

## Umweltauswirkungen durch den Brand der swisspor AG in Steinhausen am 25. Mai 2007



Aufgabenstellung  
Brandhergang  
Grundlagen  
Auswirkungen auf die Umwelt  
Fazit

## Impressum

---

Ernst **Basler + Partner** AG

Zollikerstrasse 65

8702 Zollikon

Telefon 044 395 11 11 Fax 044 395 12 34

E-Mail [info@ebp.ch](mailto:info@ebp.ch)

Internet [www.ebp.ch](http://www.ebp.ch)

207151.00, 5. November 2007/HFZ, CE

letzte Änderung: 14. November 2007

---

## **Inhalt**

	<b>Zusammenfassung</b>	4
<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	6
<b>2</b>	<b>Brandhergang</b>	8
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b>	11
3.1	Verbrannte Massen	11
3.2	Löschmittel	12
3.3	Aufgefangenes Lösch- und Abwasser	12
3.4	Meteorologische Verhältnisse	13
3.5	Luftschadstoffe	15
3.6	Boden	18
<b>4</b>	<b>Auswirkungen auf die Umwelt</b>	19
4.1	Auswirkungen auf die Luft	19
4.2	Auswirkungen auf den Boden	28
4.3	Auswirkungen auf das Wasser	31
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	33
5.1	Luftschadstoffe	33
5.2	Boden	34
5.3	Wasser	34
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	35
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	37
	<b>Anhänge</b>	
<b>A1</b>	<b>Modellierung der Luftschadstoffausbreitung</b>	38
<b>A2</b>	<b>Schadstoffbelastung des Wassers</b>	41

## Zusammenfassung

Am 25. Mai 2007 geraten auf dem Gelände der swisspor AG in Steinhausen mehrere Produktions- und Lagerhallen in Brand. Über 400 Feuerwehrleute aus dem Kanton Zug und aus benachbarten Kantonen stehen im Einsatz. Eine schwarze Rauchwolke steigt mehrere hundert Meter auf, wird durch den Wind in Richtung Norden getragen und ist sogar in Zürich gut sichtbar. Der Brand findet dementsprechend ein grosses Echo in den Medien.

Verbrannt sind hauptsächlich die auf dem Gelände gelagerte Mengen Styropor sowie die Fabrikhallen und mehrere Fertigungsmaschinen. Der Brand hat Auswirkungen auf die Umwelt. Beeinträchtigt werden die Elemente Luft, Wasser und Boden. Um das Ausmass der Umweltauswirkungen abschätzen zu können, werden die Schadstoffemissionen durch den Brand abgeschätzt und mit Hilfe einer numerischen Ausbreitungsrechnung die durchschnittlichen Schadstoffkonzentrationen in der Luft und der Staubbiederschlag auf den Boden in den Kantonen Zug und Zürich berechnet. Beim Schutzgut Wasser werden die Vorgänge in der Brandnacht und die vorgenommenen Wasserqualitätsmesswerte analysiert.

### Luft

Die Ausbreitungsmodellierung wird für die Schadstoffe Feinstaub (mit Russ als Bestandteil), Kohlenmonoxid und bromierte Dioxine/Furane durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich in der Brandnacht die Feinstaub-Konzentrationen bodennah in Richtung Nord-Nordwest bis hin nach Regensdorf im Kanton Zürich verteilen. Am Boden tritt die höchste Zusatzbelastung durch den Brand etwa 7 km nördlich von Steinhausen im Knonauer Amt auf. Es muss davon ausgegangen werden, dass lokal in diesen Räumen der Immissionsgrenzwert für den Tag von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten wird. Für die Periode von zwei Tagen kann man die aufgetretenen Konzentrationen an Feinstaub als erhöht bezeichnen. Vergleichbare oder sogar höhere Werte treten auch bei austauscharmen Inversionswetterlagen im Winter auf wie z.B. in der Wintersmog-Periode Februar 2006. Es ist zwar zu vermuten, dass die Rauchwolke durch den Brand aufgrund des hohen Anteils an feinen Russpartikeln eine grössere toxische und kanzerogene Wirkung besitzt als die allgemeinen Bestandteile des Feinstaubs, die Einwirkzeit ist jedoch beim Brand auf wenige Stunden beschränkt und damit relativ kurz.

In höheren Lagen zieht die Brandwolke in Richtung Nord-Nordost über den Uetliberg und über die Stadt Zürich. Dieses Ergebnis bestätigt sich durch Beobachtungen von Zürich aus. Die zusätzlichen Feinstaub-Konzentrationen durch den Brand liegen aber in der Stadt Zürich in Bodennähe überall unter  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dieses Ergebnis wird bestätigt durch Messwerte an Zürcher Strassenmessstellen, die keinen signifikanten Anstieg der Feinstaubbelastung registrieren. Die zusätzliche Kohlenmonoxid-Konzentration in Bodennähe liegt überall im untersuchten Gebiet deutlich unter dem Grenzwert der Luftreinhalte-Verordnung, so dass hier keine übermässigen negativen Auswirkungen zu verzeichnen sind.

Ob und wie viel bromierte Dioxine und Furane beim Brand entstanden sind, hängt von den Brandbedingungen ab und ist nachträglich nicht mehr feststellbar. Eine konservative Abschätzung ergibt

eine zusätzliche Konzentration von Dioxinen/Furanen in der Luft, die bodennah um bis zu 30-mal höher liegt als die üblicherweise vorherrschende Dioxin-Belastung. Die Exposition durch die Brandwolke war aber nur von kurzer Dauer. Im Jahresmittel würde sich daraus unter den konservativen Annahmen lokal eine erhöhte Belastung von maximal +15 % über den üblichen Werten ergeben.

## **Boden**

Mit der Ausbreitungsmodellierung wird auch der Staubniederschlag auf dem Boden berechnet. Für die beiden Tage der Brandnacht ergeben sich stellenweise Depositionswerte, die bis zu viermal höher liegen als der Grenzwert im Jahresmittel. Bezogen auf das Jahr betragen die zusätzlichen Staubniederschläge aber lediglich 2 % des erlaubten Grenzwerts. Auch die Deposition von bromierten Dioxinen und Furanen durch den Brand liegt unter konservativen Annahmen deutlich unter dem Richtwert aus der Verordnung über die Belastung des Bodens. Somit ist von keinen übermässigen negativen Auswirkungen des Brandes auf den Boden auszugehen.

## **Wasser**

Die Feuerwehren verbrauchen in der Brandnacht ca. 2 Millionen Liter Löschwasser und ca. 3'600 Liter Löschschaum. Ein Grossteil davon verdampft durch die Hitze und steigt als Wasserdampf mit der Rauchgaswolke auf. Das nicht verdampfte Wasser gelangt über die Kanalisation in das Regenüberlaufbecken Hinterberg und von dort in die Kläranlage Schönau.

In der Brandnacht werden rasch Massnahmen am Regenüberlaufbecken Hinterberg ergriffen, mit denen gewährleistet werden kann, dass weder Löschwasser noch Löschschaum direkt in die Fliessgewässer, sondern alles in die Kläranlage Schönau gelangt und dort gereinigt wird. Die Online-Messungen ergeben an allen Anlageteilen der Kläranlage keine aussergewöhnlichen Werte der Wasserqualität und die Anlage erzielt eine normale Reinigungswirkung. Das gereinigte Wasser wird in die Lorze geleitet, wo auch an der Gewässerqualitätsmessstelle Frauental, unterhalb des Kläranlagenzulaufs an der Lorze, keine ungewöhnlichen Messwerte verzeichnet werden. Messungen der Dioxin/Furan-Konzentration werden nicht durchgeführt. Man kann aber davon ausgehen, dass ein Grossteil der dioxinbelasteten Russpartikel in der Kläranlage herausgefiltert wird. Aus diesen Gründen hat der Brand keine übermässigen negativen Auswirkungen auf die Fliessgewässer und das Grundwasser.

## **Fazit**

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Auswirkungen des Brandes auf die Schutzgüter Wasser und Boden von geringem Ausmass sind. In Bezug auf die Luftqualität gibt es einen Korridor von Steinhausen im Kanton Zug bis nach Regensdorf im Kanton Zürich, der in der Brandnacht für wenige Stunden mit erhöhten Schadstoffen belastet wurde. Somit ist lokal und zeitlich begrenzt eine gesundheitliche Beeinträchtigung der Bevölkerung nicht auszuschliessen. Mit nachhaltigen Auswirkungen ist jedoch nicht zu rechnen.

## 1 Aufgabenstellung

Der Brand bei der Firma swisspor AG in Steinhausen vom 25. Mai 2007 war ein Grossereignis in verschiedener Hinsicht. Über 400 Feuerwehrleute aus dem Kanton Zug und aus benachbarten Kantonen standen im Einsatz. Eine schwarze Rauchwolke stieg mehrere hundert Meter in die Luft auf, wurde durch den Wind in Richtung Norden getragen und war sogar in Zürich gut sichtbar. Dementsprechend fand das Ereignis ein grosses Echo in den Medien. Das Amt für Umweltschutz des Kantons Zug hat viele Anfragen über die Auswirkungen im Zusammenhang mit dem Brandereignis bekommen.

Wegen des ausserordentlichen Charakters des Brandereignisses hat das Amt für Umweltschutz des Kantons Zug durch die Ernst Basler + Partner AG einen Bericht über die Auswirkungen des Brandes auf die Umwelt verfassen lassen. Der Bericht beleuchtet verschiedene Aspekte zu Ablauf und Auswirkungen der Ereignisse:

1. Wie ist der Brand abgelaufen?
2. Welche Schadstoffe sind beim Brandvorgang entstanden?
3. Wie haben sich die Brandgase in der Atmosphäre ausgebreitet und welche Konzentrationen herrschten in der näheren und weiteren Umgebung?
4. Wie gross ist die in Boden und Gewässer eingetragene Schadstoffmenge?
5. Welche Auswirkungen hat die erhöhte Schadstoffexposition durch den Brand auf den Menschen und die Umwelt?

Die Lage des Brandortes in Steinhausen und die grossräumige Umgebung des Kantons Zug sind in Abbildung 1 dargestellt.

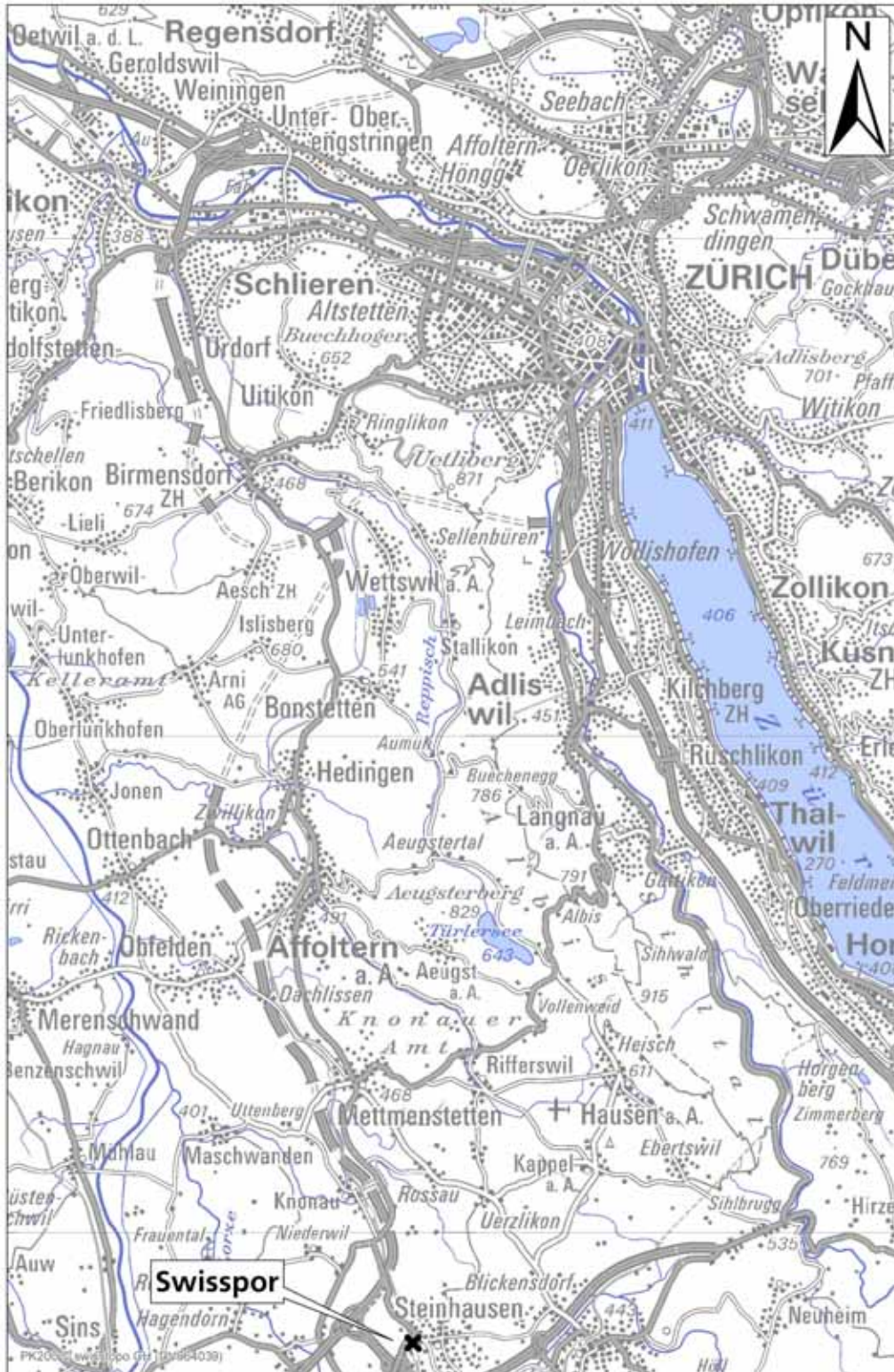


Abbildung 1: Lage des Brandorts in Steinhausen (markiert mit X) und die nähere Umgebung

## 2 Brandhergang

Am Freitag, den 25. Mai 2007 wurde um ca. 19:30 Uhr die Zuger Polizei durch mehrere Anrufe über den Ausbruch eines Brandes auf dem Gelände der Firma swisspor AG in Steinhausen alarmiert. Kurze Zeit später standen bereits mehrere Gebäude des Fabrikareals in der Grösse eines Fussballfeldes in Flammen. Eine schwarze Rauchwolke stieg mehrere hundert Meter hoch in die Luft und wurde nach Norden getragen.

Der Auslöser des Brandes war die thermische Nachverbrennungsanlage, deren Abstrahlungswärme einen Schwelbrand an einem Holzbalken unter einer Metallverkleidung ausgelöst hatte. Von diesem ausgehend wurden die benachbarten Räume und Gebäude in Brand gesteckt [1]. Infolge des Brandausmasses wurde Katastrophenalarm ausgelöst. Vorort bekämpften zahlreiche kantonale und ausserkantonale Feuerwehren den Brand. Bis 20:00 Uhr waren die FW Steinhausen, die FW Cham, die Freiwillige Feuerwehr Zug und die FW Baar vor Ort. Ausserdem am Einsatz beteiligt waren die FW Neuheim, die FW Affoltern a. A., der SBB-Löschzug Zürich, die Berufsfeuerwehr Zürich, die Feuerwehr Luzern, die Berufsfeuerwehr Unique und die Stützpunkt Berufsfeuerwehr Winterthur. Insgesamt kamen über 400 Rettungskräfte zum Einsatz.

Gegen Mitternacht war der Brand soweit unter Kontrolle, dass Teile der aufgebotenen Feuerwehren ihren Rückzug antreten konnten. Die Nachlöscharbeiten dauerten noch bis weit in den Sonntag hinein. Bereits am Samstagnachmittag konnte das Areal dem Eigentümer wieder übergeben werden. Das Verwaltungsgebäude der swisspor AG sowie die Liegenschaften Ohnsorg, Erni Bau, Käserei und Vanoli konnten durch den Einsatz der Feuerwehren vor den Flammen gerettet werden [1] [2] [3] [4].

Insgesamt wurde ein Wasserverbrauch ab Hydrantennetz von gut 2 Millionen Litern registriert. Der Spitzenverbrauch lag zwischenzeitlich bei ca. 30'000 l/min. Wegen des hohen Verbrauchs wurde die Bevölkerung von Steinhausen und den umliegenden Gemeinden zum Wassersparen aufgefordert. Das nicht verdampfte Löschwasser gelangte über die Abwasserleitung von Steinhausen in das Regenüberlaufbecken Hinterberg und von da aus in die Kläranlage Schönau. Durch Massnahmen am Regenüberlaufbecken Hinterberg konnte sichergestellt werden, dass kein Löschwasser in die Vorfluter gelangte, sondern die gesamte Wassermenge in der Kläranlage gereinigt werden konnte [5].

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen das Fabrikareal vor und nach dem Brand und belegen das Ausmass der Zerstörung. Abbildung 4 zeigt die Rauchwolke mit Blick aus Südwesten.



Abbildung 2: Luftbild des Fabrikareals der swisspor AG vor dem Brand. Norden: unten  
(Quelle: ZUGIS)



Abbildung 3: Luftbild des Fabrikareals der swisspor AG nach dem Brand. Norden: unten  
(Quelle: Feuerwehr Steinhausen)



*Abbildung 4: Aufstieg der Rauchgaswolke über dem Kanton Zug. Der Wind trug die Wolke in Richtung Norden. Blick aus Südwesten, Zug-Schönegg.  
(Quelle: Amt für Umweltschutz des Kantons Zug)*

### 3 Grundlagen

#### 3.1 Verbrannte Massen

Die swisspor AG in Steinhausen im Kanton Zug ist auf die Herstellung von Vollwärmeschutz-Verbund-Systemen für Gebäude-Aussenwände spezialisiert. Diese Dämmstoffe bestehen aus expandiertem Polystyrol-Hartschaum (EPS, auch bekannt als Styropor oder Sagex). Auf dem Werksgelände der swisspor AG wurde hauptsächlich EPS gelagert, wovon der Grossteil verbrannt ist. Die Lagermenge und die verbrannte Masse Styropor sind in Tabelle 1 aufgeführt. Insgesamt sind rund 300 Tonnen Styropor verbrannt.

Styropor	Lagermenge	Verbrannter Anteil	Verbrannte Masse
Rohmaterial	273'600 kg	20 %	54'720 kg
Fertigprodukte	157'200 kg	100 %	157'200 kg
Rohblöcke	77'700 kg	90 %	69'930 kg
Perlen	17'920 kg	70 %	12'544 kg
<b>Total</b>	<b>526'420 kg</b>	-	<b>294'394 kg</b>

Tabelle 1: Lagermengen der swisspor AG in Steinhausen und die verbrannte Masse an Styropor. (Quelle: swisspor AG [6])

Das Styropor besteht zu 94.3 % aus Styrol ( $C_8H_8$ ), zu 5 % aus Pentan als Schaummittel und zu 0.7 % aus dem Flammschutzmittel Hexabromcyclododekan (HBCD). Neben Styropor sind verschiedene andere Stoffe, Gebäudeteile und Maschinen auf dem Werksgelände verbrannt. Im Wesentlichen sind dies die in Tabelle 2 aufgeführten Mengen.

Stoff/Name	Menge	Verbrannte Masse
Benzin	400 l, $\rho=0.75$ kg/l	300 kg
Motorenöl	600 l, $\rho=0.85$ kg/l	510 kg
PE-Folie (Verpackung)	36'310 kg	36'310 kg
PKW	1 Stück	ca. 1'500 kg
Diverse Maschinen und Geräte	n. b.	n. b.
Fabrikhallen (Stahlkonstruktion) Schutzanstrichfarbe	4 Stück Oberfläche (geschätzt): 15'000 m <sup>2</sup>	ca. 7'500 kg

Tabelle 2: Weitere gelagerte Mengen und verbrannte Massen (Quelle: swisspor AG [6])  
n. b.: nicht bestimmbar

### **3.2 Löschmittel**

Zum Löschen des Brandes wurde Wasser und Löschschaum benutzt. Es wurden ca. 2 Millionen Liter Löschwasser ab Hydranten und ca. 3'600 Liter Löschschaum der Marke MOUSSOL APS 3/3 eingesetzt.

Der verwendete Löschschaum wurde von der Firma Dr. Sthamer, Hamburg [7] bezogen und ist ein wasserfilmbildendes AFFF Schaummittel auf Basis synthetischer, oberflächenaktiver Substanzen, das speziell für den Einsatz auf schaumzerstörenden Flüssigkeiten entwickelt wurde. AFFF Schaummittel bestehen neben Kohlenwasserstoffsiden und Glycolderivaten auch aus so genannten Fluortensiden. Gemäss Herstellerangaben bestehen die Fluortenside aus Telomersulfonat, für das es nach heutigem Stand des Wissens keine Hinweise auf bioakkumulierende oder toxische Wirkungen gibt. Das Löschmittel wird als biologisch sehr gut abbaubar bezeichnet [7].

### **3.3 Aufgefangenes Lösch- und Abwasser**

Ein Grossteil der ca. 2 Millionen Liter Löschwasser und ca. 3'600 Liter Löschschaum ist durch die Hitze des Brandes verdampft und als Wasserdampf mit der Rauchgaswolke in die Luft aufgestiegen. Die nicht verdampfte Wassermenge ist über die Abwasserleitung von Steinhausen in das Regenüberlaufbecken Hinterberg der GVRZ (Gewässerschutzverband der Region Zugersee-Küssnachtsee-Ägerisee) und von dort in die Kläranlage Schönau geflossen. Das Personal des GVRZ wurde in der Brandnacht rasch durch die Kommandostelle der Kantonspolizei Zug über den Vorfall benachrichtigt.

#### **3.3.1 Massnahmen am Regenüberlaufbecken Hinterberg**

Im Regenüberlaufbecken Hinterberg konnte durch schnelle Massnahmen sichergestellt werden, dass kein Ab- bzw. Löschwasser in die Vorfluter und damit ungereinigt in die Gewässer geleitet wurde. Dafür wurde der Durchfluss am Regenüberlaufbecken Hinterberg so geregelt, dass das Speicherbecken nicht übergelaufen ist. Die Pegelschreiber am Regenüberlaufbecken haben in der Brandnacht einen maximalen Stand von 2.56 m aufgezeichnet. Damit lag der Pegel stets unterhalb der Überfallkante von 2.60 m. Bis gegen 06:00 Uhr früh am 26.05.2007 war das Löschwasser so weit in Richtung Kläranlage abgeflossen, dass im dem Regenüberlaufbecken Hinterberg das normale Niveau wieder erreicht wurde.

#### **3.3.2 Massnahmen an der Kläranlage Schönau**

Das Personal befreite in der Brandnacht diverse Anlagen und Maschinen von Brand- und Kunststoffrückständen, die mit dem Löschwasser in die Kläranlage geraten waren. Durch diese Massnahme konnte gewährleistet werden, dass das Abwasser einwandfrei behandelt wurde. Die Qualität des gereinigten Abwassers wurde durch Messungen kontrolliert und nachgewiesen.

### 3.4 Meteorologische Verhältnisse

In der Nacht vom 25. auf den 26. Mai 2007 lag die Schweiz auf der Vorderseite eines Tiefdrucktrogens. Bei Zwischenhocheinfluss herrschten leichte Winde aus südlicher Richtung vor. Am 25. Mai lagen die Tageshöchsttemperaturen im Raum Zug um 28°C. Es gab ca. 7 Sonnenstunden und es war niederschlagsfrei.

Insbesondere der Wind besitzt einen grossen Einfluss auf die Verteilung der Brandgase in der näheren und weiteren Umgebung, da diese durch die Luftströmungen getragen werden. Der Einfluss der meteorologischen Verhältnisse auf die Umweltauswirkungen wird in Abschnitt 4.1.2 näher beschrieben.

Die Meteo Schweiz betreibt in Cham im Kanton Zug und auf dem Uetliberg im Kanton Zürich Windmessstationen. Windrichtung und Windgeschwindigkeit sind entscheidende Grössen für die Ausbreitung einer Brandgaswolke, da diese vom Wind getragen wird.

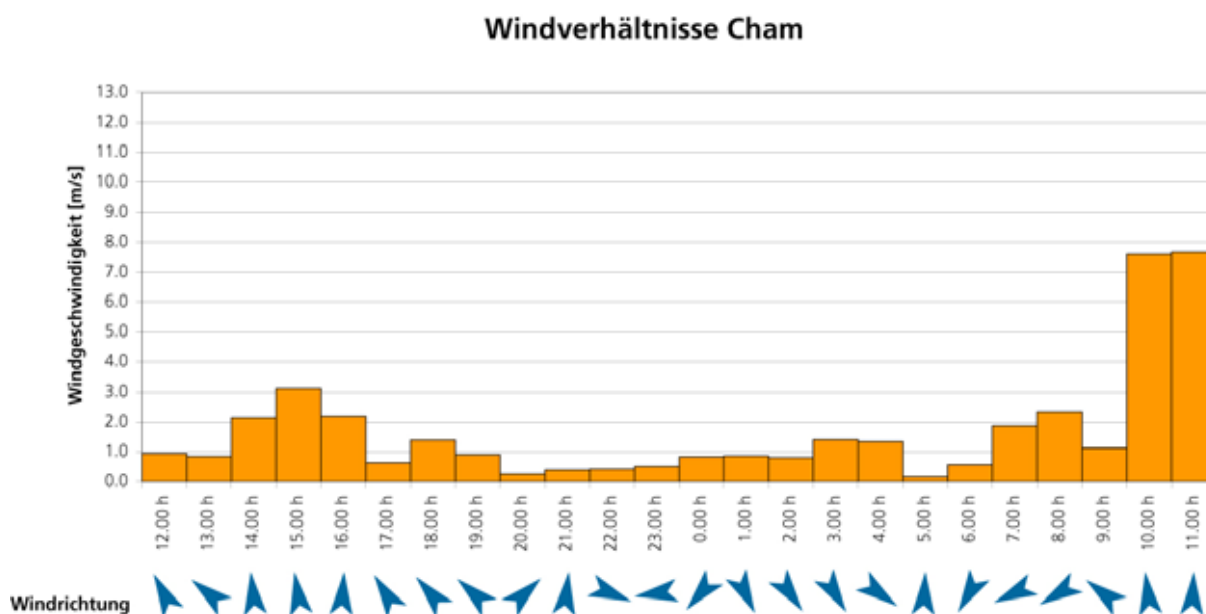


Abbildung 5: Gemessene Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den Station Cham in der Zeit vom 25. Mai 2007, 12 Uhr bis zum 26. Mai 2007, 11 Uhr (MESZ).  
Quelle der Messdaten: Meteo Schweiz

An der Station Cham werden kontinuierliche Windmessungen in einer Höhe von 10 m über dem Erdboden durchgeführt. Die Windmessstation liegt nur etwa 1'300 m südwestlich von der Brandstelle in Steinhausen. Aufgrund der Nähe kann die Windmessung von Cham als repräsentativ für den bodennahen Wind am Standort Steinhausen angenommen werden. In Abbildung 5 sind die in Cham gemessenen Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in der Zeit vom 25.05. 12 Uhr bis zum 26.05.2007 11 Uhr aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass die Windgeschwindigkeit während

der Brandphase mit unter 2 m/s, häufig sogar mit unter 1 m/s sehr niedrig war. Damit einher gingen wechselnde Windrichtungen. Zunächst wehte der Wind aus südöstlichen Richtungen und schwenkte dann über südliche hin zu nordwestlichen Richtungen (22 Uhr). Im weiteren Verlauf der Brandnacht wechselte die Windrichtung auf Ost (23 Uhr und 0 Uhr) und später wieder auf Nordwest.

Auf dem Uetliberg betreibt die Meteo Schweiz in 189 m über dem Boden (1'043 m über Meer) eine Höhenwindmessstation. Der hier gemessene Wind repräsentiert die Windverhältnisse ausserhalb der bodennahen Grenzschicht. In Abbildung 6 sind die an der Station Uetliberg gemessenen Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in der Zeit vom 25.05. 12 Uhr bis zum 26.05.2007 11 Uhr aufgetragen. Der Höhenwind weist innerhalb des Brandzeitfensters deutlich höhere Windgeschwindigkeiten auf. Die Werte liegen zumeist zwischen 5 und 12 m/s. Die Windrichtung in der Höhe ist weniger von lokalen Einflüssen abhängig, wie beispielsweise der Bodenwind. Deshalb sind die Windrichtungsänderungen kleiner als an der Station Cham. Zu Beginn des Brandzeitfensters wehte der Wind aus südlichen und südwestlichen Richtungen, bevor er ab 3 Uhr auf östliche Richtungen drehte.

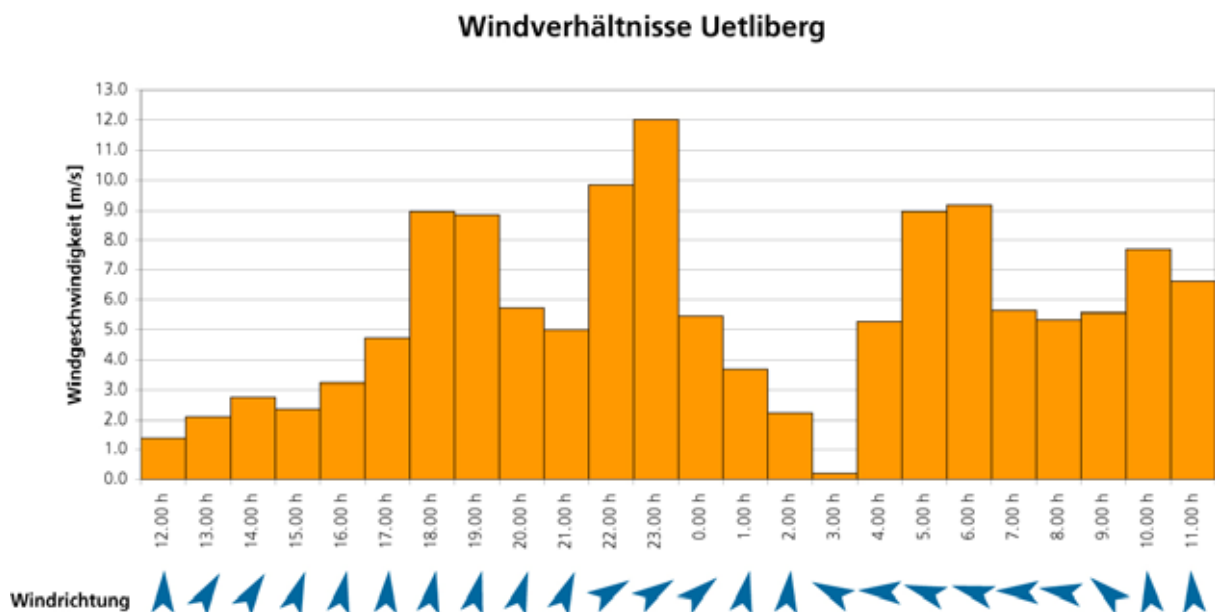


Abbildung 6: Gemessene Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den Station Uetliberg in der Zeit vom 25. Mai 2007, 12 Uhr bis zum 26 Mai 2007, 11 Uhr (MESZ).

Quelle der Messdaten: Meteo Schweiz

### 3.5 Luftschaadstoffe

#### 3.5.1 Immissionsgrenzwerte

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) [8] dient dem Zweck, Menschen, Tiere, Pflanzen und Boden vor schädlichen oder lästigen Luftverunreinigungen zu schützen. Sie schreibt Immissionsgrenzwerte für mehrere Schadstoffe vor. Unter anderem sind das Grenzwerte für Schwebstaub (PM10, Feinstaub) und für Kohlenmonoxid. In Tabelle 3 sind die Grenzwerte der LRV aufgeführt.

Für Dioxine und Furane gibt es in der Schweiz keinen Immissionsgrenzwert. Die Luftreinhalte-Verordnung schreibt dafür einen Emissionsgrenzwert von 0.1 ng TE/m<sup>3</sup> im Abgas vor (TE: Toxizitäts-Equivalent) [8]. In der Schweiz übliche Dioxin- und Furangehalte in der Luft liegen zwischen 0.00005 und 0.0001 ng TE/m<sup>3</sup> [11].

Schaadstoff	Immissionsgrenzwert	Mittelungszeitraum	Erklärung
Feinstaub	20 µg/m <sup>3</sup>	Jahr	Mittelwert über ein ganzes Jahr
	50 µg/m <sup>3</sup>	Tag (24 Stunden)	Mittelwert über einen ganzen Tag. Dieser Wert darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden.
Kohlenmonoxid	8 mg/m <sup>3</sup>	Tag (24 Stunden)	Mittelwert über einen ganzen Tag. Dieser Wert darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden.
	35 mg/m <sup>3</sup>	8 Stunden	MAK-Wert

Tabelle 3: Immissionsgrenzwerte; Auszug aus der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) [8]

#### 3.5.2 Schaadstoffimmissionen im Kanton Zug

Der Kanton Zug überwacht im Verbund **Inluft** mit den Innerschweizer Kantonen die Lufthygiene. Diese Messungen können als Vergleichswerte der Feinstaubkonzentrationen herangezogen werden. An der innerstädtischen Messstation Zug, Postplatz wurde im Jahr 2006 mit einem Jahresmittelwert von 25 µg/m<sup>3</sup> der Grenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> deutlich überschritten. Auch der festgelegte Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> wurde an 38 Tagen im Jahr 2006 überschritten, obwohl nur eine Überschreitung pro Jahr zulässig ist. Der höchste gemessene Tagesmittelwert lag mit 142 µg/m<sup>3</sup> sogar fast dreimal höher. Die gemessenen Werte an der Messstation Zug, Postplatz sind charakteristisch für die Belastungssituation an stark befahrenen Strassen in Schweizer Städten.

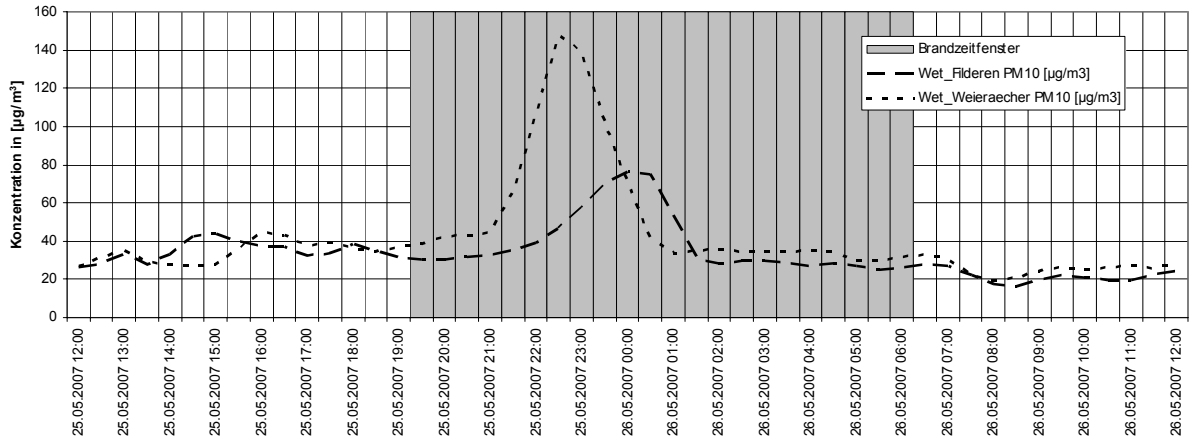
Im ländlicheren Gebieten sind die Konzentrationen deutlich niedriger. Die mittleren Feinstaubkonzentrationen liegen hier erfahrungsgemäss bei durchschnittlichen Werten zwischen 10 und 15 µg/m<sup>3</sup>.

### **3.5.3 Schadstoffmessungen in der Brandnacht**

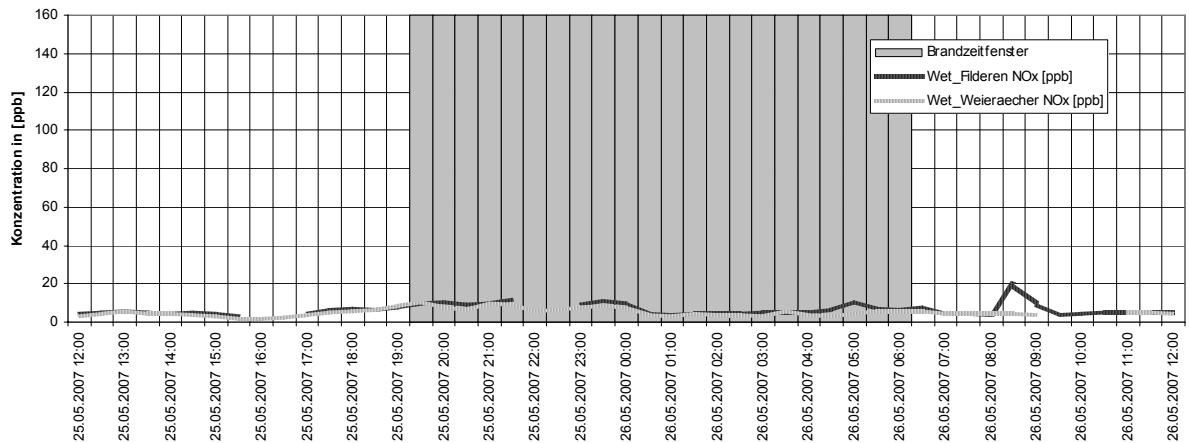
In der Brandnacht wurden an den Messstationen Wettswil-Filderen und Wettswil-Weierächer, die vom Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL) betrieben werden, erhöhte Konzentrationen der Schadstoffe Feinstaub (PM10) und Russ gemessen. Die Messstationen liegen ca. 16 km nördlich des Brandorts im Kanton Zürich am westlichen Fusse des Albis.

Die Abbildung 7 zeigt den zeitlichen Verlauf der PM10, Russ-, und NO<sub>x</sub>-Messwerte in der Brandnacht. In der Zeit von 21:00 Uhr bis 01:00 Uhr früh sind deutlich erhöhte Konzentrationen gemessen worden. Die PM10-Werte stiegen bis auf das 3.5-fache an. Die Russ-Immissionen lagen in dieser Zeit etwa 7-mal höher als die herkömmlichen Werte. Die Stickoxidmessungen ergaben keine erhöhten Schadstoffwerte.

Messungen in Wettswil Filderen und Weierächer am 25./26. Mai 2007  
Feinstaub (PM10)



Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)



Russ

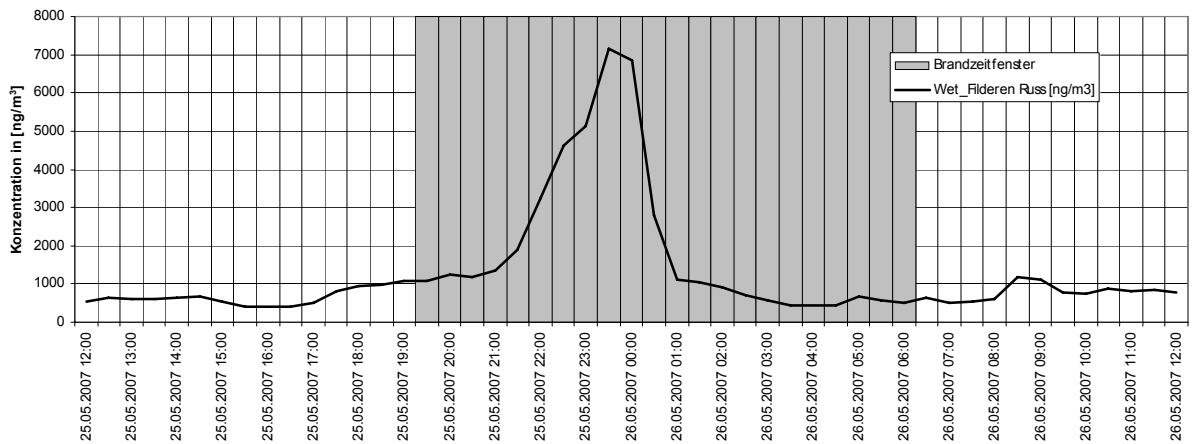


Abbildung 7: Immissionsmessungen (1/2-Stundenmittelwerte) an den Stationen Wettswil in der Zeit vom 25.05.2007, 12 Uhr bis 26.05.2007, 12 Uhr.

Quelle: AWEL, Abteilung Lufthygiene

### 3.6 Boden

#### 3.6.1 Immissionsgrenzwerte

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) [8] gibt einen Grenzwert für Staubbiederschlag an. Die Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) [13] gibt einen Richtwert für die Bodeninhaltsstoffkonzentration von Dioxinen/Furanen. In Tabelle 4 sind diese Grenzwerte aufgelistet.

Schadstoff	Immissionsgrenzwert	Mittelungszeitraum	Erklärung	Quelle
Staubbiederschlag	200 mg/m <sup>2</sup> Tag	Jahr	Mittelwert über ein ganzes Jahr	LRV
Dioxine/Furane im Boden	5 ng TE/dm <sup>3</sup>	-	Richtwert für Bodeninhaltsstoffe	VBBo

Tabelle 4: Immissionsgrenzwerte; Auszug aus der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) [8] und der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) [13]

#### 3.6.2 Schadstoffniederschlagsmessungen

Messungen des Bundesamts für Umwelt (BAFU) zeigen jahresmittlere Staubbiederschläge in der Schweiz. In Abbildung 8 ist der Staubbiederschlag seit 1988 aufgeführt für verschiedene Kategorien von Gebietstypen. In den Kantonen Zug und Zürich gibt es städtische, vorstädtische und ländliche Bereiche. Im Jahresmittel liegt hier der Staubbiederschlag zwischen 40 und 50 mg/(m<sup>2</sup> Tag) und damit deutlich unter dem Grenzwert der LRV von 200 mg/(m<sup>2</sup> Tag).

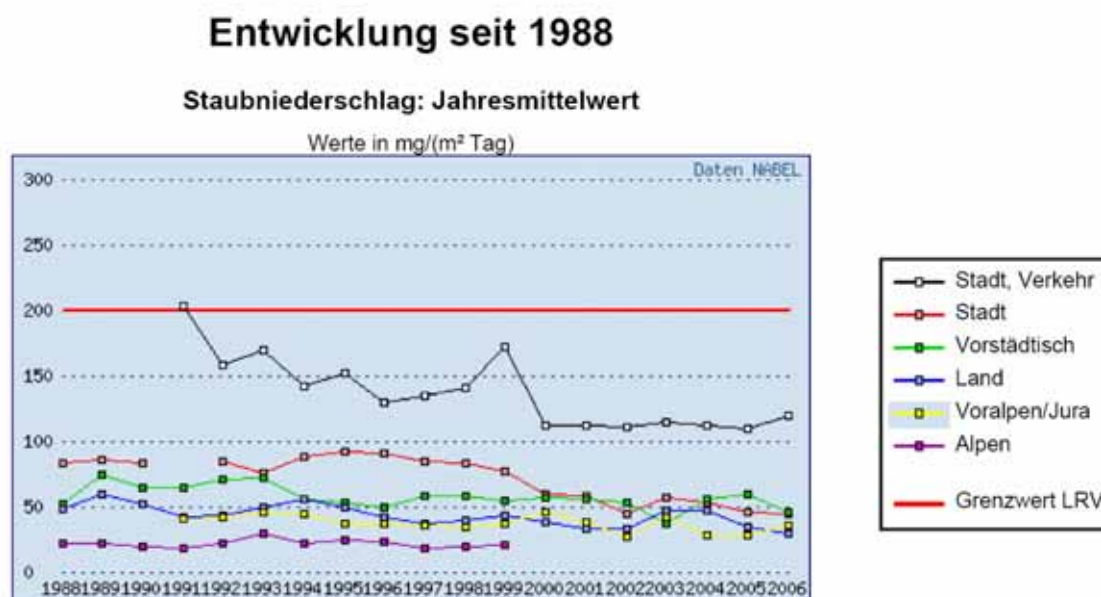


Abbildung 8: Staubbiederschlag in der Schweiz: Entwicklung seit 1988. Quelle: BAFU

## 4 Auswirkungen auf die Umwelt

Der Brand hat in den Bereichen Luft, Boden und Wasser auf die Umwelt eingewirkt. Die Brandgaswolke hat eine lokale Erhöhung der Luftschadstoffbelastung ergeben. Dieser waren Menschen, Tier und Pflanzen für kurze Zeit ausgesetzt. Die Brandgaswolke bestand aus Kohlenmonoxid, Russ- und Feinstaub (wobei Russ ein Bestandteil des Feinstaubes ist). Eventuell sind beim Brand auch Dioxine und Furane entstanden. Ein Teil der Staubteilchen ist mit angelagerten Schadstoffen auf den Boden niedergeschlagen, die gegebenenfalls in das Erdreich eindringen und Pflanzen und Grundwasser beeinflussen können. Ausserdem ist beim Löschvorgang eine grosse Menge an verschmutztem Löschwasser angefallen, die gereinigt werden musste.

### 4.1 Auswirkungen auf die Luft

#### 4.1.1 Freigesetzte Schadstoffe

Eine Bestimmung der beim Brand in die Luft freigesetzten Schadstoffmenge kann nur überschlägig erfolgen, da einerseits eine Messung des Emissionsmassenstroms während des Brandes nicht möglich war und andererseits eine genaue Bestimmung der verbrannten Mengen fehlerbehaftet ist. Relativ gute Kenntnisse hat man aber über den Hauptbestandteil der verbrannten Masse. Dieser bestand aus Styrol, was ca. 94.3 % von Styropor ausmacht. Zudem ist eine grosse Menge an Verpackungsfolien (Polyethylen: PE) verbrannt. Diese und weitere Stoffe haben dazu geführt, dass beim Brand insgesamt ca. 54'700 kg Feinstaub (inklusive Russ) entstanden und in die Luft aufgestiegen sind (siehe Tabelle 5). Die angewendeten Emissionsfaktoren sind der Literatur [14] entnommen.

	Verbrannte Menge [kg]	Emissionsfaktor Feinstaub [g/g]	Emission Feinstaub [kg]
Styrol (~94.3% von Styropor)	277'600	0.177	~49'150
PE	36'300	0.060	2'200
Motoröl	500	0.097	50
Schutzanstrichfarbe der Hallen	7'500	~0.1	~750
PKW	1'500	~0.03	~50
div. Maschinen und Automaten	geschätzt		~2'500
<b>Summe</b>			<b>54'700</b>

Tabelle 5: Feinstaub-Emission durch den Brand

Weiter entstand beim Brand eine grosse Menge Kohlenmonoxid (CO). In Tabelle 6 ist die abgeschätzte Menge CO aufgeführt, die beim Brand entstanden ist. Der dabei berücksichtigte Emissionsfaktor von 500 mg/g kann als konservativ angesehen werden [9]. Die Menge des Brandguts wird zusammengefasst, da sich neben dem gelagerten Styrol auch weitere Kunststoffe (z.B. aus den Maschinen und Automaten) verbrannt sind.

	<b>Verbrannte Menge [kg]</b>	<b>Emissionsfaktor CO [g/g]</b>	<b>Emission CO [kg]</b>
Brandgut (zusammengefasst)	~300'000	0.500	~150'000

Tabelle 6: CO-Emission durch den Brand (konservative Abschätzung)

Inwieweit beim Brand weitere Stoffe entstanden und sich diese an die Feinstaubpartikel angelagert haben, lässt sich im Nachhinein nicht genau sagen. Als kritisch zu betrachten ist aber das Flammschutzmittel HBCD, das mit 0.7 Gew% im verbrannten Styropor enthalten war. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass beim Brand aus dem Flammschutzmittel bromierte Dioxine PBDD und Furane PBDF entstanden sind. Ob die Bildung stattgefunden hat, hängt von den Brandtemperaturen und Verbrennungsbedingungen ab, die nicht mehr nachvollzogen werden können. Für einen konservativen Vergleich wird auch hier die Emission mit einem pessimistischen Emissionsfaktor abgeschätzt [9]. Die Werte sind in Tabelle 7 aufgelistet. Die Emission von Dioxinen und Furanen liegt damit etwa um Faktor 11 Millionen kleiner als die vom Feinstaub.

	<b>Verbrannte Menge [kg]</b>	<b>Emissionsfaktor PBDD/PBDF [ng TE/g]</b>	<b>Emission PBDD/PBDF [g TE]</b>
Brandgut (zusammengefasst)	~300'000	17	~5.1

Tabelle 7: Emission von bromierten Dioxinen und Furanen (PBDD/PBDF) durch den Brand (konservative Abschätzung)

#### 4.1.2 Ausbreitungsmodellierung

Insbesondere der Wind besitzt einen grossen Einfluss auf die Verteilung der Brandgase in der näheren und weiteren Umgebung, da diese durch die Luftströmungen getragen werden. Partikel wie Feinstaub und Russ besitzen die Eigenschaft, sich am Boden niederzuschlagen (Deposition). Dasselbe gilt auch für alle Stoffe, die sich an Partikeln anlagern, wie z.B. Dioxine/Furane. Mit einer numerischen Modellierung wird die Ausbreitung der Brandwolke berechnet und die Schadstoffkonzentrationen, die sich bodennah – d.h. in 1.5 m über dem Boden – eingestellt haben, bestimmt.

Die Modellierung wurde mit dem Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [10] durchgeführt. Das Modell ist in der Lage, die Ausbreitung zeitlich variabler gas- und partikelförmiger Emissionen zu berechnen und daraus mittlere Konzentrationen zu ermitteln. Dafür werden die meteorologischen Verhältnisse (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Parameter für die Stabilität der Atmosphäre) in Form einer Zeitreihe berücksichtigt. Ausserdem geht die topografische Geländeform in die Berechnung mit ein. Die Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung sind im Anhang A1 dargestellt. Die Rechnungen wurden durchgeführt für die Stoffe

- Feinstaub (mit Russ als Bestandteil)
- Feinstaub (mit Dioxinen/Furanen als Bestandteil)
- Kohlenmonoxid

Die Ausbreitungsmodellierung berechnet die Zusatzbelastung der Schadstoffkonzentrationen. Die Gesamtbelastung wird nicht dargestellt.

#### **4.1.3 Ergebnisse für Feinstaub**

Die Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung zeigen, dass sich die Schadstoffe – mit dem Wind getragen – nordwärts verlagert haben. Das bodennahe Konzentrationsbild für Feinstaub (siehe Abbildung 9) zeigt, dass der Bereich mit den höchsten Konzentrationen etwa 7 km nördlich von Steinhausen im Knonauer Amt liegt. Das erklärt sich durch das wärmebedingte Aufsteigen der Brandgase und –partikel bis in mehrere hundert Meter Höhe, bevor die Schadstoffe durch den Wind getragen wieder auf den Erdboden gelangen.

Die höchsten Feinstaub-Konzentrationen der Zusatzbelastung liegen bei knapp über  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mit zunehmender Entfernung vom Brandort nehmen die bodennahen Konzentrationen ab. Zwischen Uitikon und Regensdorf im Kanton Zürich liegen die Belastungen durch den Brand nur noch zwischen  $5$  und  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es fällt auf, dass die Schadstoffe sich bodennah nur westlich des Albis ausgebreitet haben.

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Messwerten, die an den beiden Messstationen in Wettswil erfasst wurden (vgl. Abschnitt 3.5.3). Die Messstationen liegen innerhalb des betroffenen Bereichs. Die Grössenordnung der berechneten Konzentrationen lässt darauf schliessen, dass örtlich der Immissionsgrenzwert für den Tag von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten wurde.

In höheren Luftschichten hat sich die Brandgaswolke mehr in Richtung Uetliberg und Stadt Zürich hin ausgebreitet. In Abbildung 10 und Abbildung 11 ist die Feinstaubkonzentration in einer Höhe von 350 m bzw. 450 m über dem Boden dargestellt. Die unterschiedlichen Ausbreitungsrichtungen der Brandgaswolke bodennah und in der Höhe erklären sich durch das Windsystem, in dem die bodennahen Strömungen durch die Topografie nach Nord-Nordwest geführt werden, in höheren Niveaus aber frei in Richtung Nord-Nordost strömen können.

An den beiden Messstationen Wettswil-Weierächer und Wettswil-Filderen sind in der Brandnacht Feinstaub-Konzentrationen von ca.  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. ca.  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen worden. An der Station Weierächer trat die höchste Konzentration gegen 22 Uhr auf, auf den Filderen gegen Mitternacht (siehe Abbildung 7). Die Modellierung ergab an den beiden Stationen ein ähnliches Bild (siehe Abbildung 12). Die höchsten Feinstaub-Konzentrationen treten im Bereich Wettswil zunächst gegen 22 Uhr und dann ein weiteres Mal zwischen Mitternacht und 1 Uhr auf. Die kleinen Unterschiede im zeitlichen Verlauf sowie die Tatsache, dass das Modell für die Station Filderen eine höhere Konzentration als für die Station Weierächer heraus gibt, sind auf lokale Gegebenheiten (thermische Effekte, Bebauungsstrukturen etc.) zurückzuführen, die das Modell nicht berücksichtigen kann. Die modellierten Konzentrationen liegen mit  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$  etwas höher als die gemessenen. Das weist darauf hin, dass die Modellergebnisse die Konzentrationen allgemein eher überschätzen.

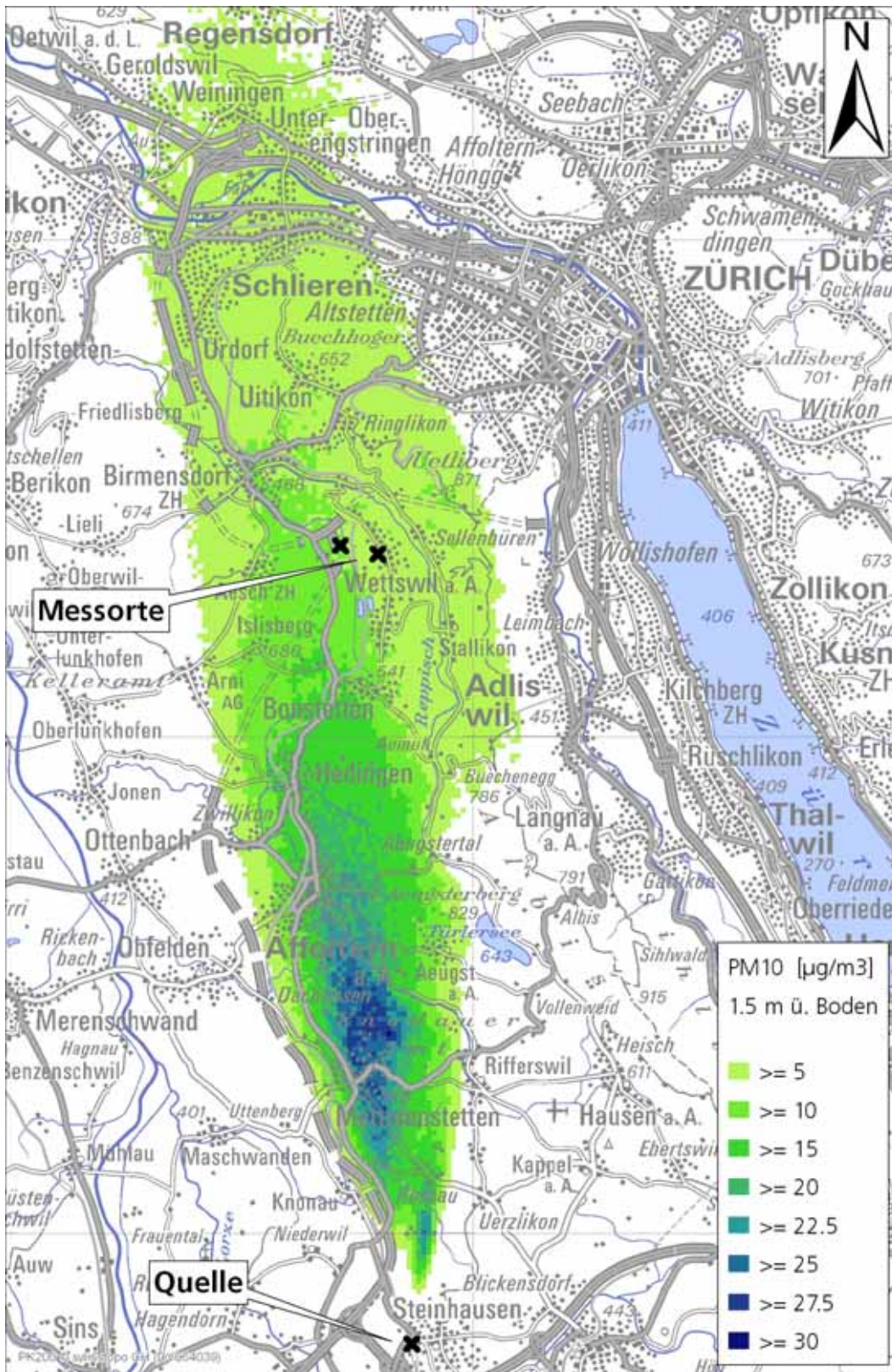


Abbildung 9: Feinstaub-Konzentration in 1.50 m über dem Boden als Tagesmittelwert: Modellierung der Zusatzbelastung durch die Brandpartikel am 25. und 26.05.2007

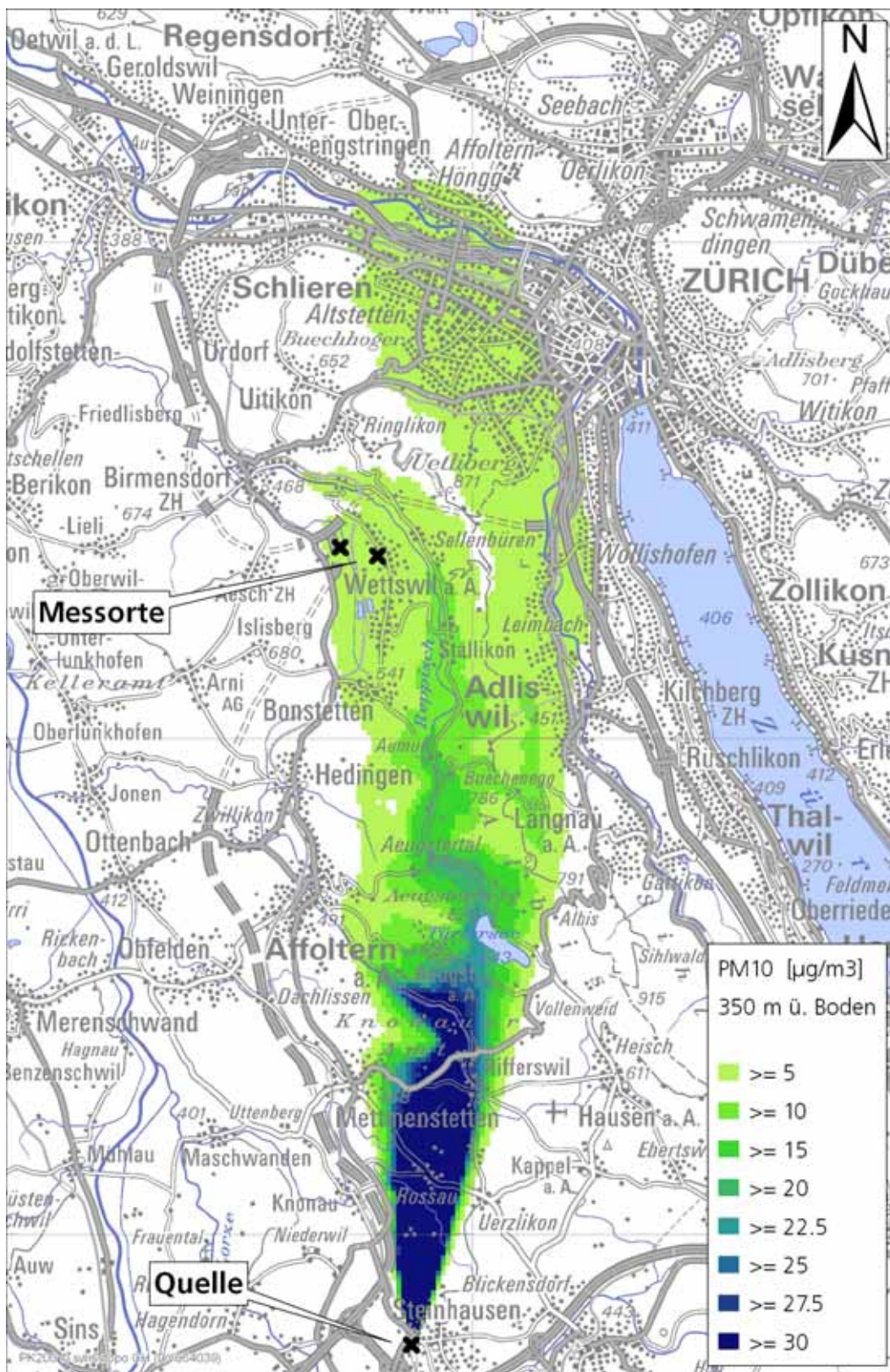


Abbildung 10: Feinstaub-Konzentration in 350 m über dem Boden als Tagesmittelwert: Modellierung der Zusatzbelastung durch die Brandpartikel am 25. und 26.05.2007

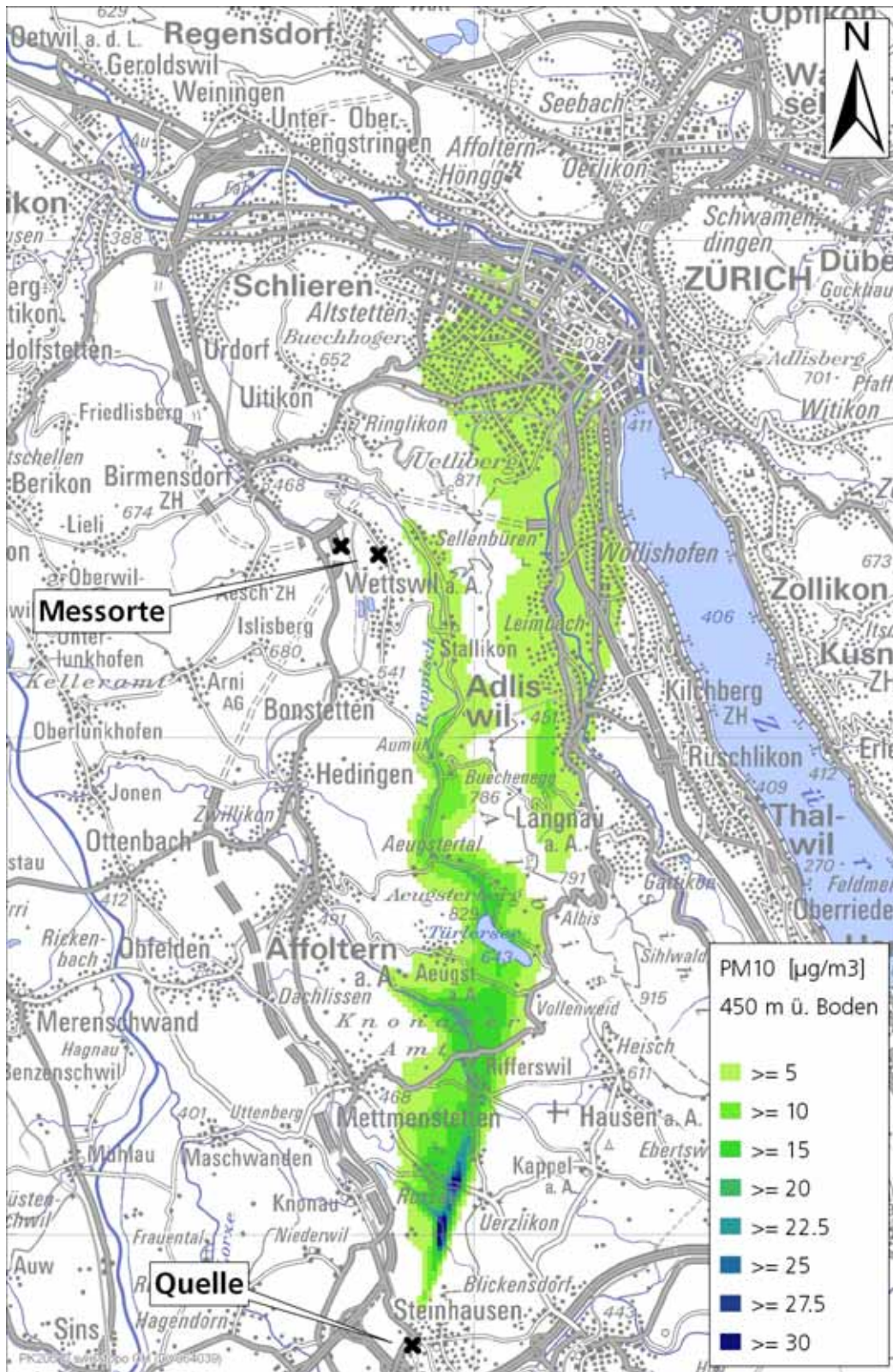


Abbildung 11: Feinstaub-Konzentration in 450 m über dem Boden als Tagesmittelwert: Modellierung der Zusatzbelastung durch die Brandpartikel am 25. und 26.05.2007

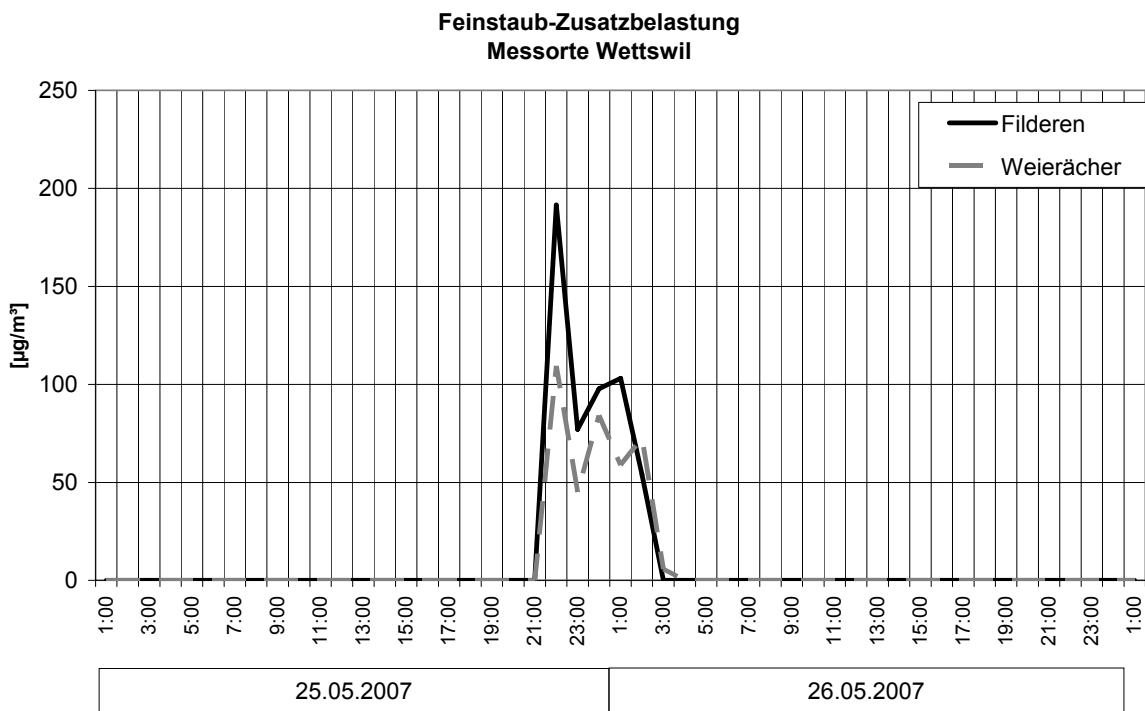


Abbildung 12: Modellierter Feinstaub-Zusatzbelastung an den Messstationen Wettswil-Weierächer und Wettswil-Filderer als Stundenmittel

#### 4.1.4 Ergebnisse für Dioxine/Furane

Ob und wie viel Dioxine/Furane beim Brand entstanden sind, lässt sich im Rahmen dieser Studie nicht klären, da keine genauen Kenntnisse über die Brandbedingungen vorliegen. Im Folgenden wird in einer konservativen Abschätzung davon ausgegangen, dass sich Dioxine/Furane gebildet und sich diese an die Staubpartikel angelagert haben. Das bodennahe Konzentrationsfeld für Dioxine/Furane ist in Abbildung 13 dargestellt. Es zeigt sich, dass die höchsten berechneten Belastungen im Bereich von unter  $0.003 \text{ ng TE/m}^3$  liegen. Damit liegt die Luftbelastung durch Dioxine/Furane an den beiden betrachteten Tagen um Faktor 30 höher als die übliche Belastung von bis zu  $0.0001 \text{ ng TE/m}^3$  [11]. Im Jahresmittel würde sich daraus unter den konservativen Annahmen lokal eine erhöhte Belastung von maximal +15 % über dem üblichen Werten ergeben.

#### 4.1.5 Ergebnisse für Kohlenmonoxid

Das beim Brand freigesetzte Kohlenmonoxid wird in Abbildung 14 als bodennahes Konzentrationsfeld dargestellt. Es zeigt sich, dass die höchsten berechneten Belastungen im Bereich von  $0.18 \text{ mg/m}^3$  liegen. Damit sind die Zusatzbelastungen deutlich unter dem Grenzwert für das Tagesmittel von  $8 \text{ mg/m}^3$ .

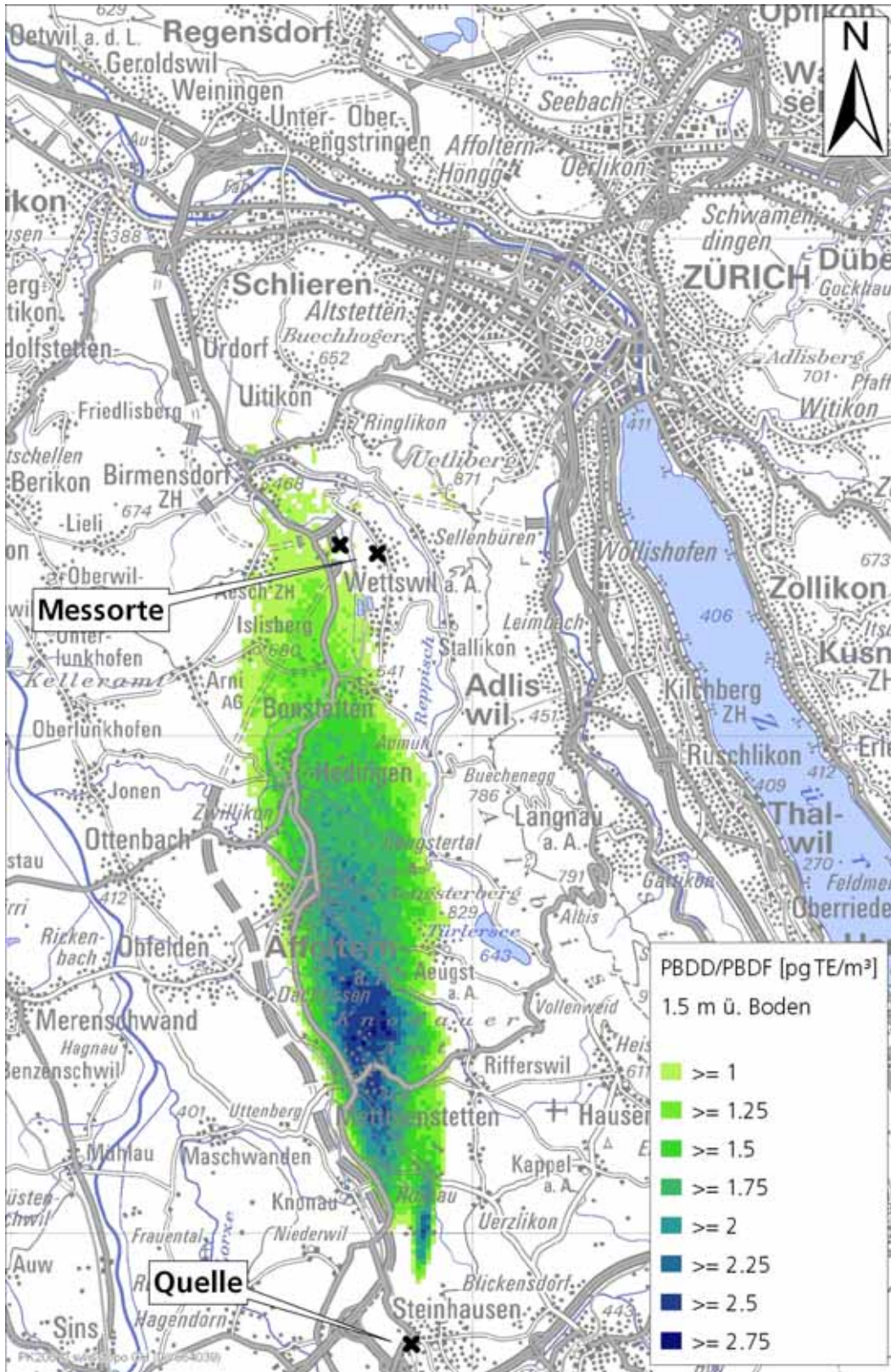


Abbildung 13: Konzentration an bromierten Dioxinen/Furanen in 1.50 m über dem Boden als Tagesmittelwert: Modellierung der Zusatzbelastung durch die Brandpartikel am 25. und 26.05.2007

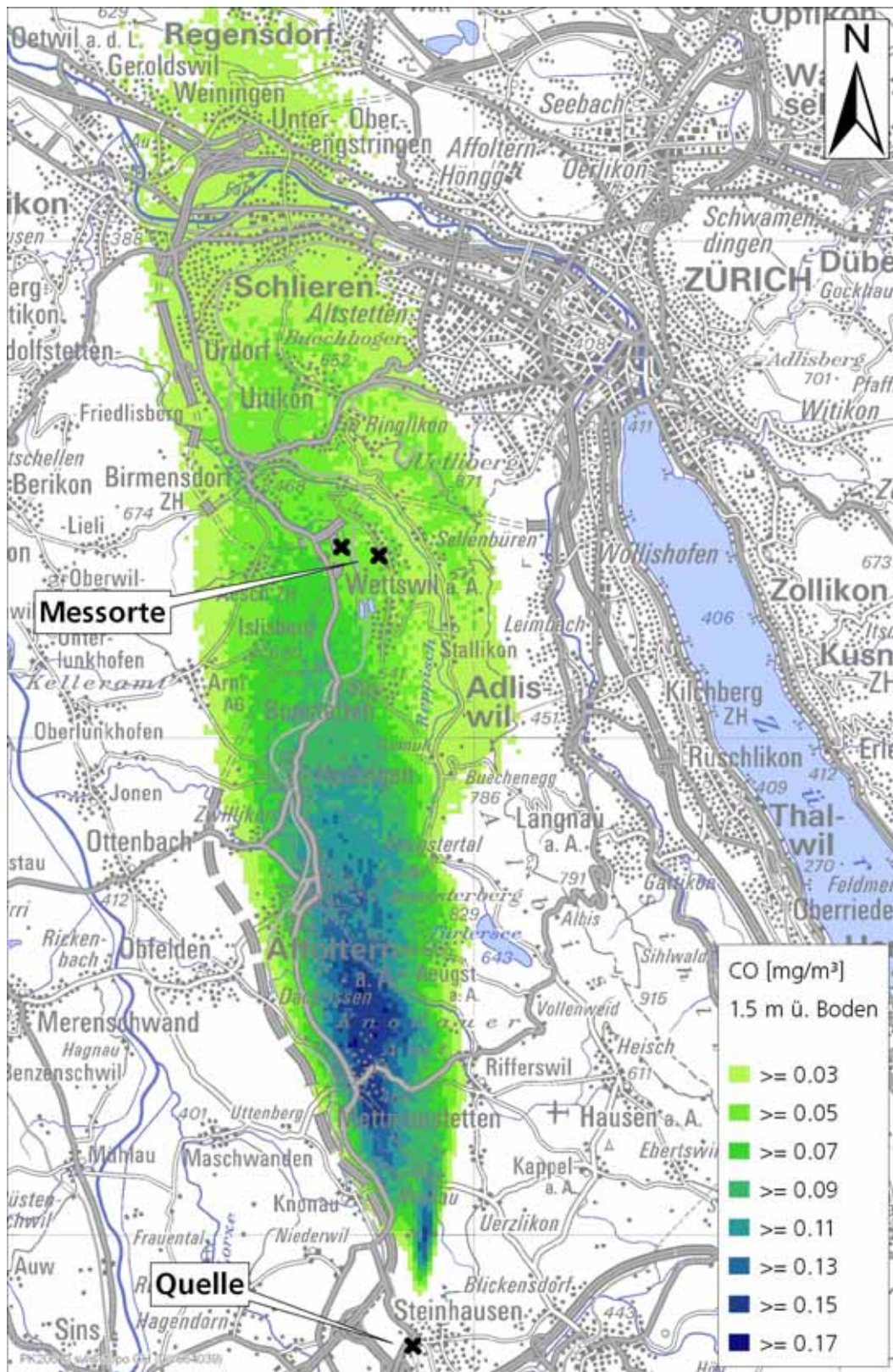


Abbildung 14: CO-Konzentration in 1.50 m über dem Boden als Tagesmittelwert:  
 Modellierung der Zusatzbelastung durch die Brandgase am 25. und 26.05.2007

## **4.2 Auswirkungen auf den Boden**

### **4.2.1 Freigesetzte Schadstoffe**

Schadstoffe, die beim Brand entstanden sein können, lagern sich an Staub und Feinstaubpartikeln an, breiten sich mit ihnen zusammen aus und schlagen sich am Boden nieder. Wie oben beschrieben, lässt sich die genaue Menge von anorganischen Schadstoffen, die beim Brand entstanden sind, nicht genau bestimmen. Für Dioxine/Furane wird wieder eine konservative Abschätzung vorgenommen.

### **4.2.2 Schadstoffe im Boden**

Auf dem Gelände der swisspor AG in Steinhausen wurden nach dem Brandereignis von der Firma TERRAproject RL im Auftrag des AfU Bodenproben genommen. Die chemische Analyse der Proben hat ergeben, dass es sich auf Gelände generell um tolerierbares bis unverschmutztes Bodenmaterial handelt. An einer Probeentnahme wurden erhöhte Benzo(a)pyren bzw. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) festgestellt, die vermutlich auf den alten Belag an dieser Stelle zurückzuführen sind [15].

Bei der Ausbreitungsmodellierung wurde auch die Staubdeposition berechnet. Das Ergebnis ist in Abbildung 15 dargestellt. In den zwei Tagen wurden im Gebiet zwischen Steinhausen und Affoltern a. A. stellenweise Depositionswerte von bis zu  $0.8 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$  erreicht. Dieser Wert ist viermal höher als der erlaubte Grenzwert im Jahresmittel. Bezogen auf ein ganzes Jahr beträgt die durch den Brand verursachte Zusatzbelastung der Staubdeposition an den beiden betrachteten Tagen aber lediglich 2% des erlaubten Grenzwerts.

Die Deposition von Dioxinen/Furanen ist in Abbildung 16 dargestellt. Die maximale Deposition liegt bei  $75 \text{ ng TE}/(\text{m}^2 \text{ Tag})$ . Da in der Berechnung insgesamt 2 Tage betrachtet wurden, kann die Gesamtmenge an Dioxinen/Furanen durch den Brand mit maximal  $150 \text{ ng TE}/\text{m}^2$  abgeschätzt werden. Unter der Annahme, dass die deponierten Mengen durch Niederschläge ausgewaschen und komplett in die oberen Schichten des Bodens bis in eine Tiefe von 0.5 m eindringen, ergibt sich eine maximale Bodenkonzentration von  $0.3 \text{ ng TE}/\text{dm}^3$ . Dieser Wert liegt ca. 15-mal niedriger als der Richtwert von  $5 \text{ ng TE}/\text{dm}^3$  aus der VBBo [13].

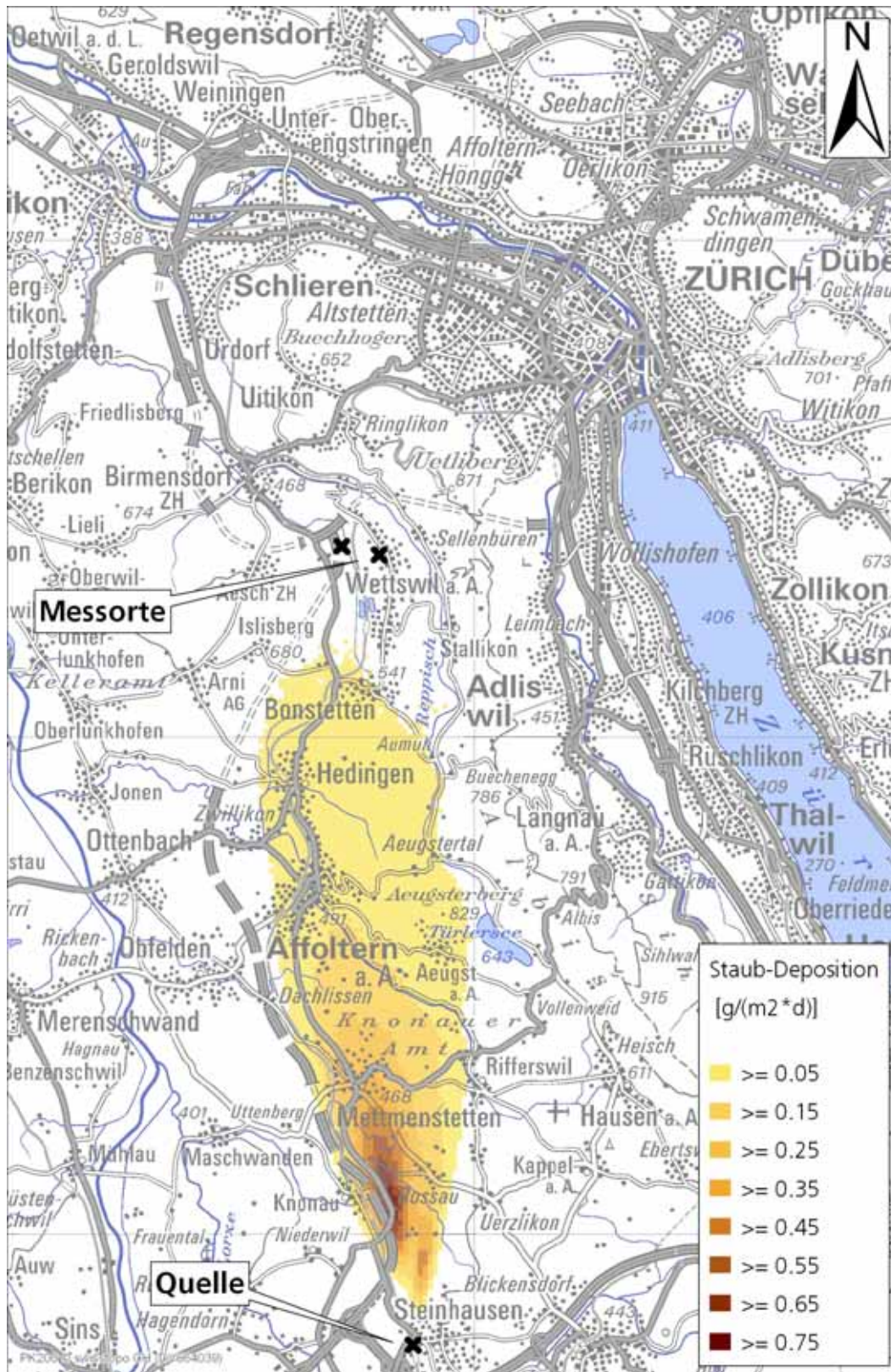


Abbildung 15: Staubdeposition am Boden:  
 Modellierung der Zusatzbelastung durch die Brandpartikel am 25. und 26.05.2007

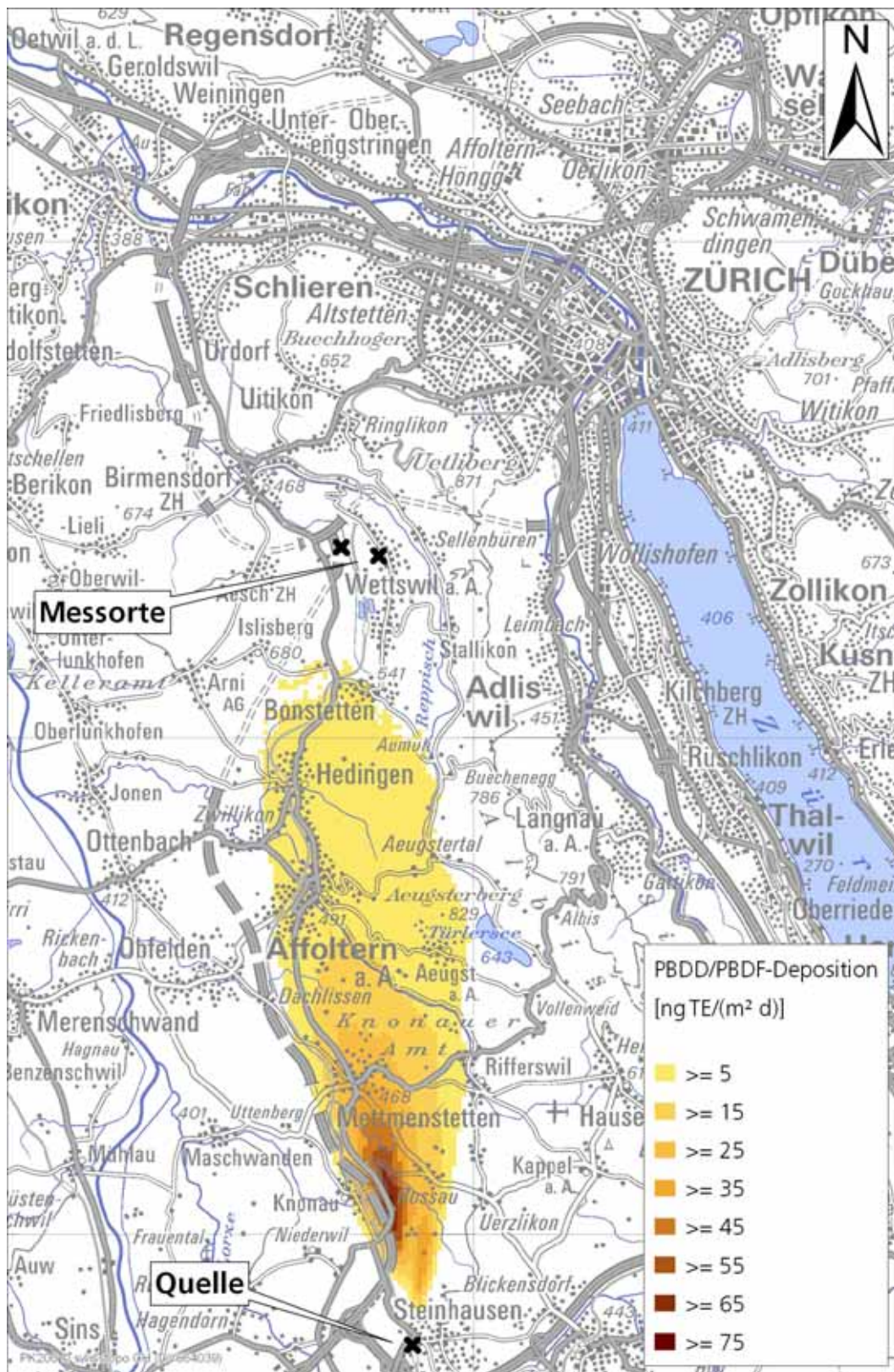


Abbildung 16: Deposition von Dioxinen/Furanen am Boden:  
Modellierung der Zusatzbelastung durch die Brandpartikel am 25. und 26.05.2007

### **4.3 Auswirkungen auf das Wasser**

#### **4.3.1 Freigesetzte Schadstoffe**

Welche und wie viel Schadstoffe beim Abbrand der diversen Anlagenteile und des Styropors entstanden sind und sich gegebenenfalls im Löschwasser gelöst haben oder mit ihm davon getragen wurden, hängt von den Brand- und Löschbedingungen ab und kann nachträglich nicht genau gesagt werden. Sicher ist, dass grosse Mengen Styropor mit dem Wasser in die Kläranlage Schönau transportiert und dort herausgefiltert wurden. Da Styropor nicht mit Wasser reagiert und als gesundheitsunschädlich gilt, geht keine Gefahr von ihm aus. Es ist nicht auszuschliessen, dass beim Brand Dioxine/Furane entstanden und mit dem Löschwasser in die Kanalisation abgeflossen sind.

An der Kläranlage Schönau werden standardisierte Online-Messungen zur Wasserqualität im Ablauf von mehreren Anlageteilen durchgeführt. Gemessen werden als Mittelwerte über den Tag die Parameter

- CSB
- Ammonium
- Nitrat
- Phosphor

Die Werte, die am 25. und 26. Mai 2007 ermittelt wurden, sind in der Tabelle A2-1 im Anhang A2 aufgeführt. Sie zeigen zu keiner Zeit Auffälligkeiten durch erhöhte Werte. Auch die Reinigungswirkung erreichte normale Werte. Dioxin/Furan-Messungen wurden nicht durchgeführt. Die entstandenen Dioxine/Furane sind an Russpartikeln gebunden und nur schwer in Wasser löslich. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass diese zum Grossteil zusammen mit den Russpartikeln in der Kläranlage herausgefiltert wurden.

#### **4.3.2 Schadstoffe im Wasser**

Das Amt für Umweltschutz des Kantons Zug betreibt an der Lorze die Gewässerqualitätsmessstation Frauental. Die Messstation befindet sich an der Lorze unterhalb der Einmündung des Abwassereinflaßes aus der Kläranlage Schönau. Einmal pro Woche entnimmt das AfU eine Mischprobe und analysiert diese. Die analysierten Mengen der Probe entsprechen dem Mittelwert der in dieser Woche abgeflossenen Mengen.

Nach Angabe vom AfU flossen in der Zeit vom 25. bis 27. Mai 2007 ca. 11 m<sup>3</sup>/s in der Lorze. Aus der Kläranlage Schönau, wo die Löschwassermengen gereinigt wurden, kommen durchschnittlich etwa 0.6 m<sup>3</sup>/s. Die folgenden Parameter werden standardisiert gemessen:

- PO4-Phosphor
- Gesamt-Phosphor filtriert
- Gesamt-Phosphor
- NH4-N
- NO2-N
- NO3-N
- Bor

- TOC
- DOC
- Chlorid
- Leitfähigkeit

Laut Aussage vom AfU zeigte in der Woche vom 25. bis 31. Mai 2007 keiner der gemessenen Parameter eine auffällige Veränderung. Da das ganze Löschwasser durch die Kläranlage Schönau geflossen und dort gereinigt wurde, wurde es von der Messung erfasst. Weitere Messungen, z.B. von Dioxinen/Furanen, wurden nicht durchgeführt. Es kann davon ausgegangen werden, dass ein Grossteil der beim Brand entstandenen und mit dem Löschwasser abtransportierten dioxinbelasteten Russpartikel in der Kläranlage herausgefiltert wurden.

Da sichergestellt werden konnte, dass das gesamte Löschmittel über die Kanalisation abgeflossen und nichts auf dem Gelände versickert ist, sind Beeinträchtigungen des Grundwassers nicht direkt, sondern allenfalls über die Fliessgewässer möglich.

## 5 Fazit

Die Untersuchungen und Modellberechnungen haben gezeigt, dass es durch den Brand der swisspor AG in Steinhausen am 25.05.2007 zu Einwirkungen auf die Umwelt gekommen ist. Die Rauchwolke war von weit her erkennbar. Wie gross die Einwirkungen auf die Luft, das Wasser und den Boden waren, wird nachfolgend zusammengefasst.

### 5.1 Luftschadstoffe

Die Brandwolke bestand hauptsächlich aus Feinstaubpartikeln (inklusive Russ) und Kohlenmonoxid. Ob beim Brand Dioxine und Furane entstanden sind, ist abhängig von den Brandbedingungen, die im Feuer geherrscht haben und kann zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr ausgesagt werden. Im Sinne einer konservativen Abschätzung wird hier von einer hohen Entstehungsrate ausgegangen.

Die Modellierungen haben gezeigt, dass sich die Feinstaub-Konzentrationen bodennah in Richtung Nord-Nordwest bis hin nach Regensdorf im Kanton Zürich verteilt haben. Es muss davon ausgegangen werden, dass lokal in diesen Räumen der Immissionsgrenzwert für den Tag von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten worden ist. Für die Periode von zwei Tagen kann man die aufgetretenen Konzentrationen an Feinstaub als erhöht bezeichnen. Vergleichbare oder sogar höhere Werte treten auch bei austauscharmen Wetterlagen (d.h. Inversionswetterlagen) im Winter auf wie z.B. in der Wintersmog-Periode Februar 2006. Es ist zwar zu vermuten, dass die Rauchwolke durch den Brand aufgrund des hohen Anteils an feinen Russpartikeln eine grössere toxische und kanzerogene Wirkung besitzt als die allgemeinen Bestandteile des Feinstaubs, die Einwirkzeit war jedoch beim Brand auf wenige Stunden beschränkt und damit relativ kurz.

In höheren Lagen zog die Brandwolke in Richtung Nord-Nordost über den Uetliberg und über die Stadt Zürich. Dieses Ergebnis deckt sich mit Beobachtungen von Zürich aus. Die zusätzlichen Feinstaub-Konzentrationen durch den Brand liegen aber in der Stadt Zürich in Bodennähe überall unter  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Auch dieses Ergebnis deckt sich mit Werten an Zürcher Strassenmessstellen, die keinen signifikanten Anstieg der Feinstaubbelastung registrierten.

Die zusätzliche Kohlenmonoxid-Konzentration in Bodennähe lag an den beiden betreffenden Tagen deutlich unter dem Grenzwert der LRV, so dass hier keine übermässigen negativen Auswirkungen zu verzeichnen waren.

Die zusätzliche Konzentration von Dioxinen und Furanen in der Luft lag bodennah an den beiden betrachteten Tagen um Faktor 30 höher als die übliche Dioxin-Belastung. Die Exposition war aber mit wenigen Stunden sehr kurz. Bezogen auf ein Jahresmittel würde sich unter den konservativen Annahmen lokal eine erhöhte Belastung von maximal +15 % über dem üblichen Werten ergeben.

## **5.2 Boden**

Beim Brand entstandene Schadstoffe lagern sich an die Staubpartikel an, breiten sich mit ihnen aus und deponieren am Boden. Die Ausbreitungsmodellierung ergab stellenweise Staubbiederschlagswerte für die beiden betrachteten Tage, die bis zu viermal höher lagen als der Grenzwert für das Jahr. Bezogen auf ein ganzes Jahr beträgt die durch den Brand verursachte Zusatzbelastung der Staubdeposition an den beiden betrachteten Tagen aber lediglich 2% des erlaubten Grenzwerts. Das bedeutet, dass es in einer kurzen Periode zu relativ hohen Staubbiederschlägen gekommen ist. Die Einhaltung des Jahresmittel-Grenzwerts der LRV für das Jahr 2007 ist damit aber nicht gefährdet.

Für die Deposition von Dioxinen und Furanen ergibt sich mit konservativen Annahmen eine maximale Bodenkonzentration, die um einen Faktor 15 niedriger liegt als der Richtwert aus der VBBo [13]. Damit kann davon ausgegangen werden, dass der Brand keine übermässigen negativen Auswirkungen auf den Boden und damit verbunden auf Flora und Fauna hatte.

## **5.3 Wasser**

In der Brandnacht wurden rasch Massnahmen am Regenüberlaufbecken Hinterberg ergriffen. Damit konnte gewährleistet werden, dass das weder Löschwasser noch Löschschaum in den Vorfluter, sondern alles in die Kläranlage Schönau gelangte und dort gereinigt werden konnte. Die Onlinemessungen an allen Anlageteilen der Kläranlage ergaben keine aussergewöhnlichen Werte. Die Anlage erzielte eine normale Reinigungswirkung und das gereinigte Wasser wurde bestimmungsgemäss in die Lorze geleitet.

Bei der Gewässerqualitätsmessstelle Frauental, die unterhalb des Kläranlagenzulaufs an der Lorze liegt, wurden keine ungewöhnlichen Messwerte verzeichnet.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass dioxinbelastete Russpartikel mit dem Löschmittel abtransportiert wurden. Man kann aber davon ausgehen, dass ein Grossteil davon in der Kläranlage herausgefiltert wurde und damit höchstens geringe Mengen in die Fliessgewässer gelangen konnten. Aus diesen Gründen kann davon ausgegangen werden, dass der Brand keine negativen Auswirkungen auf die Fliessgewässer und das Grundwasser hatte.

## 6 Literatur

- [1] Gebäudeversicherung Zug  
**Brand Swisspor 25. Mai 2007 – Einsatzberichte Blaulichtorganisationen**
- [2] Gemeinderat Steinhausen  
**Aktuelles aus der Gemeinde Steinhausen – Brand Baukork AG vom 25.05.2007**  
05.06.2007
- [3] Zuger Polizei  
**Medienmitteilung: Steinhausen: Grossbrand in Industriegebäude**  
25. Mai 2007
- [4] Zuger Polizei  
**Medienmitteilung: Steinhausen: Beginn der Ermittlungen nach Grossbrand**  
26. Mai 2007
- [5] **persönliche Auskunft durch Mario Bertschler, GVRZ Kläranlage Schönau**  
19.07.2007
- [6] **persönliche Auskunft durch Adrian Liebhart, swisspor AG**  
12. Juli 2007
- [7] Dr. Sthamer Hamburg Fabrik chemischer Präparate GmbH & Co. KG  
[www.sthamer.de](http://www.sthamer.de)
- [8] Der Schweizerische Bundesrat  
**Luftreinhalte-Verordnung (LRV)**  
Stand am 23. August 2005
- [9] Dr. Ortner, Dr. Hensler  
**Beurteilung von Kunststoffbränden – Bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs entstehende Stoffe nach den Anhängen II – IV der 12. BImSchV**  
07.11.1995
- [10] Ingenieurbüro Janicke  
**Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 Version 2.3.6**  
[www.austal2000.de](http://www.austal2000.de), 17.03.2007
- [11] BUWAL  
**SRU Nr. 290 – Umweltgefährdende Stoffe:  
Dioxine und Furane – Standortbestimmung, Beurteilungsgrundlagen, Massnahmen**  
1997

- [12] SUVA  
**Grenzwerte am Arbeitsplatz 2007**  
Dezember 2006
- [13] Der Schweizerische Bundesrat  
**Verordnung über die Belastung des Bodens (VBBo)**  
vom 01. Juli 1998 (Stand am 28. März 2000)
- [14] **Hazard calculations - Generation of Heat and chemical compounds in fires**
- [15] TERRAproject RL  
**Wiederaufbau Produktion swisspor – Altlastenuntersuchung Bericht**  
Zug, 10. Oktober 2007

## 7 Abkürzungsverzeichnis

<b>AFFF</b>	Aqueous Film Forming Foam: wasserfilmbildender Schaum
<b>AfU</b>	Amt für Umweltschutz des Kantons Zug
<b>AWEL</b>	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich
<b>CO</b>	Kohlenmonoxid
<b>EPS</b>	expandierter Polystyrol-Hartschaum: Styropor, Sagex
<b>FW</b>	Feuerwehr
<b>Gew%</b>	Gewichtsprozent: prozentualer Anteil am Gewicht eines Stoffes
<b>GVRZ</b>	Gewässerschutzverband der Region Zugersee-Küssnachtsee-Ägerisee
<b>HBCD</b>	Hexabromcyclododekan: Flammschutzmittel
<b>LRV</b>	Luftreinhalte-Verordnung
<b>MAK</b>	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration
<b>MESZ</b>	Mitteleuropäische Sommerzeit (Greenwich Meantime + 2 Stunden)
<b>MonoDBF</b>	Monobromdibenzofuran
<b>mg</b>	Milligramm: $10^{-3}$ Gramm
<b>µg</b>	Microgramm: $10^{-6}$ Gramm
<b>ng</b>	Nanogramm: $10^{-9}$ Gramm
<b>PAK</b>	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
<b>PE</b>	Polyethylen: häufig verwendeter Kunststoff für Verpackungen
<b>PKW</b>	Personenkraftwagen
<b>PM10</b>	Particulate Matter 10 µm: Feinstaub
<b>TE</b>	Internationales Toxizitätsequivalent (bei Dioxinen/Furanen)

## A1 Modellierung der Luftschadstoffausbreitung

### A1-1 Protokolldatei der Ausbreitungsrechnung

2007-09-21 08:23:54 -----  
TalServer:M:\austal2000\Projekte\swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrößen

Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.3.6-WI-x  
Copyright (c) Umweltbundesamt, Berlin, 2002-2007  
Copyright (c) Janicke Consulting, Dunum, 1989-2007

Arbeitsverzeichnis: M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrößen

Erstellungsdatum des Programms: 2007-03-17 10:34:11  
Das Programm läuft auf dem Rechner EBP01717.

===== Beginn der Eingabe =====

```
> ti      "Swisspor Rechnung 5 UEB"
> az      "Üetliberg_Std.akt"
> gh      "ascii_dhm25_in-gk.grid"
> xa      694
> ya      17271
> qs      7
> gx      3678756
> gy      5227779
> z0      0.2
> os      "SCINOTAT;NOSTANDARD;"
> x0      -9000
> y0      -3000
> dd      100
> nx      180
> ny      300
> hq      0
> xq      0
> yq      0
> aq      100
> bq      100
> cq      5
> wq      21
> vq      10
> sq      25
> pm-1    ?
> pm-2    ?
> pm-3    ?
> pm-4    ?
> xp      0      -1427      -678
> yp      5000    16074    15907
> hp      1400    1.5      1.5
===== Ende der Eingabe =====
```

Existierende Windfeldbibliothek wird verwendet.

>>> Abweichungen vom Standard gefordert!

Die Höhe h<sub>q</sub> der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.  
Die maximale Steilheit des Geländes ist 0.74 (0.68).  
Die Zeitreihen-Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/zeitreihe.dmna wird verwendet.  
Es wird die Anemometerhöhe ha=189.0 m verwendet.  
Die Angabe "az Üetliberg\_Std.akt" wird ignoriert.  
54000 times wdep>1  
54000 times wdep>1  
54000 times wdep>1  
54000 times wdep>1  
54000 times wdep>1  
54000 times wdep>1  
108000 times wdep>1  
54000 times wdep>1  
54000 times wdep>1  
54000 times wdep>1

=====

TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für pm  
TMT: 2 Tagesmittel (davon ungültig: 0)  
TMT: Zulässige Überschreitungen auf 0 geändert.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-j00z  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-j00s  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-t35z  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-t35s  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-t35i  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-t00z  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-t00s  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-t00i  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-depz  
ausgeschrieben.  
TMT: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-deps  
ausgeschrieben.  
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für pm  
TMO: Datei M:/austal2000/Projekte/swisspor\_R\_05\_7Std-3Partgrössen/pm-zbpz  
ausgeschrieben.

=====

Auswertung der Ergebnisse:  
=====

DEP: Jahresmittel der Deposition  
J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit  
Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen  
Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

WARNUNG: Eine oder mehrere Quellen sind niedriger als 10 m.  
Die im folgenden ausgewiesenen Maximalwerte sind daher  
möglicherweise nicht relevant für eine Beurteilung!

Maximalwerte, Deposition  
=====

PM DEP : 8.014e-001 g/(m<sup>2</sup>\*d) (+/- 1.2%) bei x= -450 m, y= 2950 m ( 86, 60)

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m  
=====

PM J00 : 3.053e+001 µg/m<sup>3</sup> (+/- 2.5%) bei x= -450 m, y= 6250 m ( 86, 93)

PM T35 : 6.104e+001 µg/m<sup>3</sup> (+/- 2.5%) bei x= -450 m, y= 6250 m ( 86, 93)

PM T00 : 6.104e+001 µg/m<sup>3</sup> (+/- 2.5%) bei x= -450 m, y= 6250 m ( 86, 93)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung  
=====

PUNKT	01	02	03
xp	0	-1427	-678
yp	5000	16074	15907
hp	1400.0	1.5	1.5

-----+-----+-----+-----  
PM DEP 2.366e-001 3.794e-002 3.316e-002 g/(m<sup>2</sup>\*d)  
PM J00 0.000e+000 1.069e+001 7.672e+000 µg/m<sup>3</sup>  
PM T35 0.000e+000 2.182e+001 1.542e+001 \*\*\* 0 \*\*\* µg/m<sup>3</sup>

=====

2007-09-21 17:43:52 AUSTAL2000 ohne Fehler beendet.

## A2 Schadstoffbelastung des Wassers

### A2-1 Schadstoffmessungen Kläranlage Schönau

Ort	Parameter	25.06.2007	26.06.2007
Ablauf Vorklärbecken	CSB	54 mg/l	53 mg/l
	Ammonium	32.4 mg/l	28.3 mg/l
Ablauf DB	Nitrat	0.8 mgN/l	1.0 mgN/l
	Ammonium	12 mg/l	10.4 mg/l
Ablauf Biologie	Ammonium	0.53 mg/l	0.50 mg/l
	ortho-P	0.27 mg P/l	0.26 mg P/l
	Nitrat	9.3 mg N/l	7.0 mg N/l
Ablauf Nachklärbecken	ortho-P	0.31 mg P/l	0.27 mg P/l
	Trübung	3.5 NTU	3.7 NTU
Ablauf Filter	CSB	9.2 mg/l	9.2 mg/l
	ortho-P	0.17 mg P/l	0.15 mg P/l
	Ammonium	0.06 mg/l	0.04 mg/l
	Nitrat	12.9 mgN/l	10.4 mgN/l
	pH-Wert	min. 6.9 max 7.1	min. 7.0 pH max 7.1 pH

Tabelle A2-1: Online Analysen ARA Schönau