

Enteiserabwasserbehandlung



Inhalt

1 Einleitung

1 - Winter auf dem Flughafen Zürich

1 - Enteiserabwasserbehandlung – ein Rückblick

2 Enteisung

2 - Flächenenteisung

2 - Flugzeugenteisung

3 Umweltauswirkungen der Enteisungsmittel

4 Enteiserabwasserbehandlung

4 - Konzept

4 - Externe Entsorgung

5 - Verregnung

5 - Retentionsfilterbecken (RFB)

6 Betrieb der Verregnungsanlage

7 Monitoring

8 Ausblick

9 Übersichtsplan

Einleitung

Winter auf dem Flughafen Zürich

Auch im Winterhalbjahr muss jederzeit ein sicherer Flugbetrieb gewährleistet sein – trotz Schnee und Eis.

Dazu sind eine aufwändige Infrastruktur, wirkungsvolle Mittel und Methoden sowie die entsprechende personelle Organisation mit Bereitschaftsdienst notwendig. Die Schneeräumung und Enteisierung des Vorfeldes, der Pisten und der Rollwege sowie der übrigen Flächen wird durch die Abteilung Airfield Maintenance von Unique (Flughafen Zürich AG) ausgeführt. Neben den Betriebsflächen müssen im Wintereinsatz aber auch Flugzeuge enteist werden. Dies liegt in der Verantwortung der Abfertigungsgesellschaft Swissport.

Bei Schnee und Regen werden die Enteisierungsmittel abgeschwemmt. Sie flossen früher ungereinigt in die beiden Fließgewässer Glatt und Himmelbach. Seit langem wurde deshalb auf dem Flughafen Zürich nach Lösungen gesucht, die Abwässer der Flugzeug- und Flächenenteisierung umweltgerecht zu behandeln. In dieser Broschüre wird aufgezeigt, welche Massnahmen heute für einen zeitgemässen Gewässerschutz umgesetzt werden.

Enteiserabwasserbehandlung – ein Rückblick

Bereits in den 80er-Jahren wurden umfangreiche Untersuchungen und Versuche zur biologischen Reinigung von Enteiserabwasser durchgeführt. Mitte der 90er-Jahre wurde eine Schilfkläranlage gebaut. Im Wurzelraum des Schilfes werden dabei die organischen Substanzen durch Mikroorganismen abgebaut. Die Anlage erwies sich im Testbetrieb von 1994-1997 zwar durchaus als geeignet, verursachte jedoch hohe Unterhalts- und Betriebskosten. Zudem wäre ein sehr grosser Flächenbedarf für die Erstellung weiterer solcher Anlagen nötig gewesen.

1997 wurde ein Wettbewerb lanciert, um die technischen Möglichkeiten der Enteiserabwasserbehandlung auf breiter Basis abzuklären. 1998 wurde entschieden, die Variante „Verregnung“ weiter zu verfolgen. Mit dieser Methode wird das Regenabwasser mittels einer Verregnungsanlage auf bereits bestehende Grünflächen verteilt, wo die Inhaltsstoffe in der belebten Bodenschicht vollständig abgebaut werden.

Im Jahr 2000 erteilte die zuständige Behörde (Bundesamt für Zivilluftfahrt) eine auf 5 Jahre befristete Konzession für den Bau und Betrieb einer Pilotanlage. Eine Expertengruppe mit Behörden- und Hochschulvertretern begleitete das Projekt. Umfangreiche Messprogramme bestätigten dessen Funktionstüchtigkeit und Umweltverträglichkeit. Im Herbst 2007 wurde die definitive Bewilligung für den Weiterbetrieb in den nächsten 15 Jahren erteilt. Die Anlage ist weltweit die erste dieser Art.



Flächenenteisierung



Flugzeugenteisierung

Enteisung

Flächenenteisung

Bei Schneefall werden die Flugbetriebsflächen zuerst mechanisch geräumt. Dazu werden unter anderem spezielle Kehrblasgeräte eingesetzt, welche Schnee und Eis mittels einer rotierenden Stahlbürste und Druckluft entfernen. Anschließend werden Flächenenteisungsmittel aufgebracht. Diese können auch präventiv eingesetzt werden, beispielsweise bei Vereisungsgefahr nach Niederschlägen.

Für die Flächenenteisung wird seit dem Winter 2005/2006 Formiat verwendet (flüssiges Kaliumformiat oder festes Natriumformiat). Formiat hat sich auch an vielen anderen Flughäfen bewährt. Herkömmliches Streusalz wird nur im öffentlichen Bereich (z. B. Vorfahrten) und auf Flächen ohne Flugzeugrollverkehr eingesetzt, da es stark korrosive Eigenschaften hat. Technischer Harnstoff (Urea) wird nicht mehr eingesetzt.

Flugzeugenteisung

Bei der Flugzeugenteisung geht es darum, eine Eisbildung an den Tragflächen und Triebwerken zu verhindern (Anti-Icing) bzw. das Flugzeug von anhaftendem Schnee und Eis zu befreien (De-Icing). Dies wird mit dem Aufbringen von Propylenglykol (eine Alkoholverbindung) durch Spezialfahrzeuge erreicht. Je nach Anwendung wird das Mittel mit heissem Wasser verdünnt. Für die Enteisung eines Airbus A330 werden im Mittel ca. 350 Liter Enteisungsmittel und 450 Liter heisses Wasser verwendet.

De-Icing: Eigentliche Enteisung von Flugzeugen bei Schneefall oder Eisbildung → Einsatz eines Gemisches von Heisswasser und Enteisungsmittel zur Entfernung von Eis oder Schnee

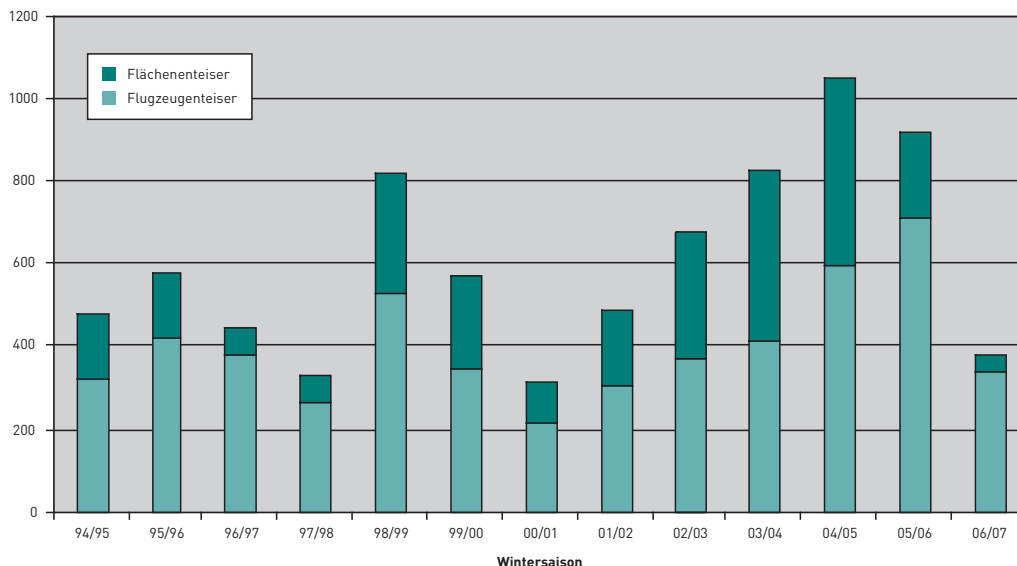
Anti-Icing: Präventiver Schutz vor Vereisung → Dies kann bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen vorkommen, z. B. auch bei Nebel im Herbst. Für das Anti-Icing ist vor allem eine gute Haftung der Mittel am Flugzeug für die Start- und Steigphase erforderlich, welche mit Additiven (Zusätzen) erreicht wird.

Die Enteisung findet zu rund 70% auf den zentralen Enteisungsplätzen (De-Icing Pads) statt. Diese werden so entwässert, dass abtropfende Flugzeugenteisungsmittel unmittelbar nach der Anwendung konzentriert in Stapelbecken gesammelt werden können. Bei den übrigen Enteisungen an den Standplätzen auf dem Vorfeld werden die anfallenden Tropfverluste mit Saugwagen aufgenommen und der weiteren Behandlung zugeführt.

Rund 35% der aufbrachten Mittel tropfen bereits bei der Anwendung ab, weitere 10-15% auf dem Weg zum Start (Vorfeld, Rollwege und Pisten). Beim und nach dem Start werden schliesslich die restlichen 50-55% der Mittel verweht, wobei ein Grossteil ins angrenzende Wiesland gelangt.

Ausgebrachte Enteisermittelmengen der letzten Winter

Tonnen Kohlenstoff pro Winter



Umweltauswirkungen der Enteisierungsmittel

Abwasser, welches mit Enteisierungsmittel belastet ist, verursacht ohne entsprechende Behandlung eine Gewässerbelastung mit organisch gebundenem Kohlenstoff (DOC)¹. Eine erhöhte Konzentration an DOC im Gewässer kann zu Bakterienwachstum und in der Folge zu Sauerstoffmangel führen. Wegen des zeitlich sehr stark schwankenden Einsatzes (beispielsweise bei einem Schneefallereignis) kam es früher trotz guter Abbaubarkeit der Stoffe zu ausgeprägten Spitzenbelastungen der Glatt und des Himmelbachs.

Heute sind die beschriebenen Auswirkungen durch den Betrieb der Verregnungsanlage bereits zu einem grossen Teil, jedoch noch nicht vollständig eliminiert. Seit dem Winter 2005/2006 konnte die Umweltbelastung mit dem Einsatz von Formiat zusätzlich nochmals deutlich reduziert werden, da im Vergleich zum früher eingesetzten Depatinol markant weniger Kohlenstoff in die Um-

welt eingebracht wird. Depatinol hat auch den Nachteil, dass das darin enthaltene Isopropanol eine unerwünschte VOC-Quelle² darstellt (Beitrag zur Bildung von bodennahem Ozon).

Als weitere umweltrelevante Stoffe enthalten die Flugzeug-Enteisungsmittel verschiedene Additive (Zusatzstoffe) zur Verbesserung der Eigenschaften. Dazu zählen beispielsweise Mittel zur Verbesserung der Viskosität (bessere Haftung am Flugzeug) oder zum Schutz vor Korrosion. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei Triazolverbindungen, welche auch in Konsumprodukten vorkommen (z. B. Geschirrspülmittel). Sie sind schlecht oder gar nicht abbaubar. Ihre Bedeutung für die Umwelt ist noch wenig bekannt. Aus diesem Grund ist am Flughafen Zürich ab dem Winter 2008/2009 ein Wechsel auf triazolfreie Enteisierungsmittel vorgesehen.

¹ DOC: Dissolved Organic Carbon (gelöster organischer Kohlenstoff). Als organischer Summenparameter weist er auf die im Wasser gelöste organische Substanz hin.

² VOC: Volatile Organic Compounds (flüchtige organische Kohlenwasserstoffe).

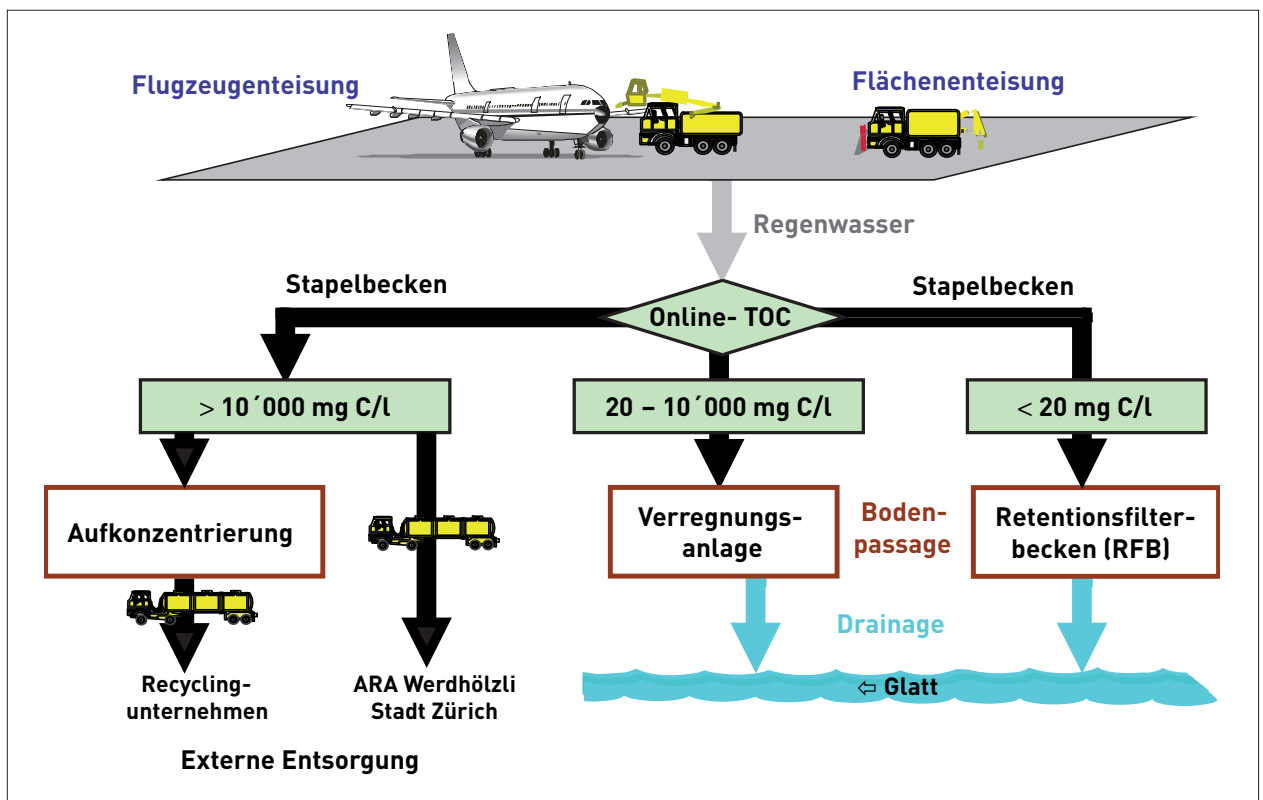
Enteiserabwasserbehandlung

Konzept

Das Konzept der Enteiserabwasserbehandlung ist so ausgelegt, dass - ausgehend vom Entstehungsort des Abwassers bzw. dessen Belastung mit Enteisermittel - drei verschiedene Behandlungswege gewählt werden können:

- Externe Entsorgung oder Aufbereitung (stark belastete Fraktion)
- Verregnung (mittel belastete Fraktion)
- Retentionsfilterbecken (gering belastete Fraktion)

Heute umfasst das Einzugsgebiet der Anlage sämtliche neuen Flächen der 5. Bauetappe, so unter anderem die zentralen Enteiserplätze, das Dock E inkl. Vorfeld, diverse Rollwege sowie die Standplätze West. Die Anlage besteht neben dem Leitungssystem (rund 18 km) aus diversen unterirdischen Pumpstationen, Kontrollschächten sowie unterirdischen Stapelbecken zur Zwischenspeicherung des zu behandelnden Enteiserabwassers. Die Verregnungsflächen umfassen rund 21 Hektaren. Für die gering belastete Fraktion können 4 Retentionsfilterbecken (RFB) genutzt werden. Die Steuerung des Entsorgungswegs (extern, Verregnung oder RFB) erfolgt via Online-Messungen des Kohlenstoffgehaltes über die Betriebszentrale.



Konzept der Enteiserabwasserentsorgung

Externe Entsorgung

Enteiserabwasser mit hohem Kohlenstoffgehalt (DOC > 10'000 mg/l), welches an den zentralen Enteiserplätzen anfällt, wird separat aufgenommen, gesammelt und in eine flughafenexterne, kommunale Abwasserreinigungsanlage transportiert (Anlage Werdhölzli der Stadt Zürich). Es dient dort als leicht verwendbare

Kohlenstoff-Quelle bei der Denitrifikation³ oder wird der Schlammfäulung im Faulturm zudosiert (Produktion von Biogas). Diese Fraktion macht 75 % der anfallenden Menge Kohlenstoff aus, jedoch lediglich 5 % des anfallenden Wasservolumens.

Als zweite Möglichkeit hat Unique (Flughafen Zürich AG) 2007 eine Aufkonzentrieranlage auf dem Flughafen-

gelände realisiert, in welcher diese stark belastete Fraktion mit einer Destillationseinheit weiter aufkonzentriert wird (von 15 % auf 60-70 % Glykolanteil). Das Konzentrat wird anschliessend von einem spezialisierten Unternehmen aufbereitet und kann für verschiedene Zwecke wieder verwendet werden.



Stapelbecken für stark belastetes Enteiserabwasser, Gebäude der Destillationseinheit, Tank für gewonnenes Konzentrat

Verregnung

Die mittel belastete Fraktion des Enteiserabwassers (40 % der anfallenden Wassermenge) wird mit einem System von Regnern auf geeignete Grünflächen im Flughafen verregnet. Bei der anschliessenden Versickerung im Boden wird das Abwasser gereinigt. Die Idee für dieses Verfahren basiert auf der Tatsache, dass seit jeher ein beachtlicher Teil der eingesetzten Enteisungsmittel ins Wiesland verweht wird und dort versickert, ohne dass im Grundwasser je eine erhöhte Belastung festgestellt werden konnte. Der Abbau der Enteisungsmittel geschieht dabei auf natürliche Weise durch die mikrobiologische Aktivität in den obersten 60-90 cm des Bodens.



Verregnungsfläche

Die Abbauprozesse sind mehrheitlich aerob, und es wird eine Reinigungsleistung von 99.7 % erzielt. Das gereinigte Enteiserabwasser gelangt via Drainagesystem in die Glatt. Das Verfahren ist sehr naturnah und relativ kostengünstig.

Retentionsfilterbecken

Gering belastetes Enteiserabwasser (DOC <20 mg/l, 55 % des anfallenden Wassers) wird über Retentionsfilterbecken (RFB) geführt. Sie bestehen aus künstlich aufgebauten, flachen und bewachsenen Becken, in welchen eingeleitetes Wasser langsam versickert. Als Hauptfunktion können damit grosse Wassermengen zurückgehalten und gedrosselt zum Abfluss gebracht werden (Wasserretention).



Einlasskanal eines Retentionsfilterbeckens

Die RFB sind Stand der Technik für die Behandlung von Regenabwasser von Hochleistungsstrassen. Der Einsatz bei Flugbetriebsflächen ist vor allem für den Sommerbetrieb ausgelegt. Von den Flugbetriebsflächen abgeschwemmte Schmutzpartikel (z. B. Schwermetalle) werden beim Versickern durch die bewachsene Bodenschicht dauerhaft an den Humus angelagert. Versuche und Messprogramme haben gezeigt, dass auch eine Einleitung von gering belastetem Enteiserabwasser im Winter sinnvoll und zweckmässig ist. Bei der Bodenpassage wird der Kohlenstoff abgebaut. Das gereinigte Wasser wird in Sickerleitungen gesammelt und der Glatt zugeleitet.

Betrieb der Verregnungsanlage

Das Stapelvolumen von rund 5'000 m³ gewährleistet ein kontrolliertes Ausbringen der Enteiserabwässer auf die Verregnungsflächen. Um sogenannte Durchbrüche⁴ zu vermeiden, dürfen die Belastungsrichtwerte – bezogen auf den stündlichen, täglichen und den Gesamtaustrag pro m² - nicht überschritten werden. Die massgeblichen

Betriebsparameter der Verregnungsanlage sind die hydraulische Belastung – also die Wassermenge – und die Belastung der Verregnungsflächen mit Kohlenstoff.

Um das Einfrieren der Systeme auch bei Dauerfrostperioden zu verhindern, sind die Regner beheizt.



Querschnitt durch einen Regnerkopf und Regner in Betrieb



Pump-Unterstation

⁴ Durchbruch: Bei zu hoher Dosierung bezüglich Enteisermittel oder Wasser kann der Boden die gewünschte Abbauleistung nicht mehr erbringen: Das Wasser passiert den Boden ungereinigt.

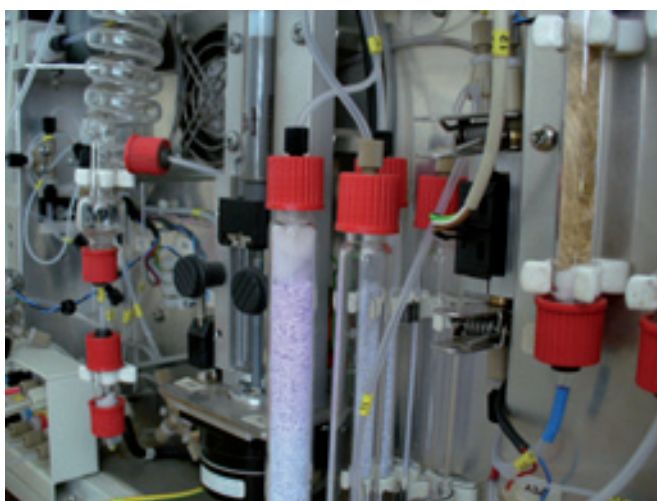
Monitoring

Während des Pilotbetriebs von 2000 bis 2006 konnte mittels eines umfassenden Monitorings der Bereiche Wasser, Boden, Biosphäre und Luft die vorbehaltlose Umweltverträglichkeit der Anlage nachgewiesen werden. Die Pilotphase wurde von einer Expertengruppe mit Behörden- und Hochschulvertretern begleitet. In dieser Zeit hat Unique (Flughafen Zürich AG) ein eigenes Labor aufgebaut.

Für die Betriebsphase ab 2007 wurde ein Monitoringkonzept für den Dauerbetrieb mit reduzierter Vielfalt der Parameter entwickelt. Der Fokus liegt dabei auf dem frühzeitigen Erkennen von allfälligen Langzeitauswirkungen. Die wichtigsten Zielsetzungen des Monitorings sind die Überwachung der Einleitgrenzwerte, die Kontrolle der Abbauleistung der Böden sowie die Dokumentation der Stoffflüsse.

Aspekt	Resultat
Abbauraten für Kohlenstoff	Bei Normalbetrieb > 99.5% (ohne Belastungsversuche, Fehlmessungen und Schadenfälle).
Grundwasserqualität	Kein Einfluss erkennbar
Einleitbedingungen	Eingehalten (punktuell überschritten, bedingt durch Belastungsversuche, Fehlmessungen und Schadenfälle)
Luftemissionen	Kein Zusammenhang festgestellt
Boden: Nährstoffhaushalt	Verregnung stellt keine Düngung dar
Boden: Wasserhaushalt	Keine Vernässungen, kein Verschliessen der Bodenporen
Boden: Mikrobiologie	Keine erkennbaren Veränderungen
Boden: Schadstoffe	Keine Akkumulation messbar
Vegetation, Schnittgut	Kein Einfluss auf die Artenzusammensetzung, keine Rückstände im Schnittgut nachweisbar

Untersuchungsparameter während der Pilotphase



Messung des Kohlenstoffgehalts im Wasser



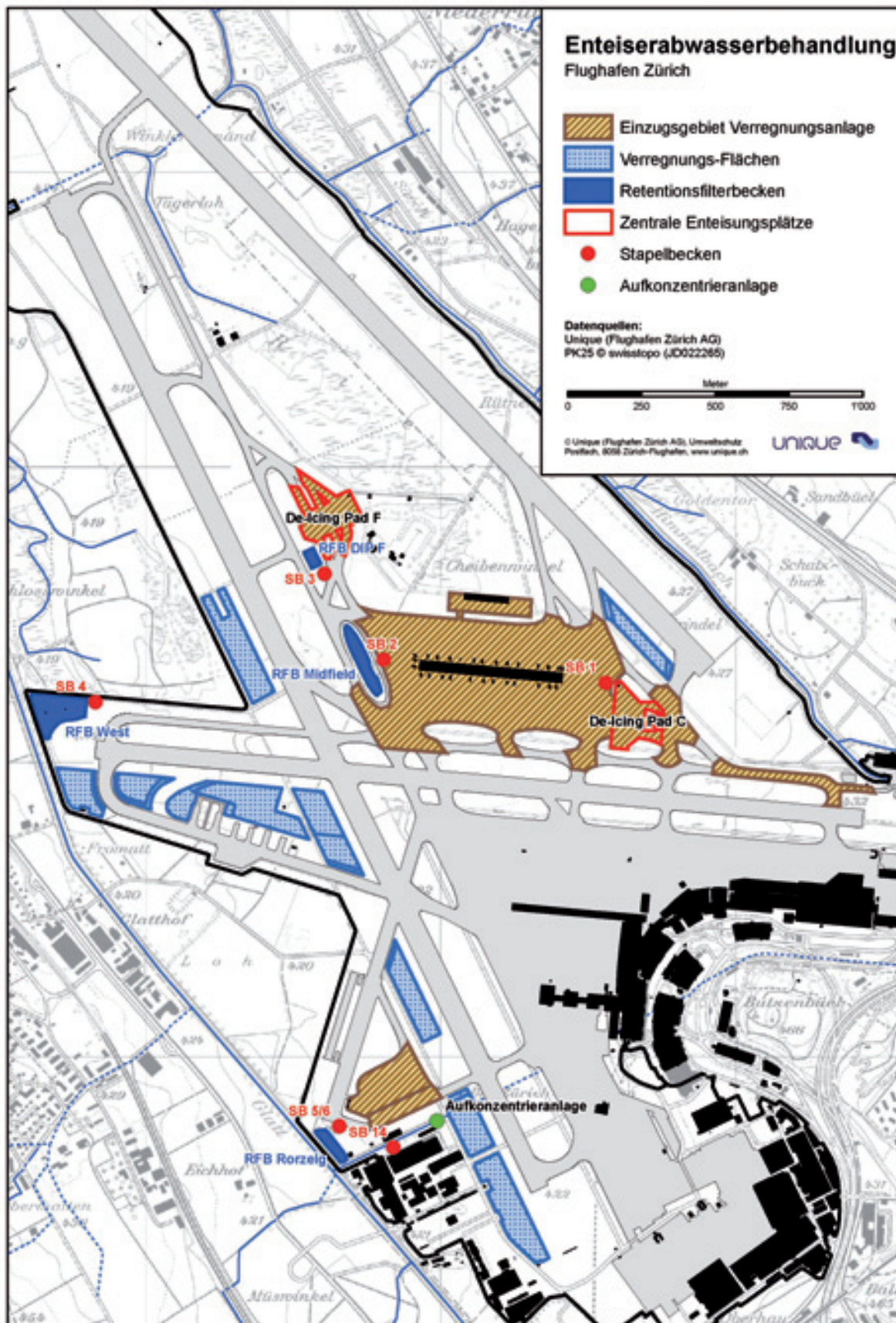
Grundwassermessung mit Piezometer

Ausblick

Das Regenabwasser von weiteren Betriebsflächen, so z.B. das Vorfeld im Bereich der Docks A und B oder die Pisten, gelangt heute noch unbehandelt in die Glatt. In der Frachtbilanz macht dies jedoch nur noch rund 25 % des anfallenden Kohlenstoffs aus, da die Enteisungen mehrheitlich auf den dafür vorgesehenen Enteisungsplätzen stattfinden, welche dem Verregnungssystem angeschlossen sind. Pro Winter kann von einer Fracht in der Grössenordnung von 100 Tonnen Kohlenstoff ausgegangen werden, welche noch unbehandelt abgeschwemmt wird. Diese Menge kann jedoch klimabedingt sehr stark variieren.

Die laufenden Arbeiten im Rahmen der generellen Entwässerungsplanung (GEP) Flughafen Zürich sehen vor, die Entwässerung sämtlicher Betriebsflächen in den nächsten Jahren auf den gleichen Stand zu bringen und wo nötig noch entsprechend anzupassen. Zukünftige Ausbauten der Verregnungsanlage und Retentionsfilterbecken werden dabei vor allem im Hinblick auf jene Flächen dimensioniert, auf welchen die grössten Restbelastungen erwartet werden können: Pistenschwellen und Vorfeldzonen gehören dazu. Die wenig belasteten Rollwege oder Werft- und Unterhalts-Vorfelder sind von untergeordneter Bedeutung. Ziel ist es, die eingeleitete Kohlenstoff-Fracht auf einen Restanteil von ca. 5% zu minimieren.

Übersichtsplan



Herausgeber:

Unique (Flughafen Zürich AG), Umweltschutz, Postfach, CH-8058 Zürich Flughafen
Tel. +41 (0)43 816 22 11, Fax +41 (0)43-816 47 60

umweltschutz@unique.ch, www.unique.ch

© Unique 03/2008

UNIQUE 