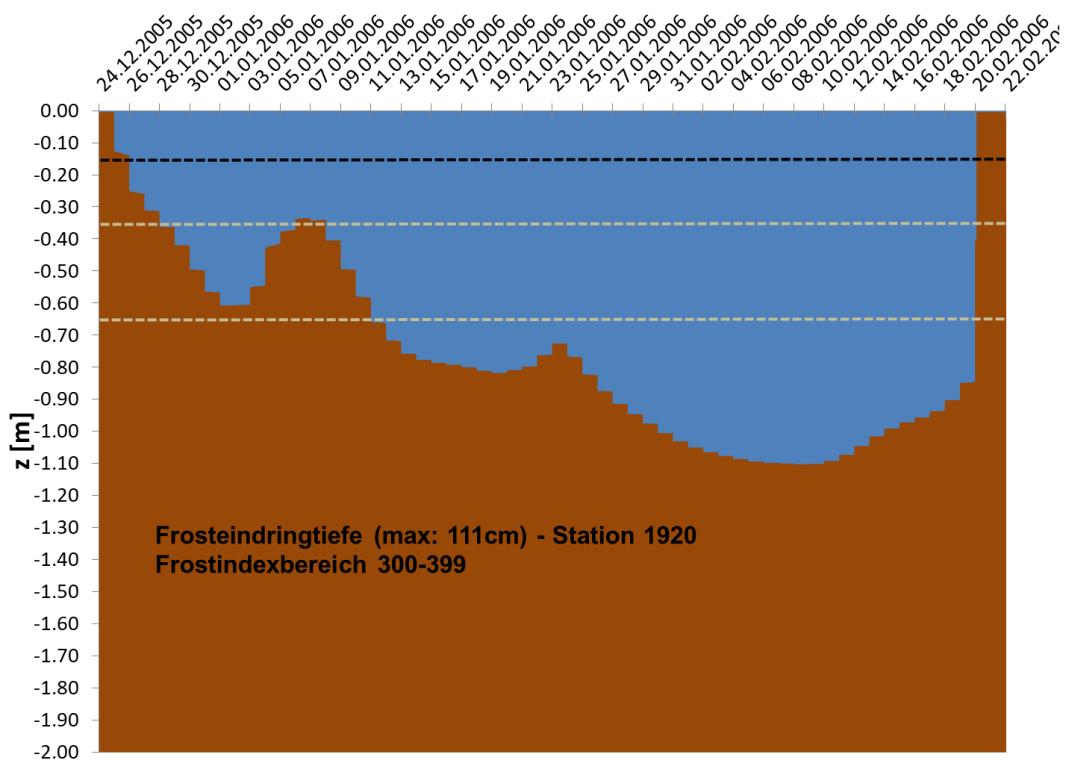


Abbildung 5.10: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 1920

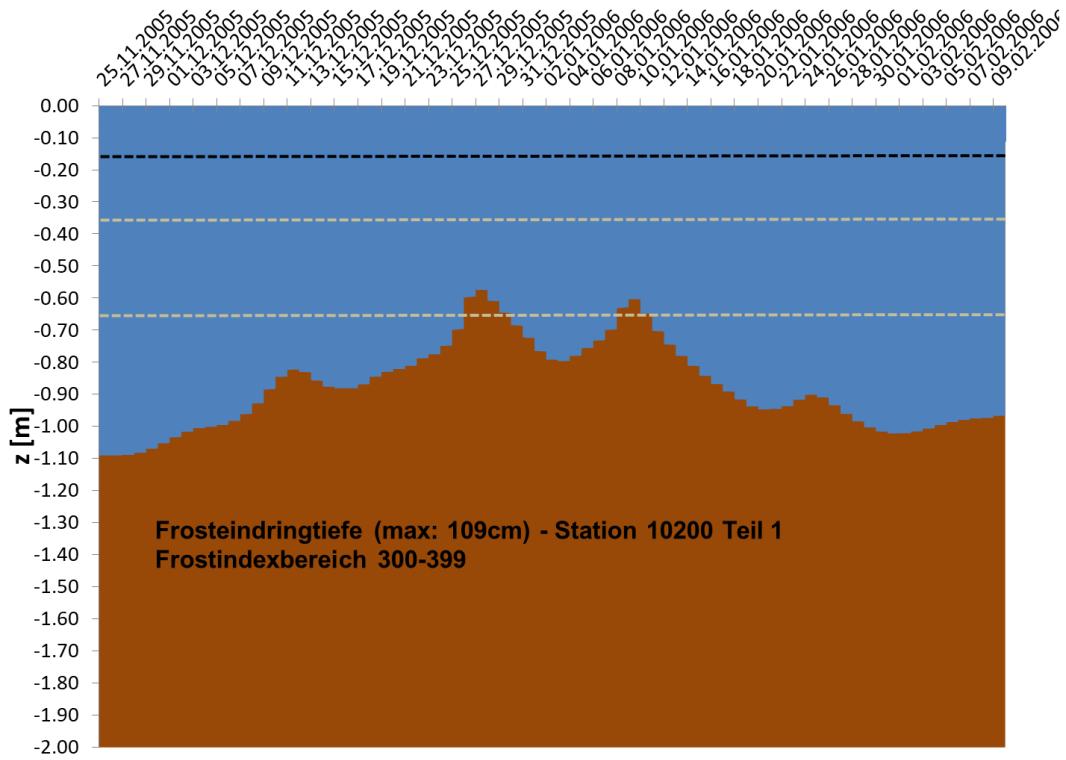


Abbildung 5.11: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 10200 Teil 1

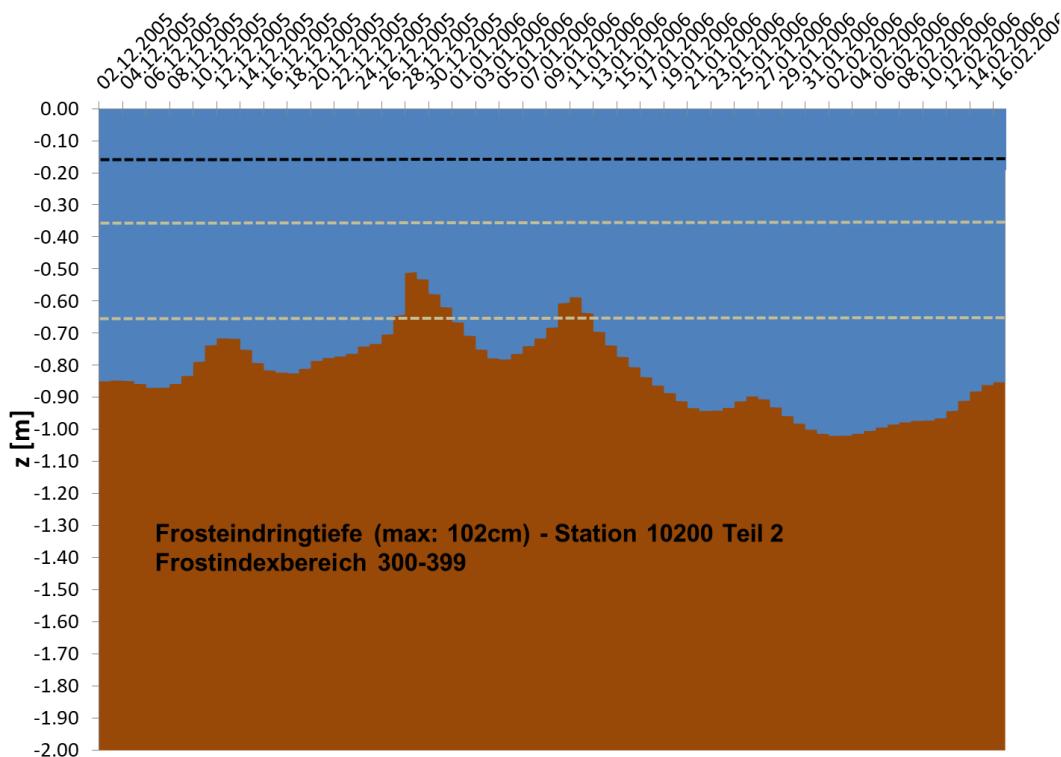


Abbildung 5.12: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 10200 Teil 2

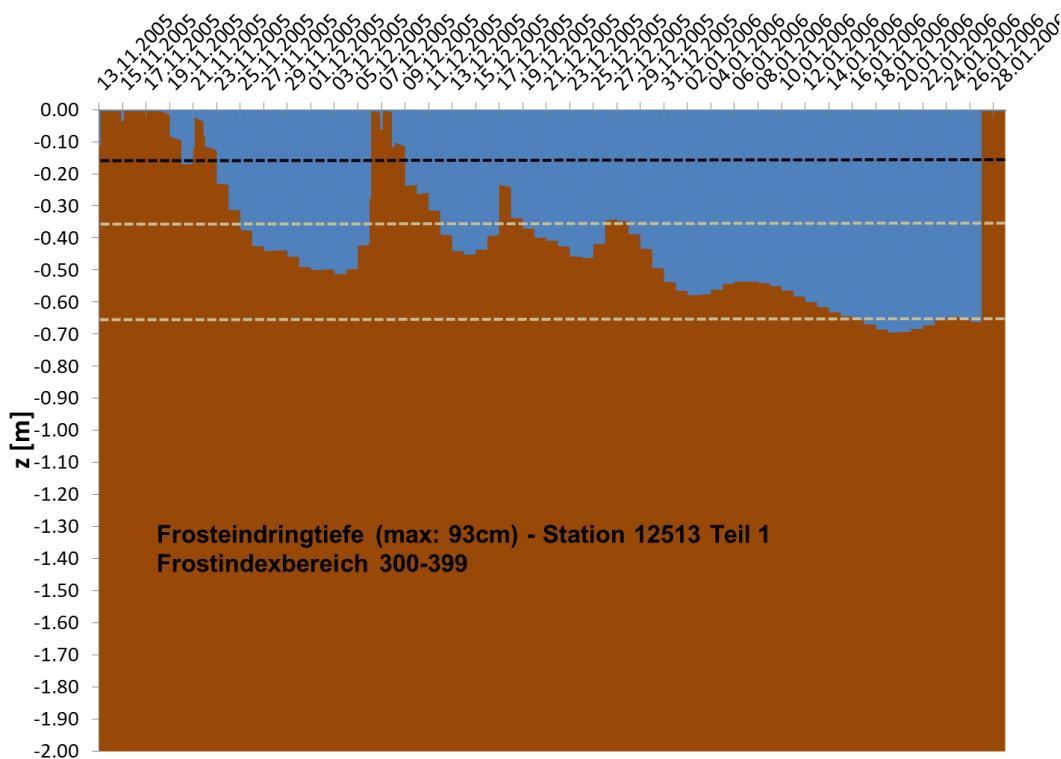


Abbildung 5.13: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12513 Teil 1

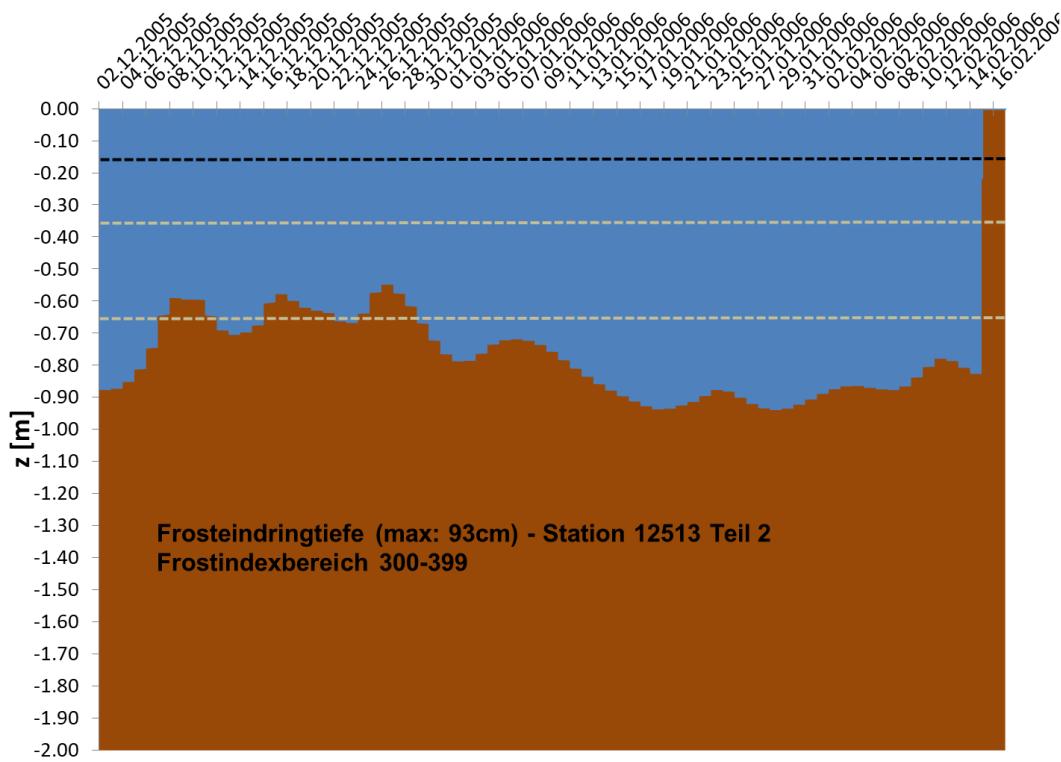


Abbildung 5.14: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12513 Teil 2

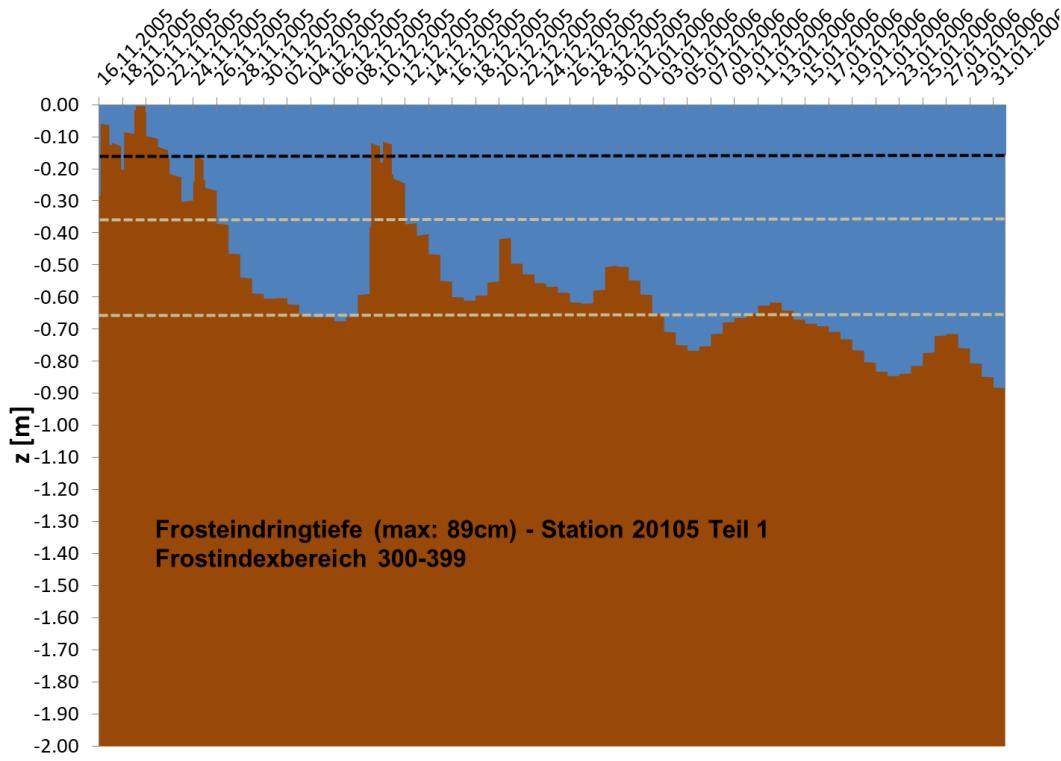


Abbildung 5.15: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 20105 Teil 1

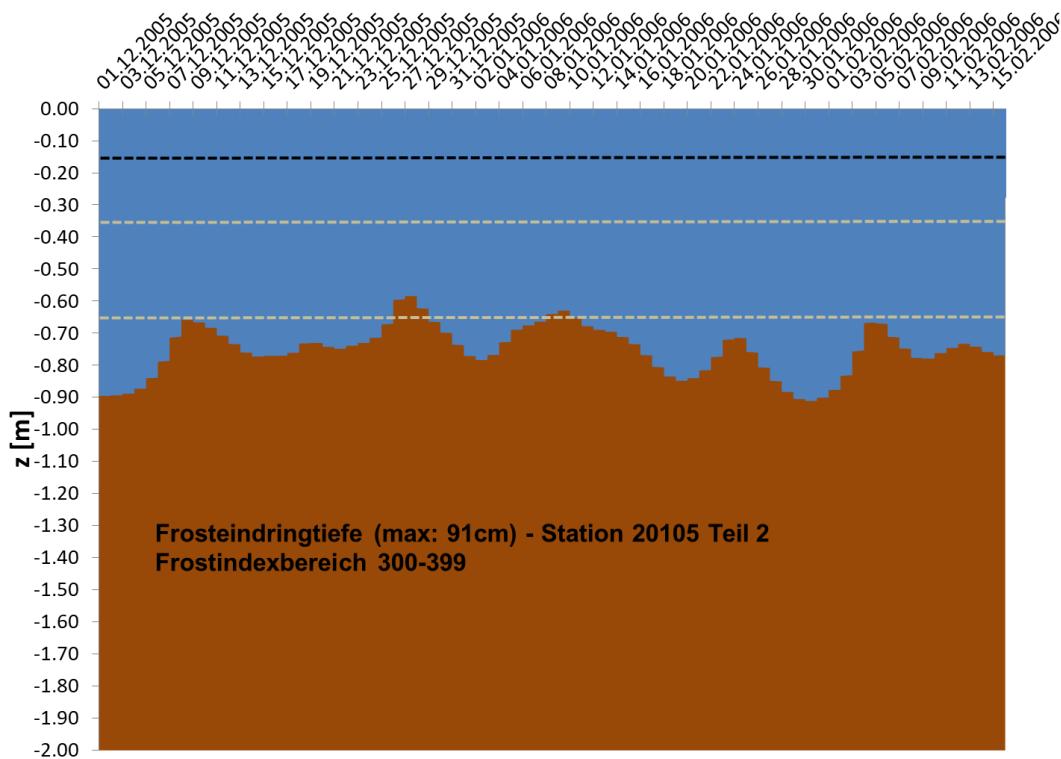


Abbildung 5.16: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 20105 Teil 2

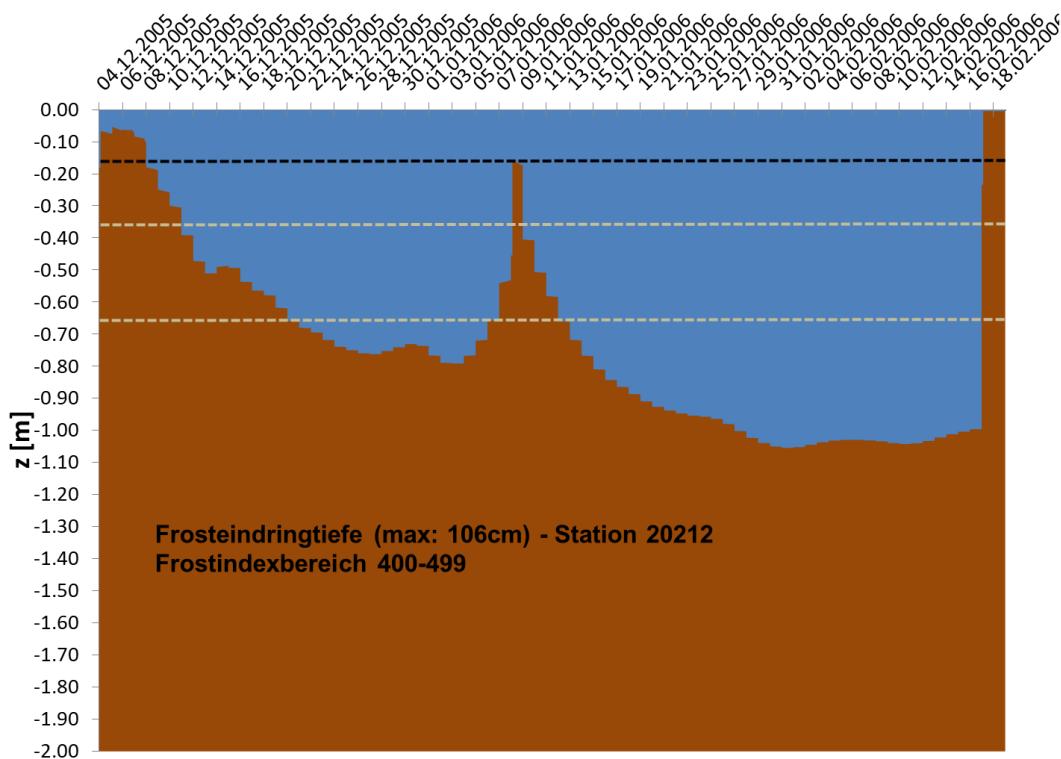


Abbildung 5.17: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 20212

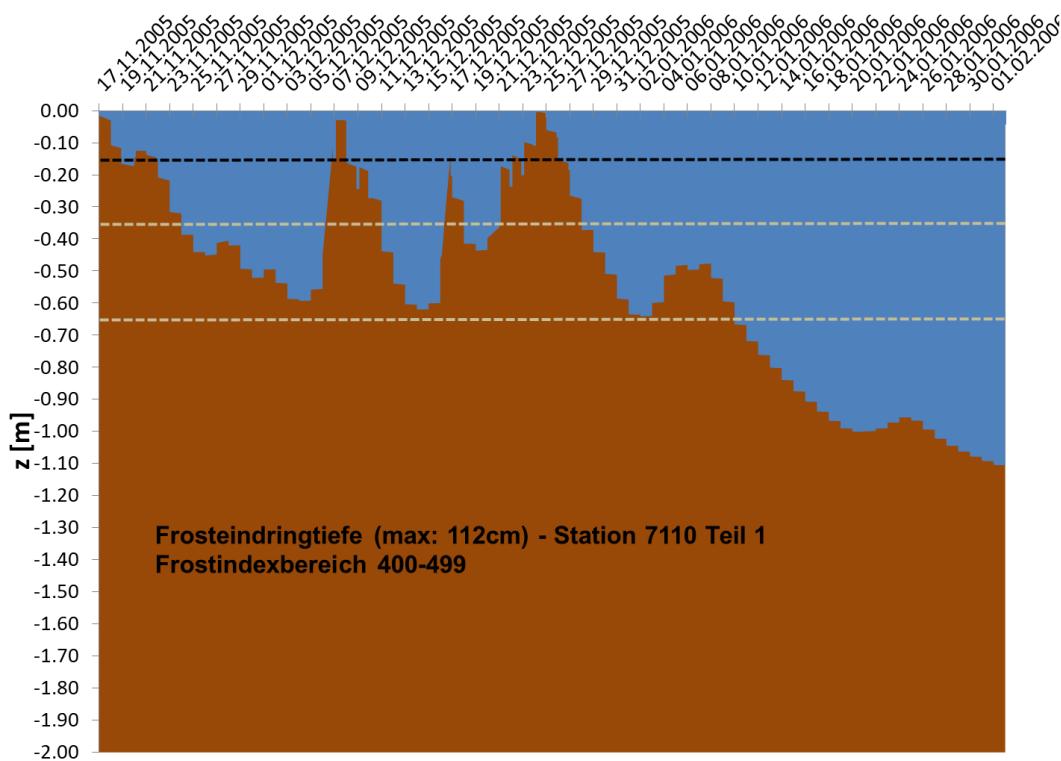


Abbildung 5.18: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 7110 Teil 1

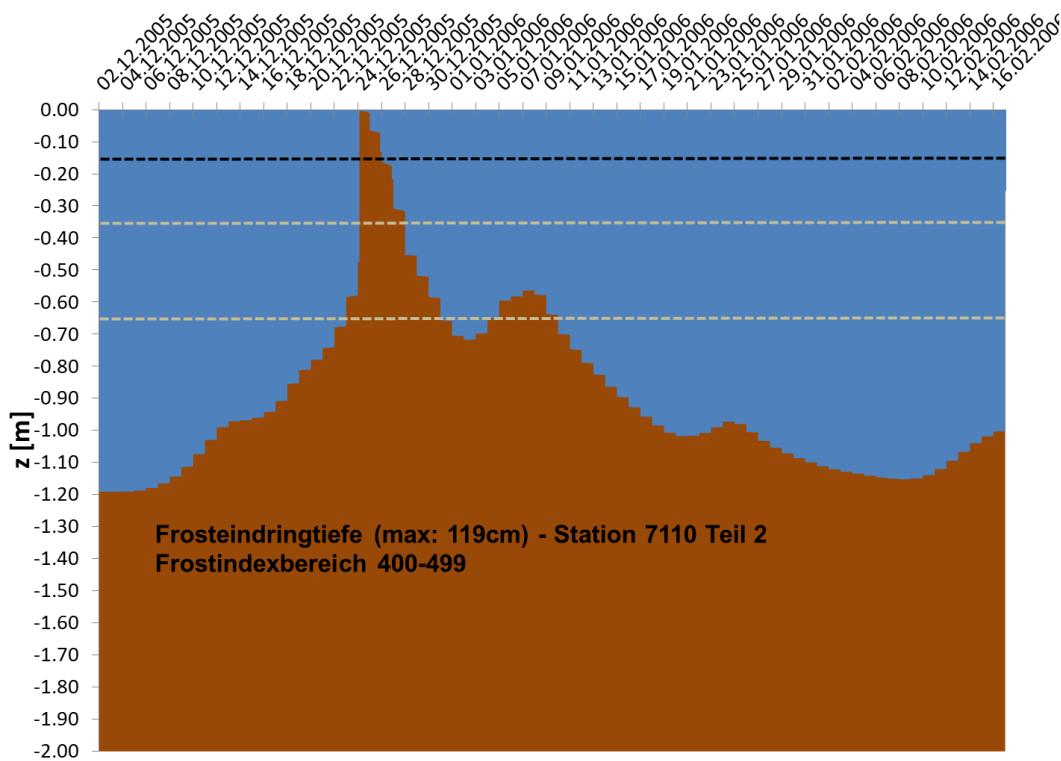


Abbildung 5.19: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 7110 Teil 2

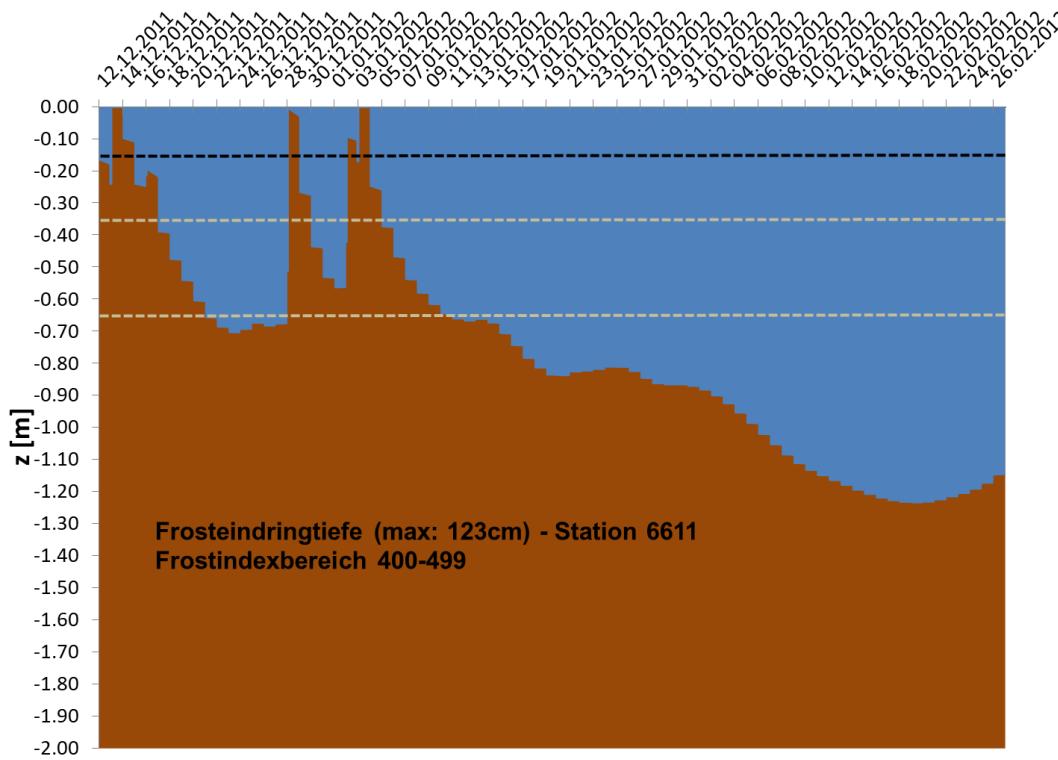


Abbildung 5.20: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 6611

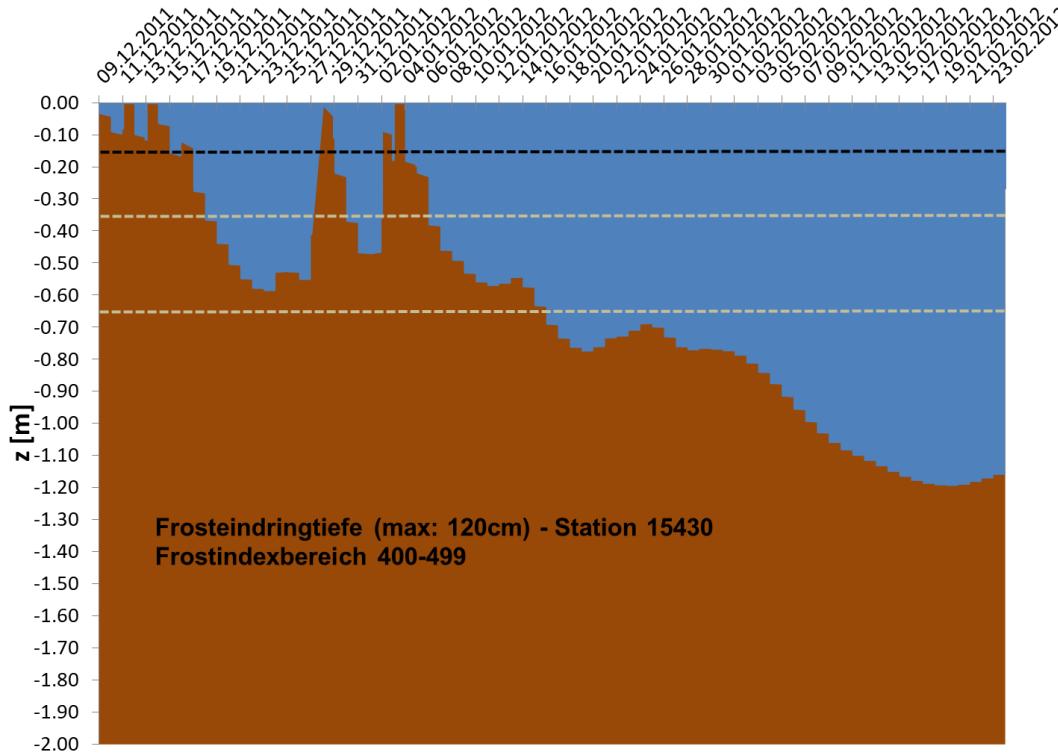


Abbildung 5.21: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15430

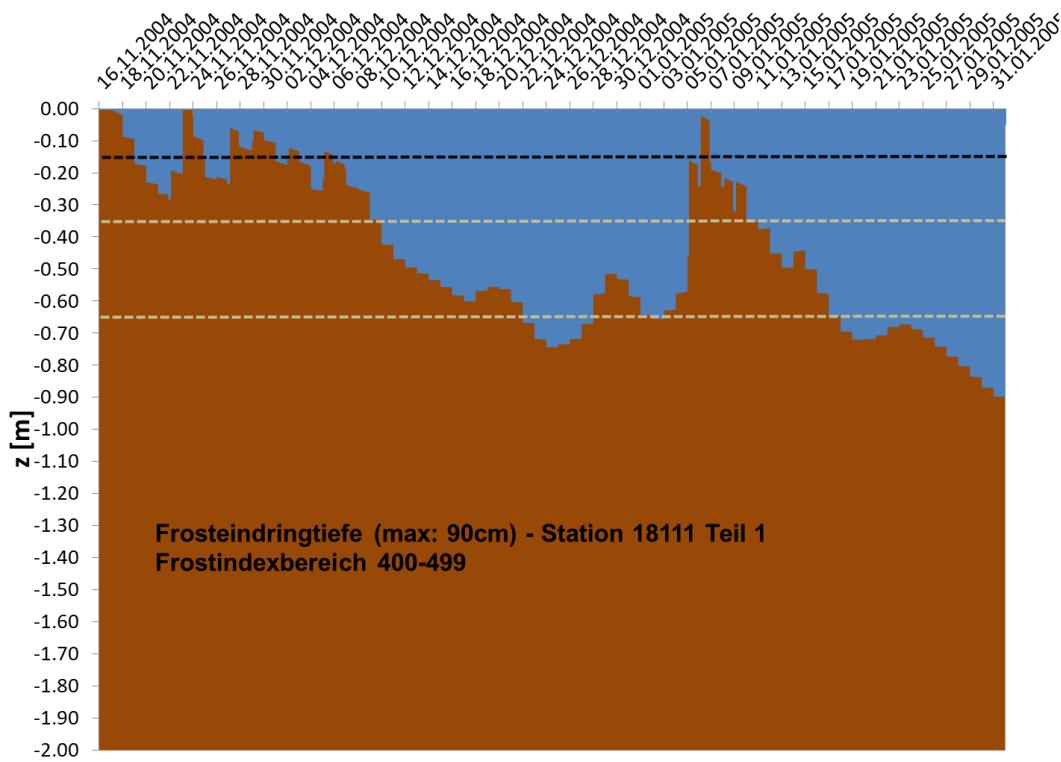


Abbildung 5.22: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 18111 Teil 1

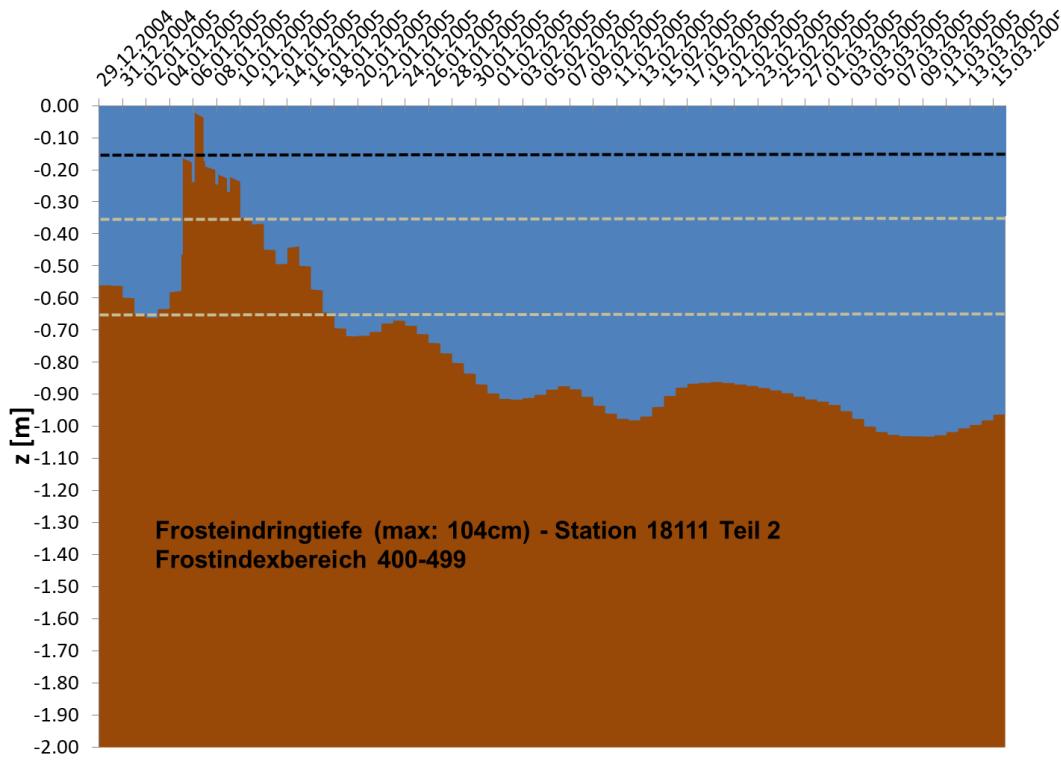


Abbildung 5.23: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 18111 Teil 2

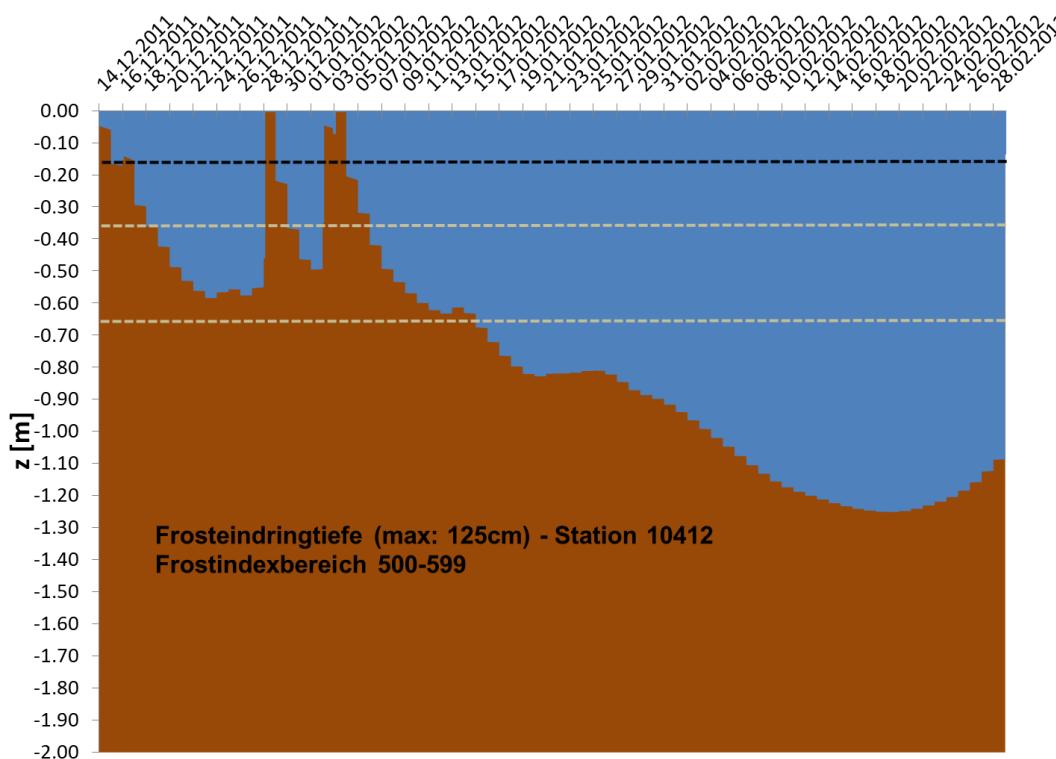


Abbildung 5.24: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 10412

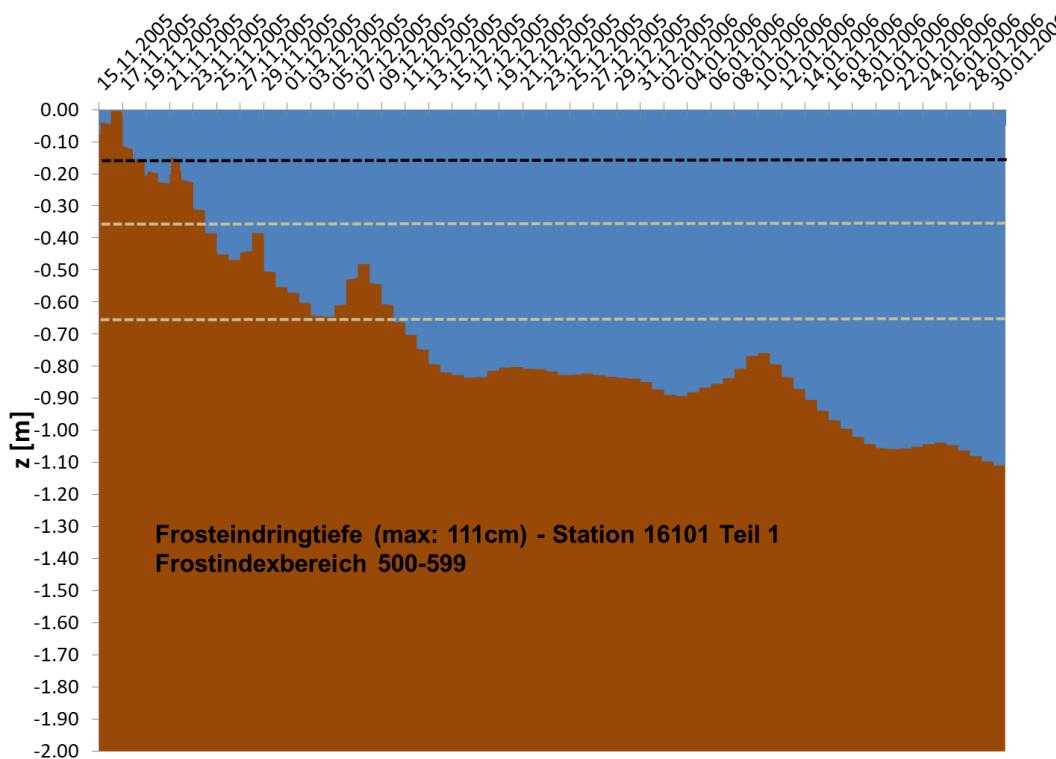


Abbildung 5.25: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 16101 Teil 1

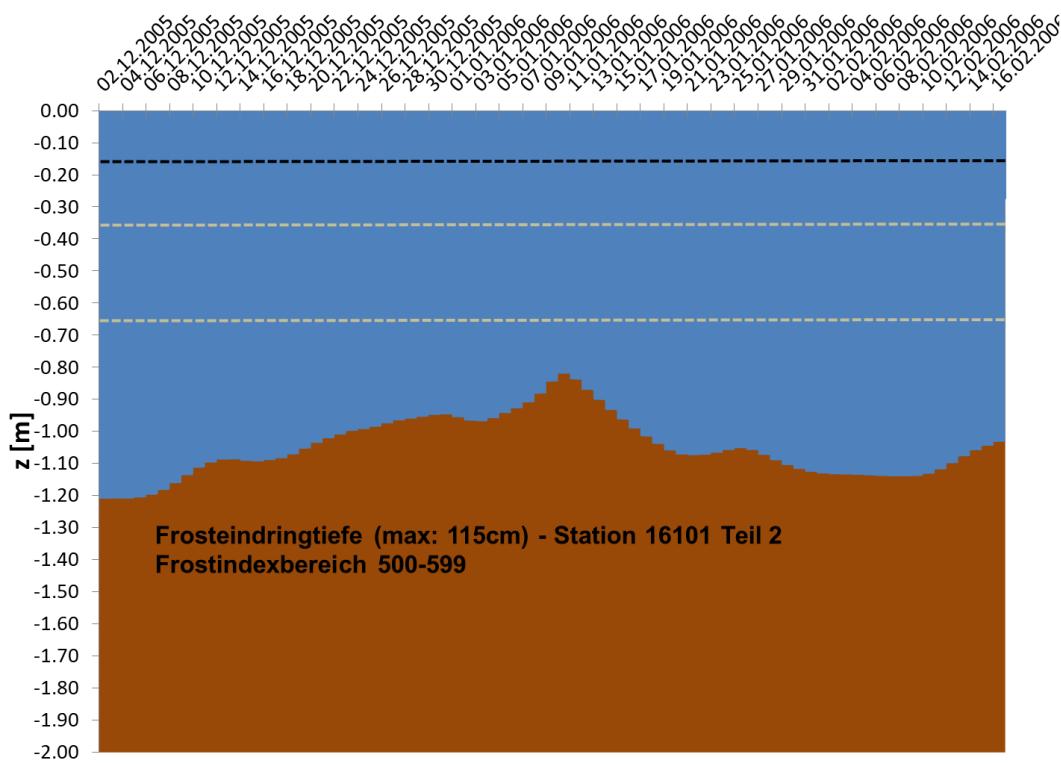


Abbildung 5.26: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 16101 Teil 2

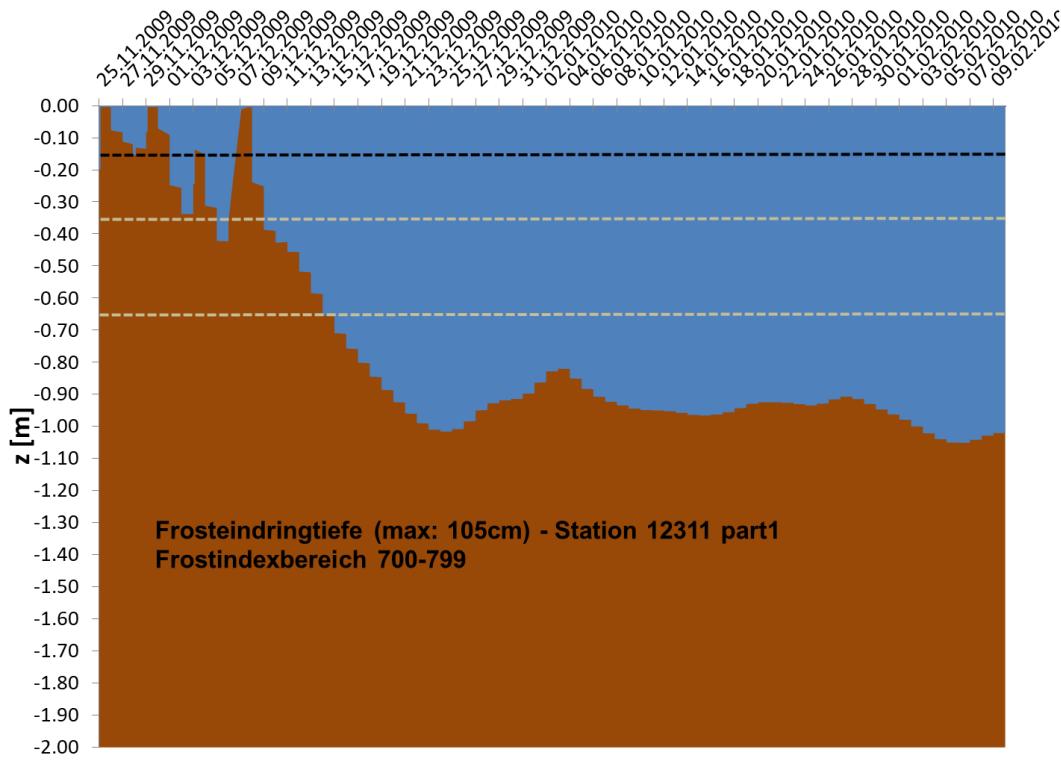


Abbildung 5.27: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12311 Teil 1

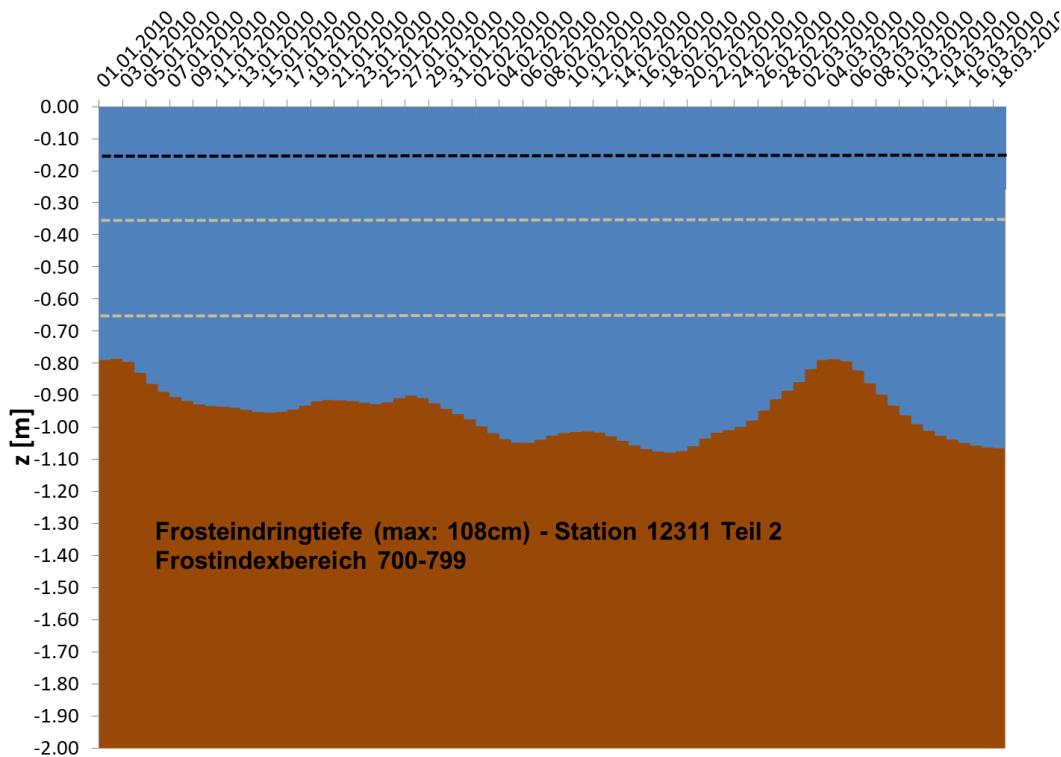


Abbildung 5.28: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 12311 Teil 2

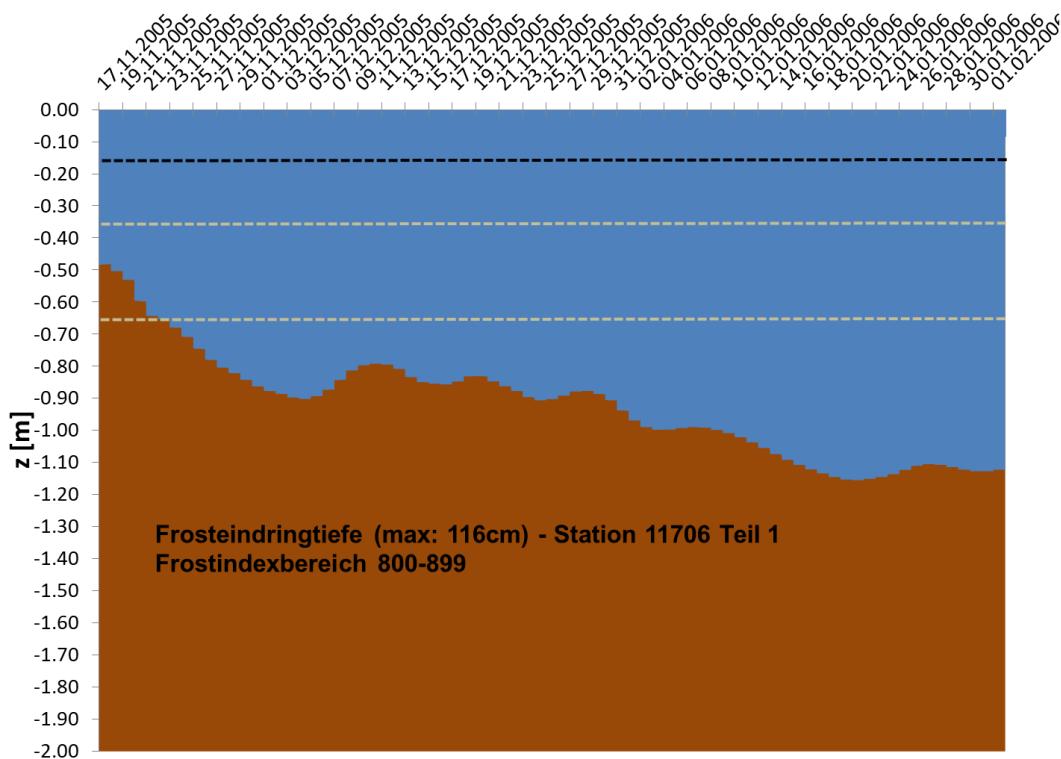


Abbildung 5.29: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 11706 Teil 1

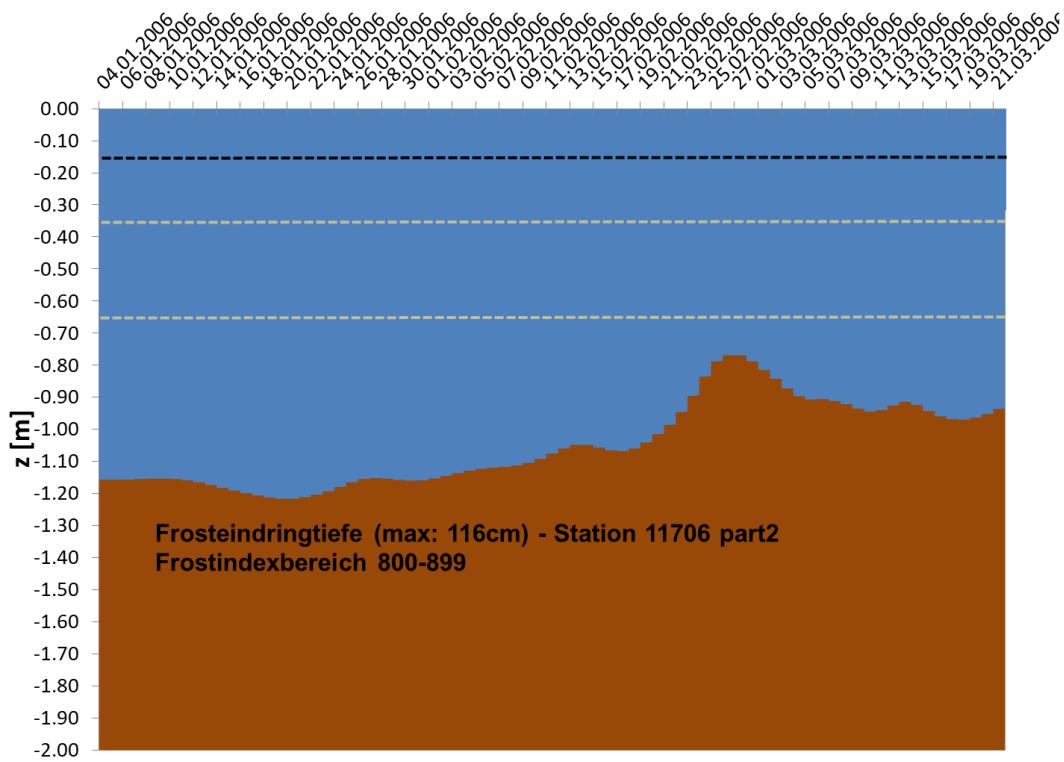


Abbildung 5.30: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 11706 Teil 2

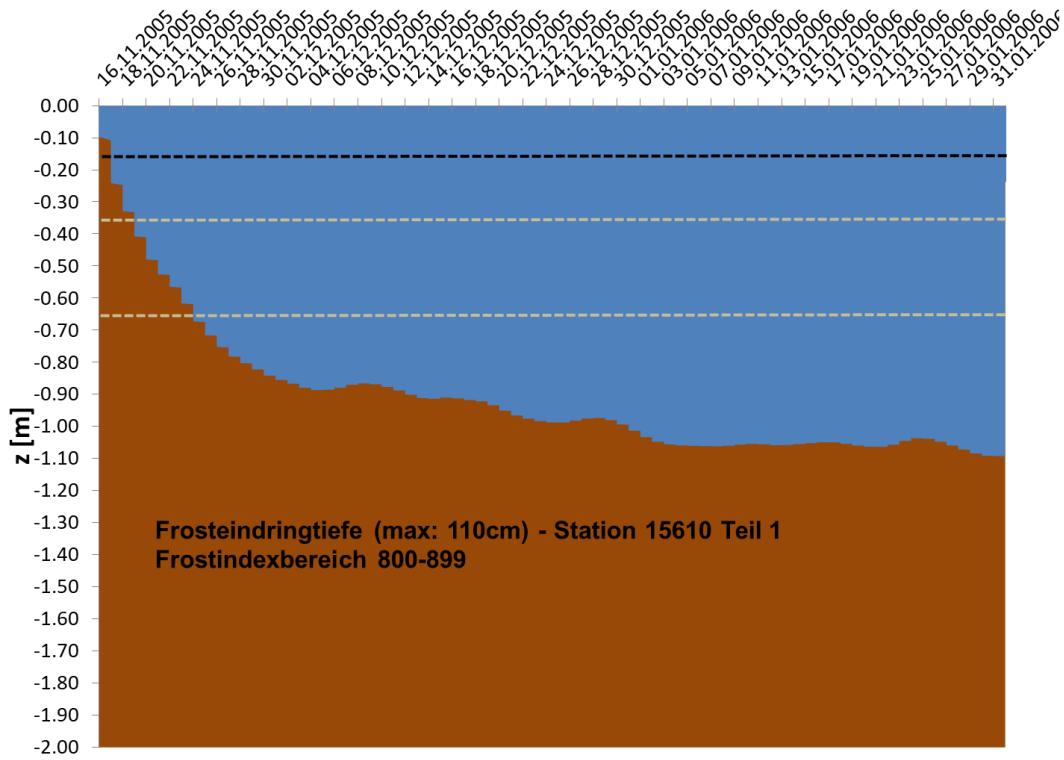


Abbildung 5.31: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15610 Teil 1

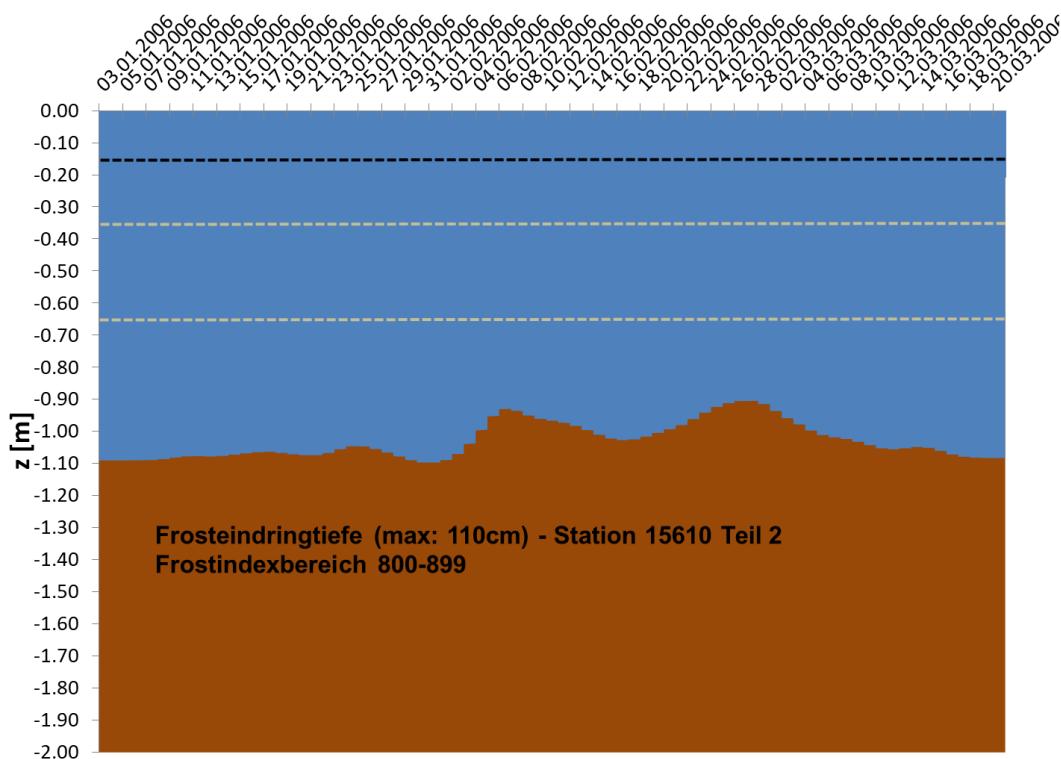


Abbildung 5.32: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15610 Teil 2

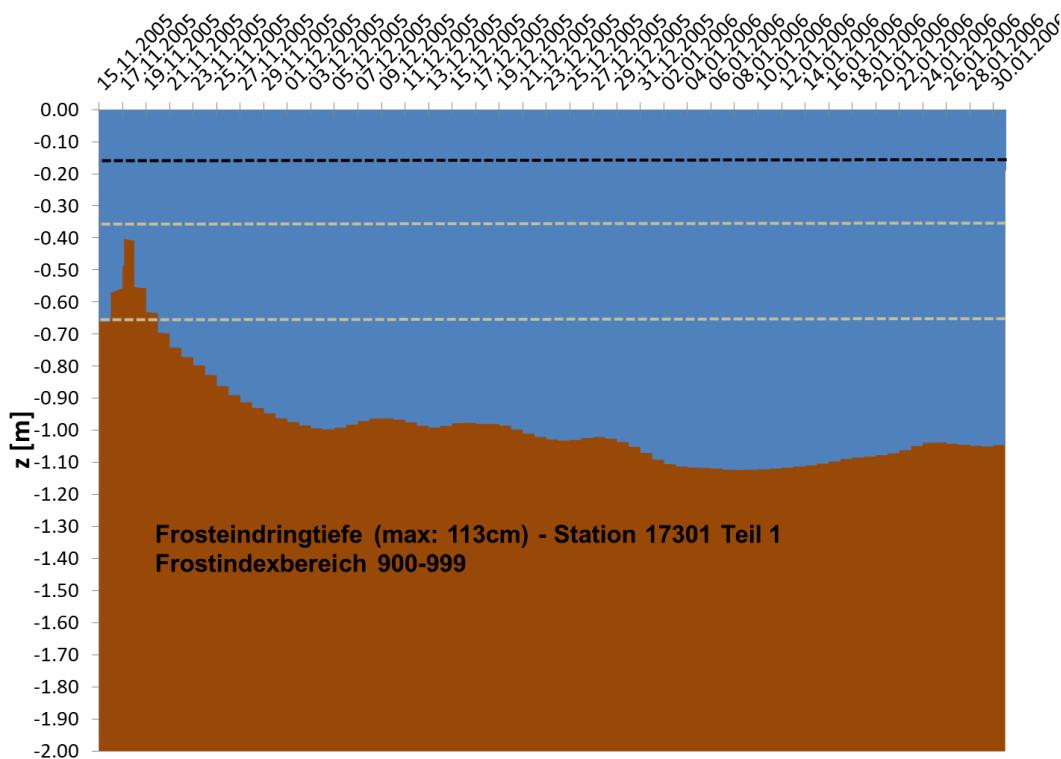


Abbildung 5.33: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17301 Teil 1

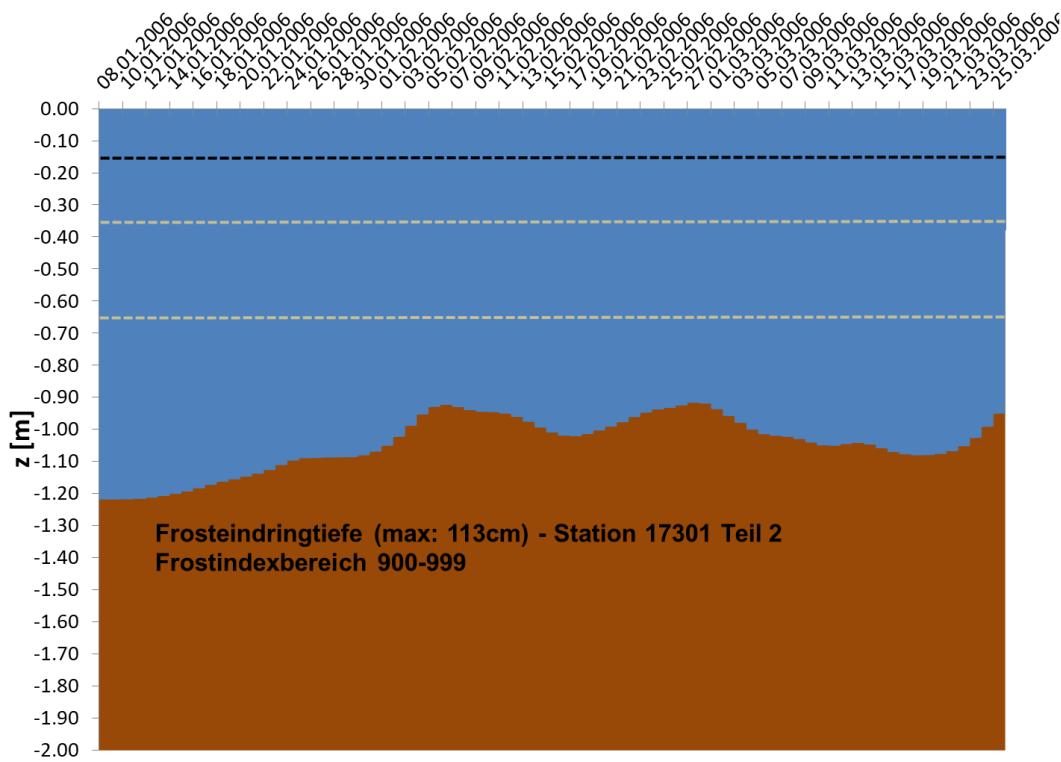


Abbildung 5.34: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17301 Teil 2

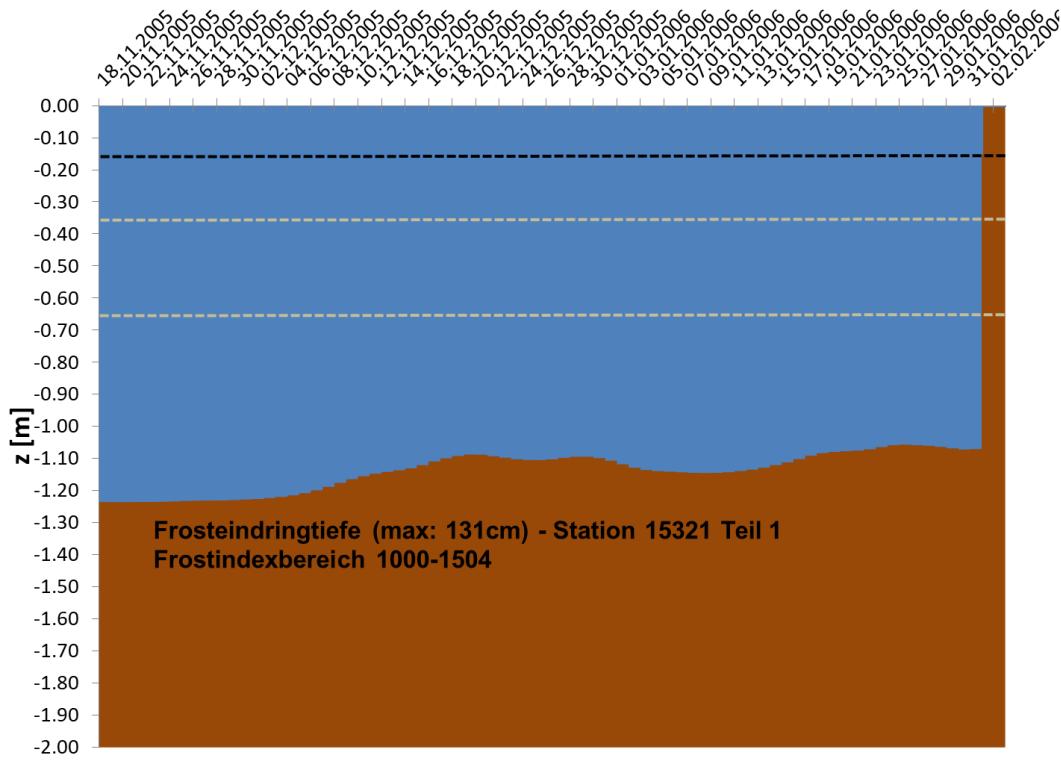


Abbildung 5.35: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15321 Teil 1

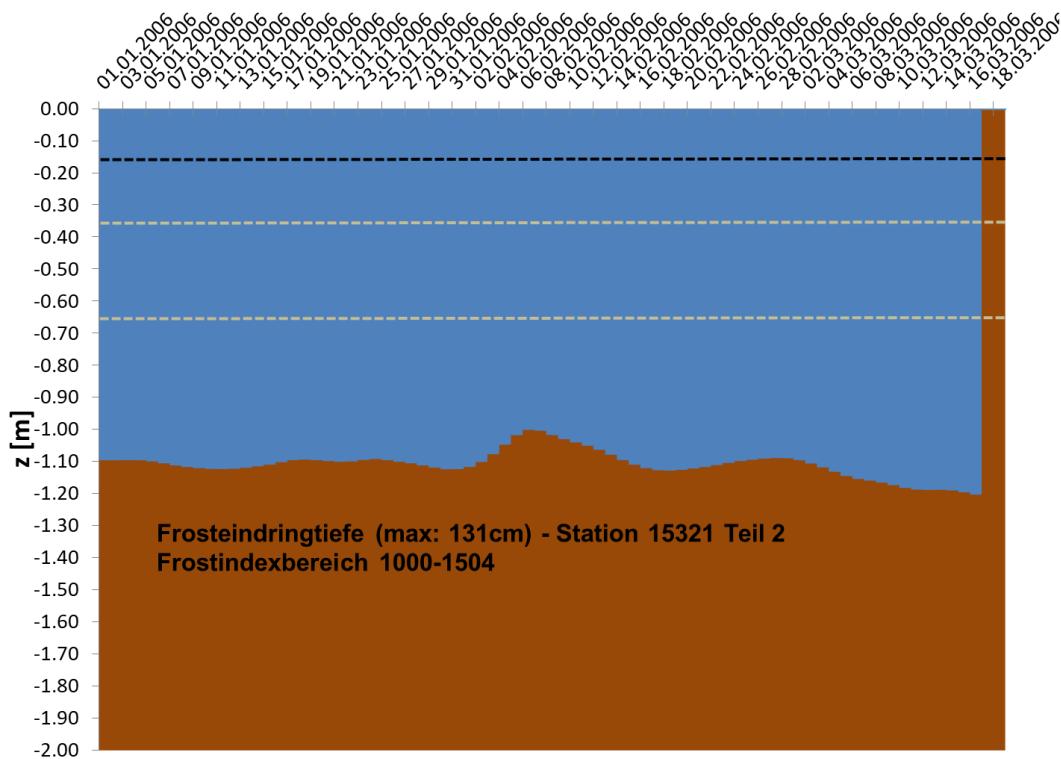


Abbildung 5.36: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15321 Teil 2

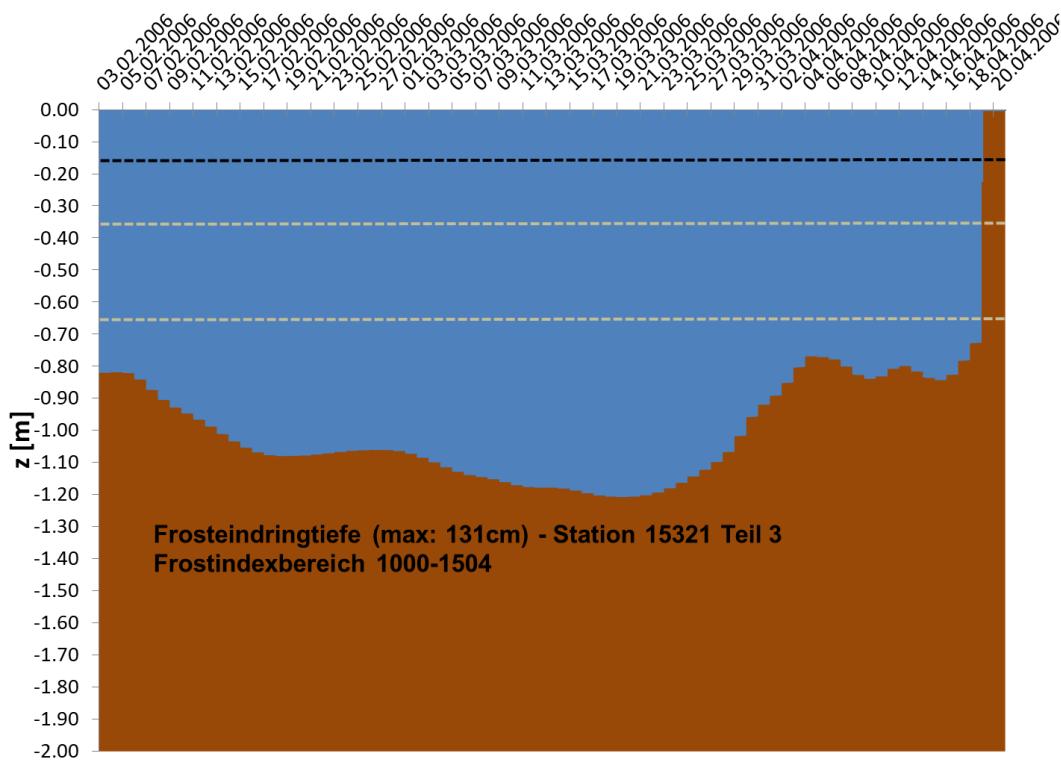


Abbildung 5.37: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 15321 Teil 3

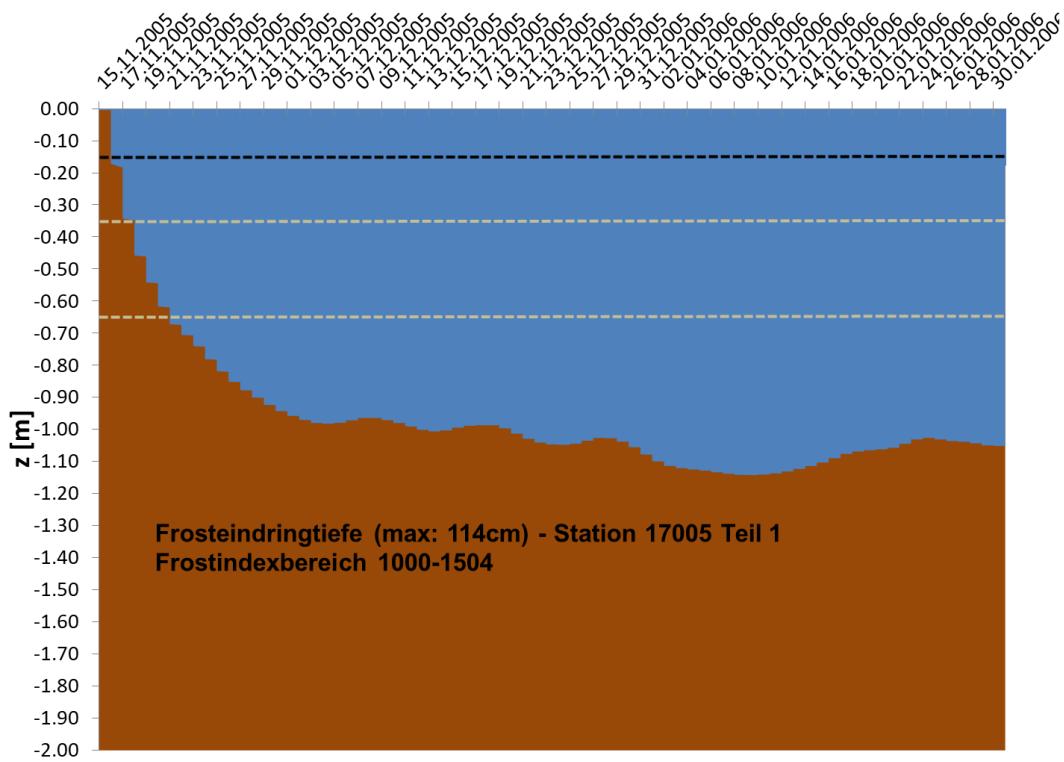


Abbildung 5.38: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17005 Teil 1

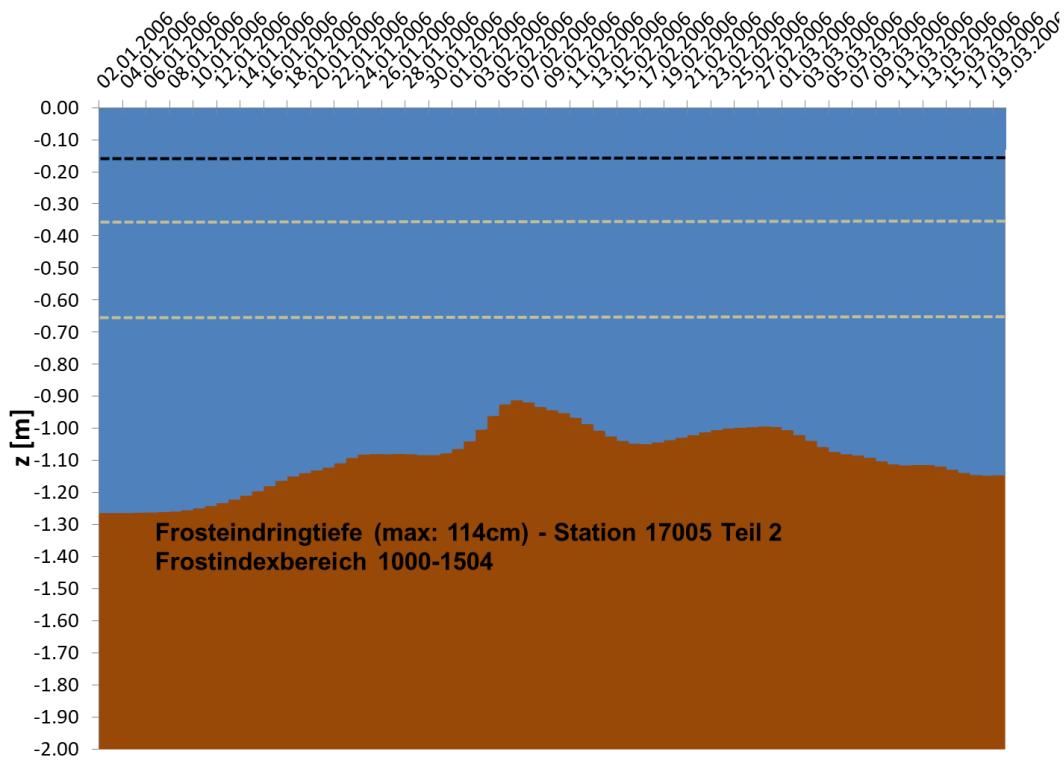


Abbildung 5.39: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17005 Teil 2

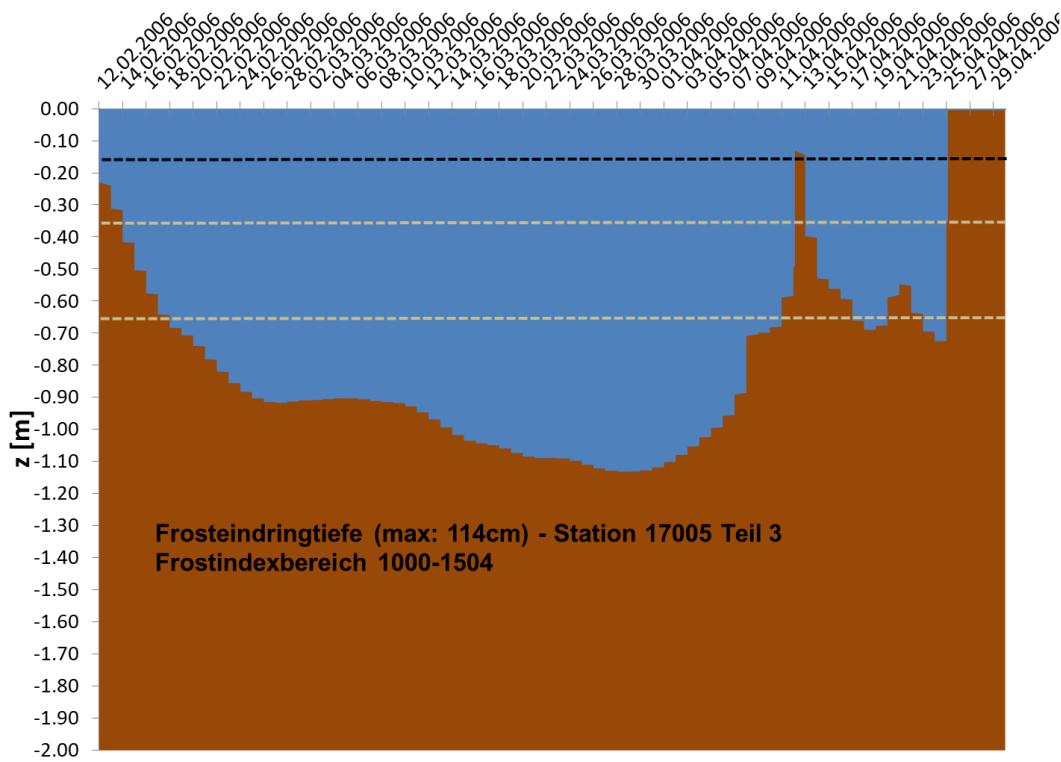


Abbildung 5.40: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17005 Teil 3

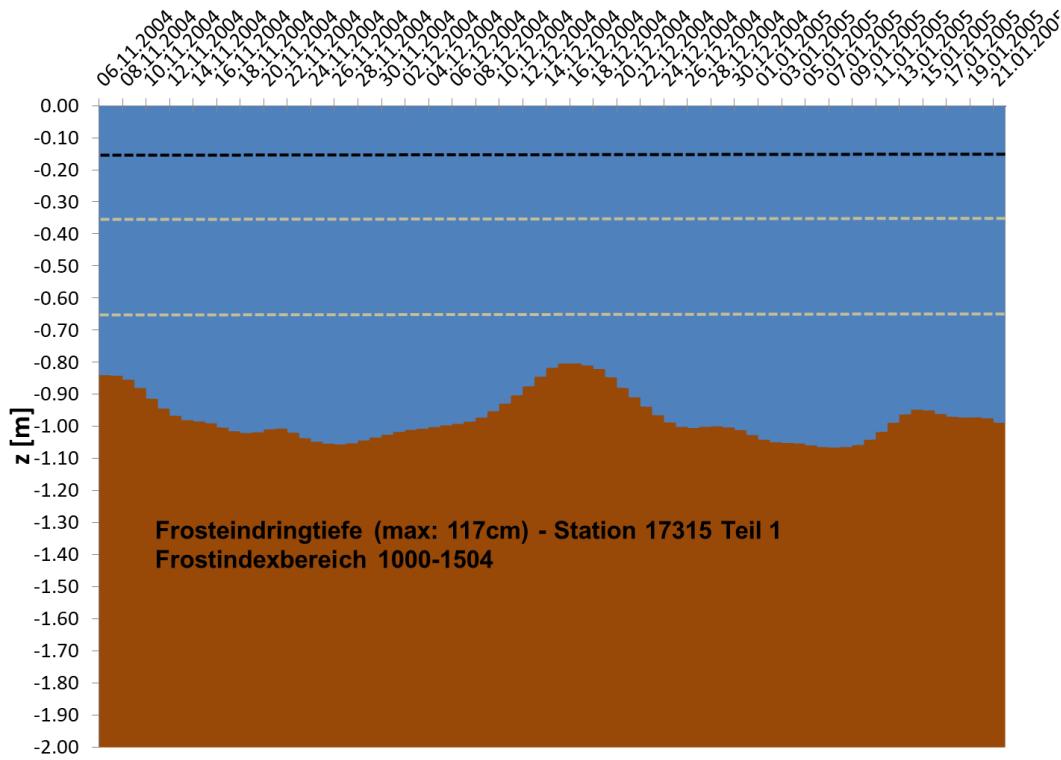


Abbildung 5.41: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17315 Teil 1

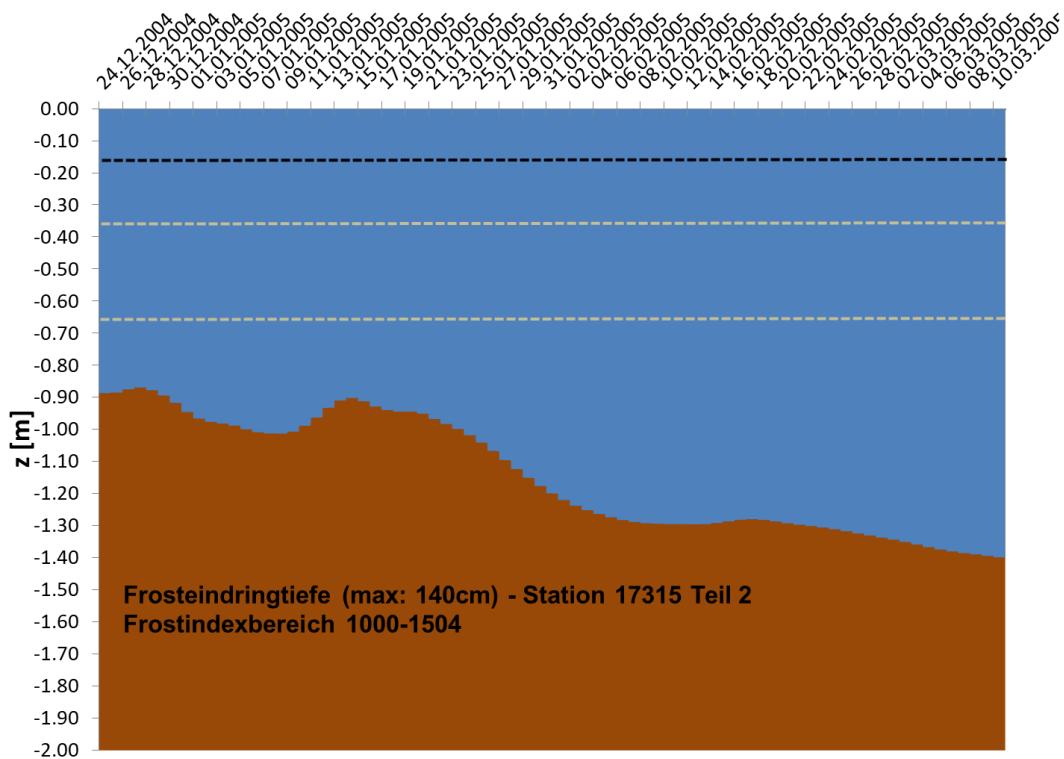


Abbildung 5.42: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation 17315 Teil 2

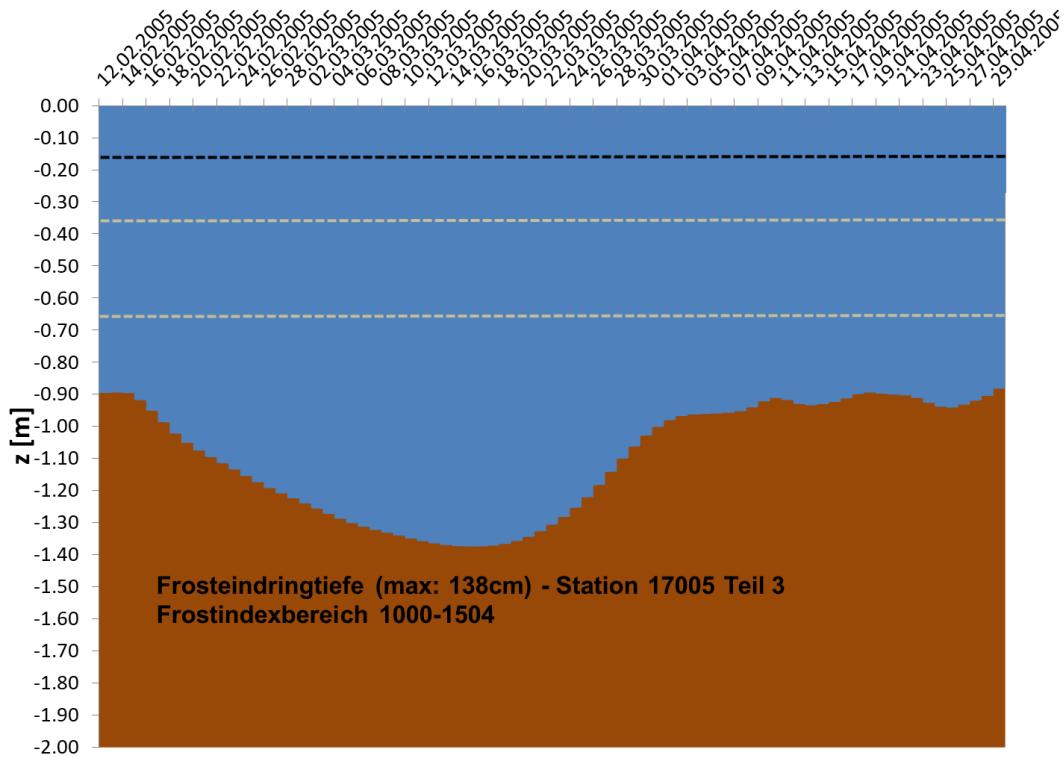


Abbildung 5.43: Frosteindringungstiefe, trockene Schichten, Wetterstation Teil 3

Anhang D

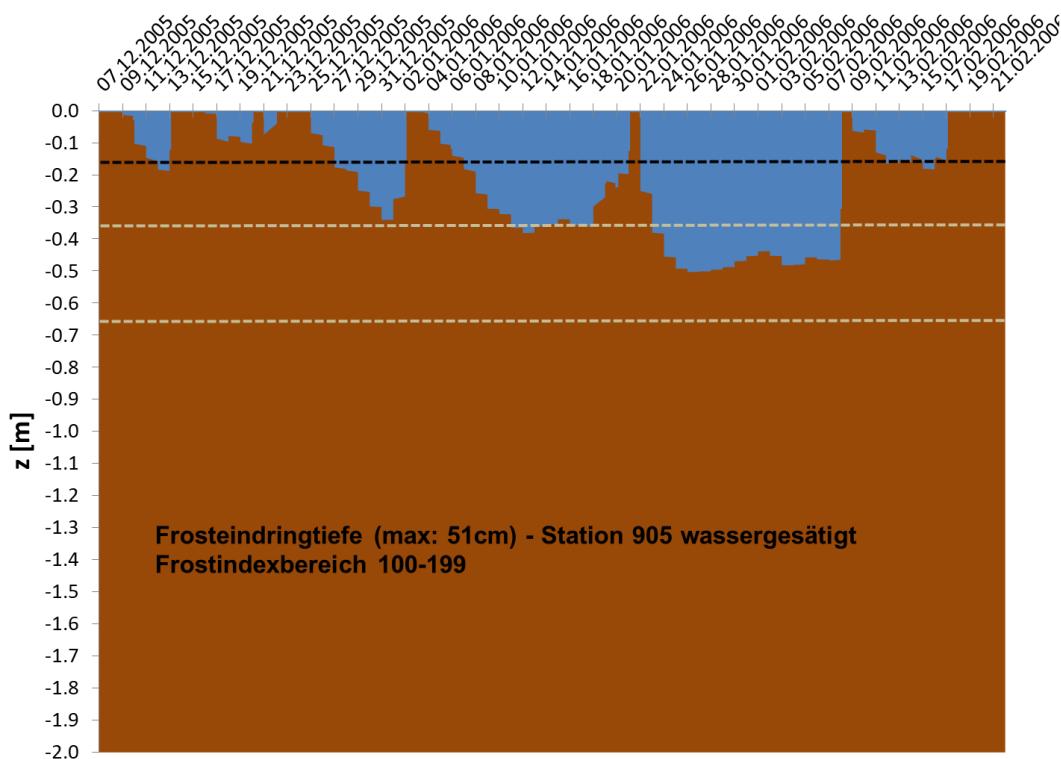


Abbildung 5.44: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 905

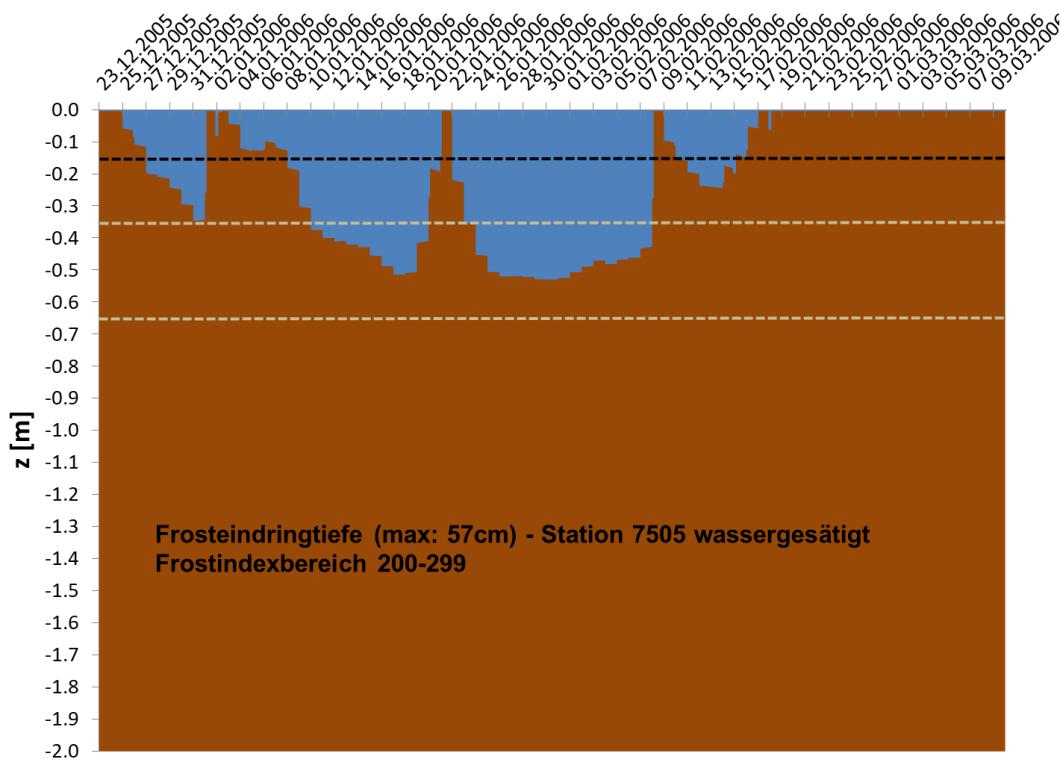


Abbildung 5.45: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 7505

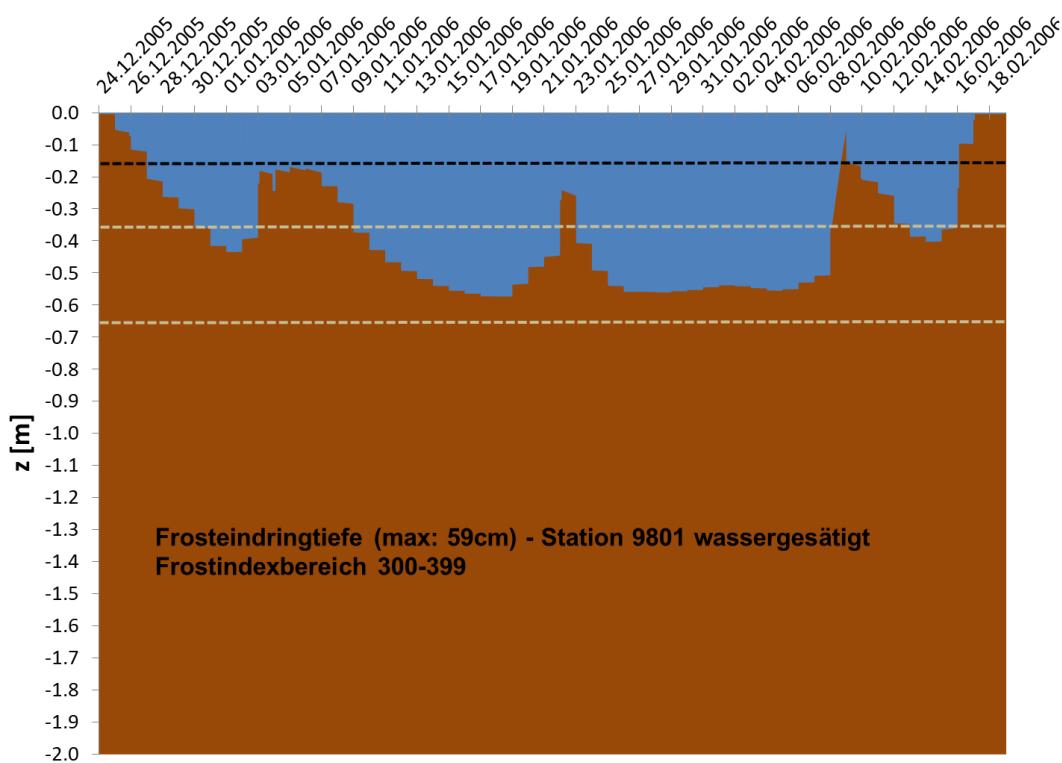


Abbildung 5.46: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 9801

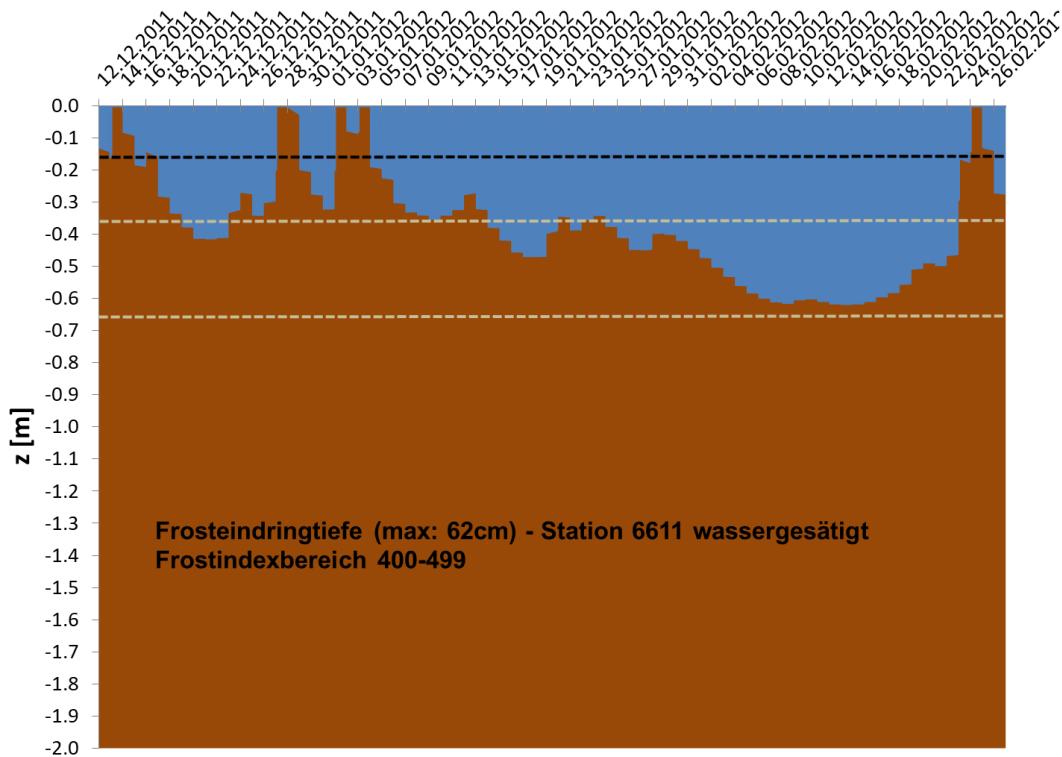


Abbildung 5.47: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 6611

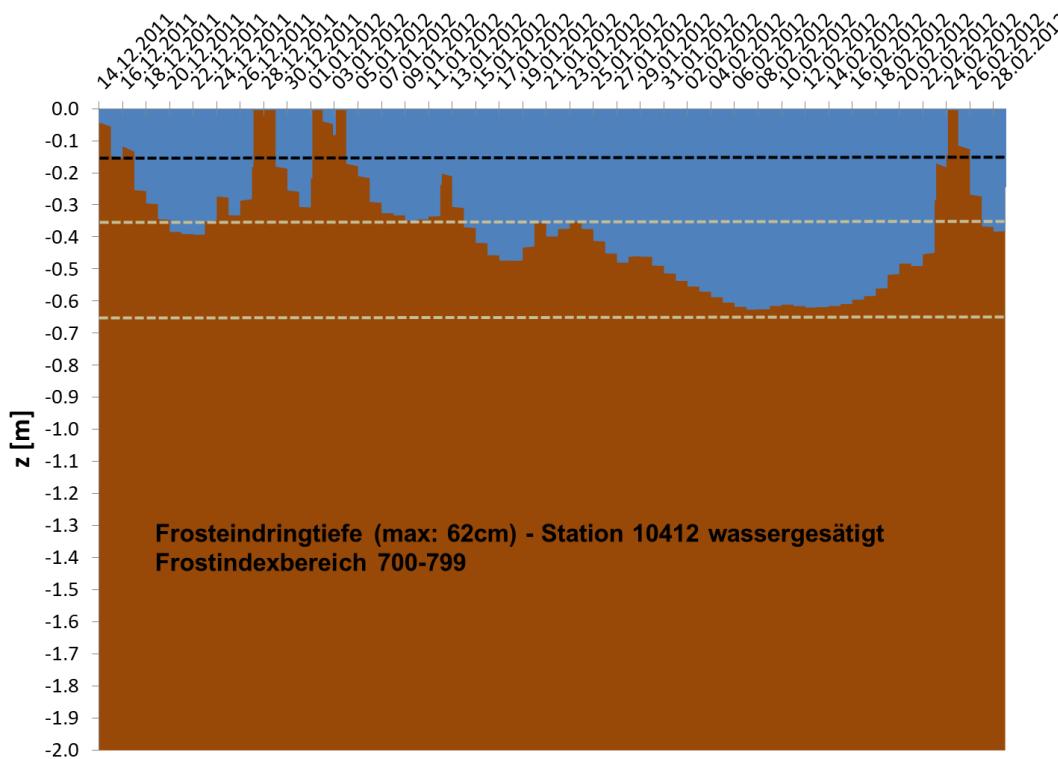


Abbildung 5.48: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 10412

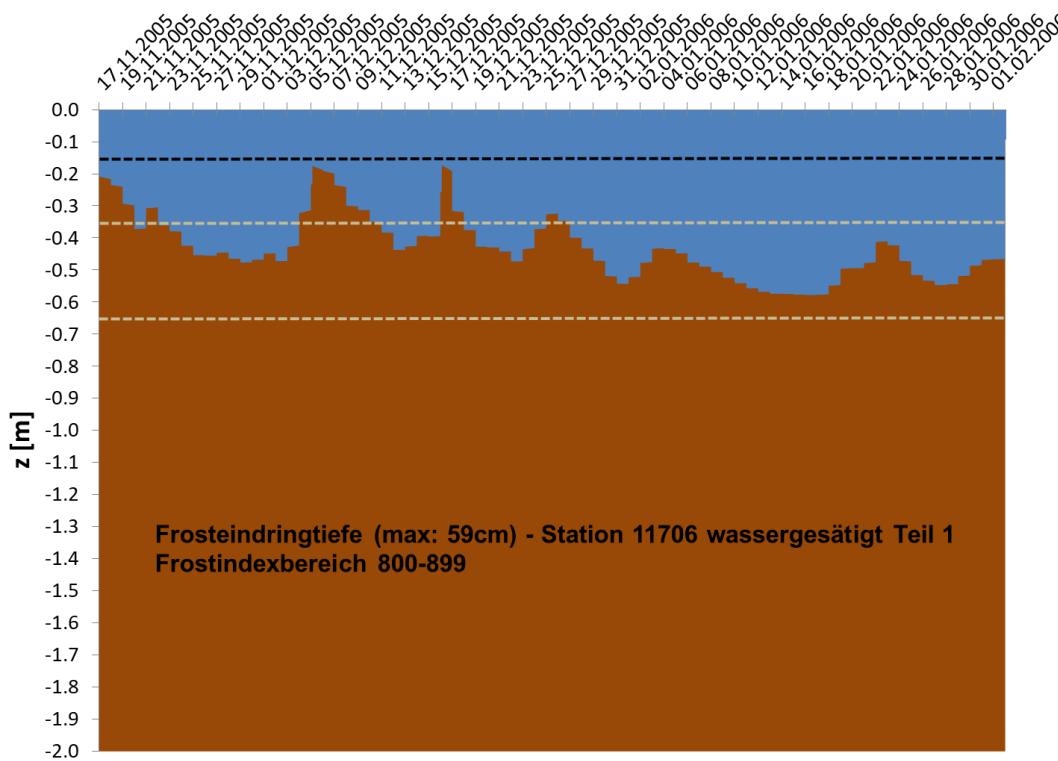


Abbildung 5.49: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 11706 Teil 1

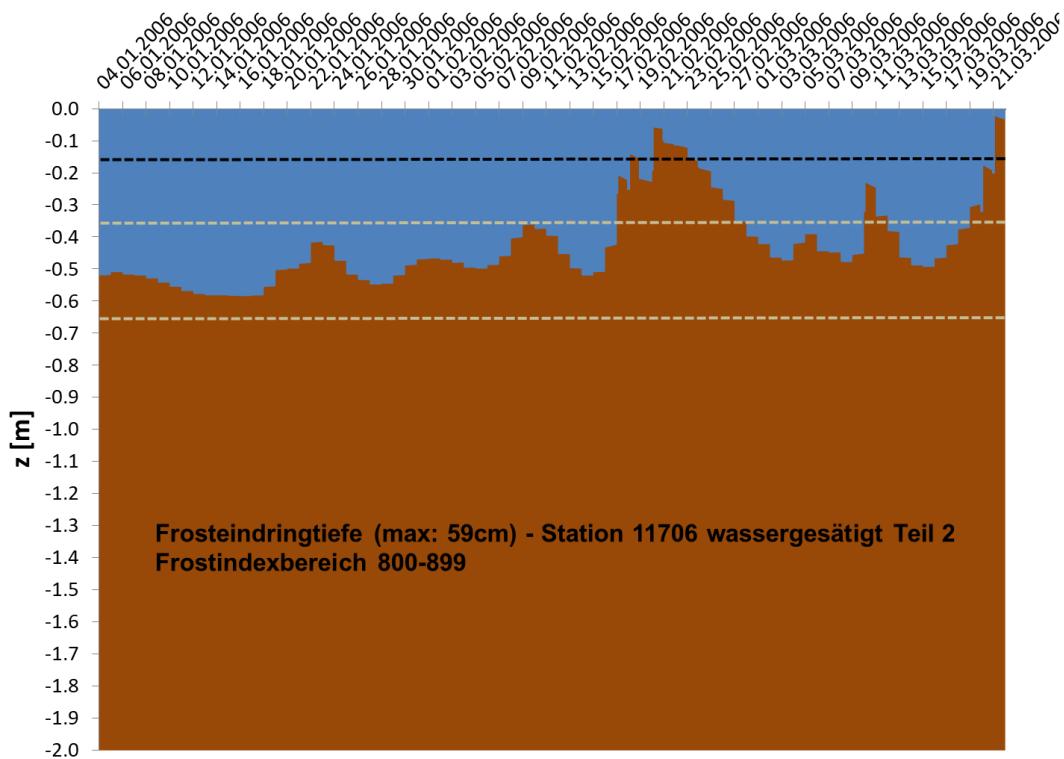


Abbildung 5.50: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 11706 Teil 2

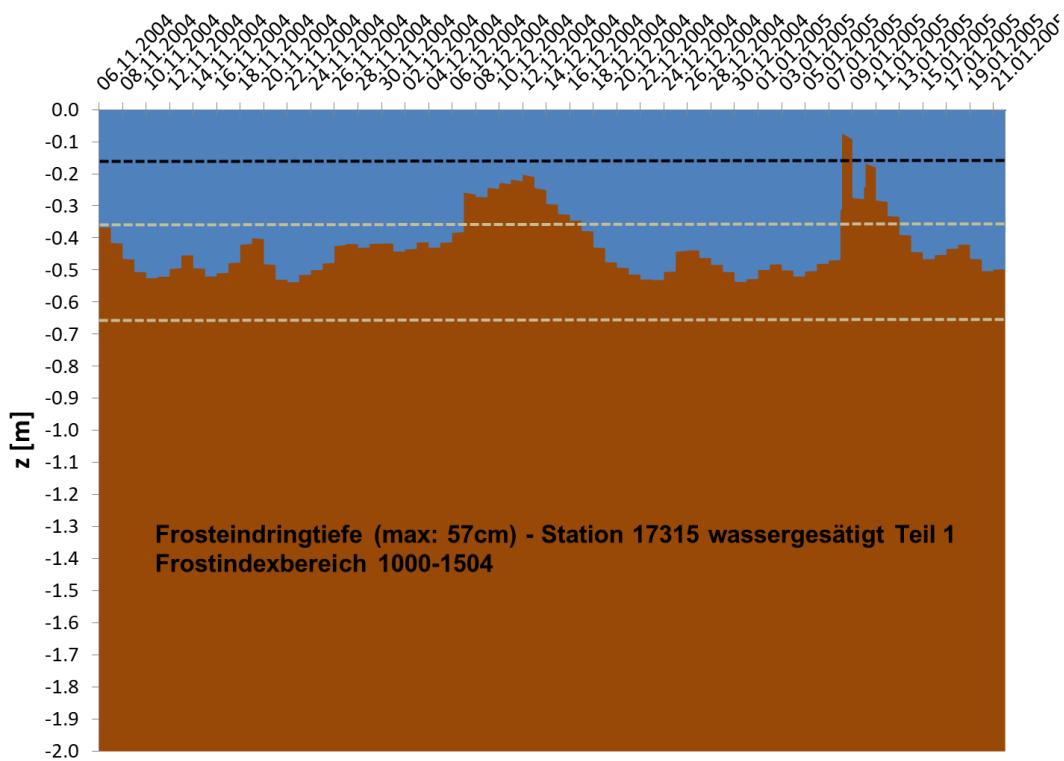


Abbildung 5.51: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 17315 Teil 1

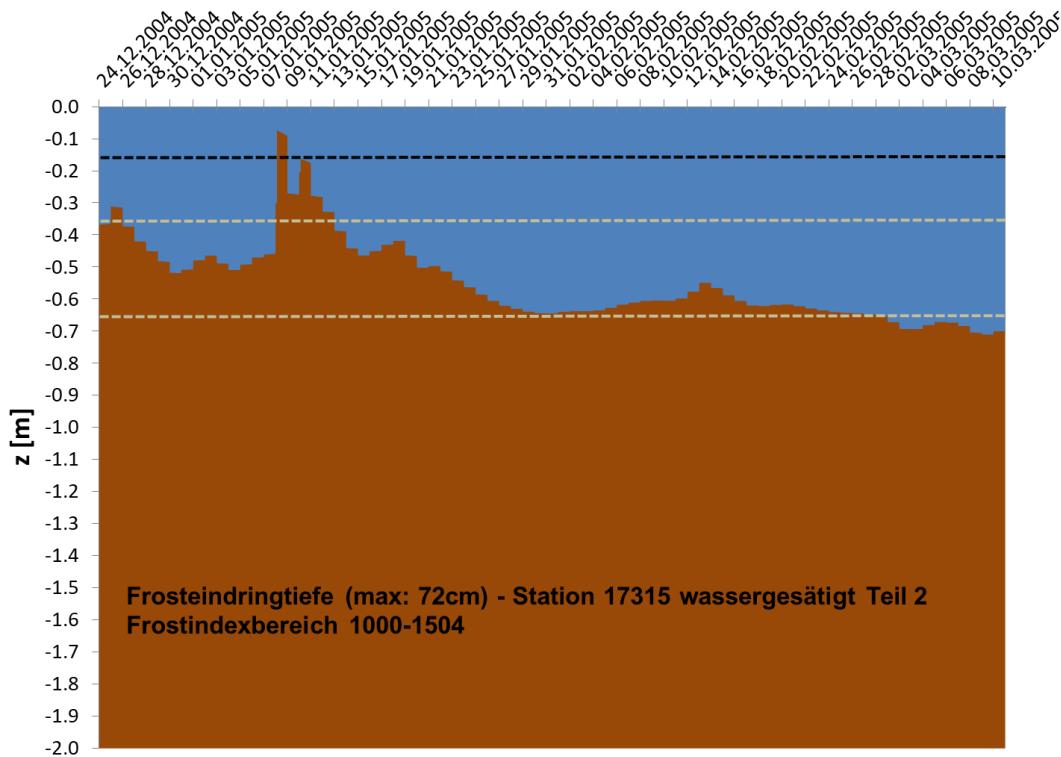


Abbildung 5.52: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 17315 Teil 2

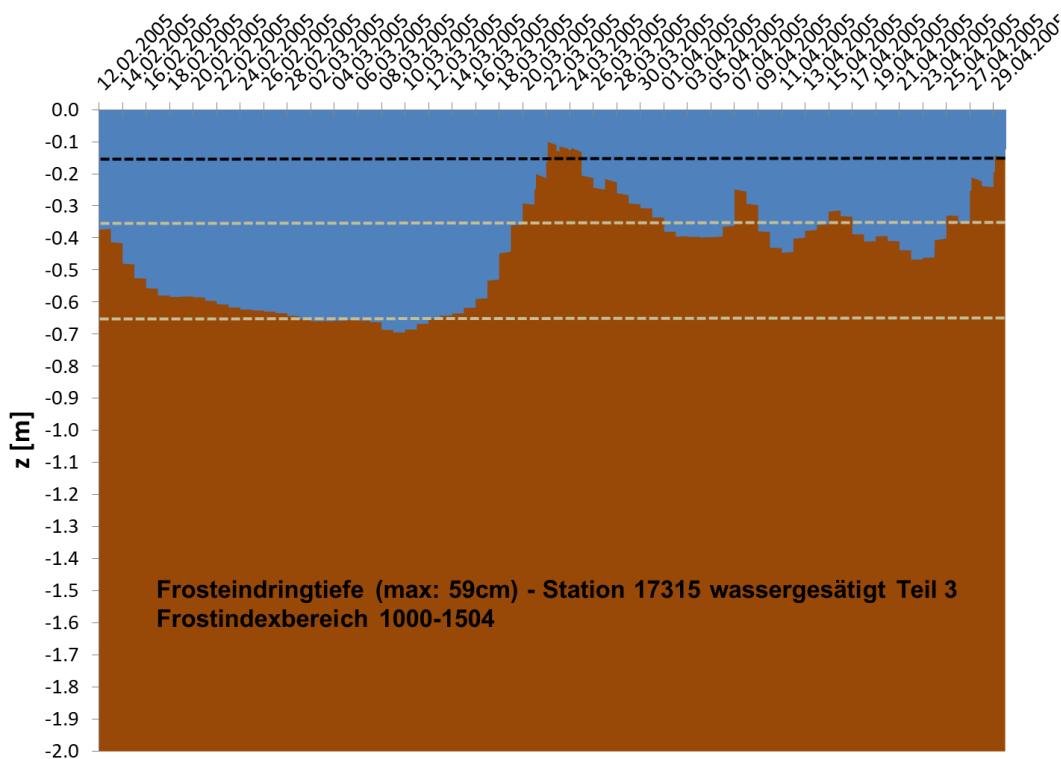


Abbildung 5.53: Frosteindringungstiefe, wassergesättigte Schichten, Wetterstation 17315 Teil 3