



# Abschätzung der Trinkwassergefährdung

Untersuchungen zur Grundwasserinfiltration  
der Töss und der Abwasserreinigungsanlagen im  
oberen Tösstal



## **IMPRESSUM**

### **Herausgeber**

AWEL Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft  
Abteilung Gewässerschutz  
Weinbergstr. 17, Postfach  
8090 Zürich  
www.awel.zh.ch

### **Autoren**

Dr. Paul Felber, Dr. L. Wyssling AG, Pfaffhausen  
Christian Balsiger, Dr. Werner Blüm, Erich Meier und Dr. Walo Meier, AWEL

### **Redaktion**

Dr. Werner Blüm, AWEL

Titelbild (AWEL): Einleitung des gereinigten Abwassers der ARA Saland in die  
Töss Zürich, März 2006

## **ANHÄNGE ZUM BERICHT**

1. Grundwasserkarte 1:25'000, Abschnitt Winterthur - Rämismühle
2. Grundwasserkarte 1:25'000, Abschnitt Rämismühle - Bauma
3. Grundwasserkarte 1:25'000, Abschnitt Bauma - Fischenthal
4. Tabelle der Markierversuche in der Töss, 1999 - 2005
5. Fotos
6. Markierversuch Töss, Saland (2003): Markierstoffausbreitung bei trockener Töss.  
Hydrogeologisches Profil 1:5000/500
7. Markierversuch Töss, Saland (2003): Markierstoffausbreitung bei wasserführender  
Töss. Hydrogeologisches Profil 1:5000/500
8. Hydrogeologisches Querprofil 1:1000/500 Grundwasserfassung Tannau h 1-7, Wila
9. Ganglinienplan Juli 2003 - Juli 2005: Grundwasserspiegel, Tössabfluss,  
Niederschläge, Probenahmedaten
10. Chemische Wasseranalysen 2004 - 2005 (Abwasser, Töss, Grundwasser).  
Übersichtstabelle
11. Chemische und mikrobiologische Grundwasseranalysen, Juli 2004 - Juni 2005  
(Kantonales Labor Zürich)

## Inhalt

Zusammenfassung .....	4
1. Fliesszeiten und Ausbreitungspfade .....	4
2. Abwasser-, Töss- und Grundwasserqualität .....	5
Einleitung .....	6
1. Veranlassung, Auftrag .....	6
2. Durchgeführte Untersuchungen .....	7
2.1 Markierversuch 2003–2004 .....	7
2.2 Chemische und mikrobiologische Wasseruntersuchungen 2004–2005 .....	7
3. Frühere Berichte, benützte Unterlagen .....	8
Berichte Dr. L. Wyssling AG .....	8
Weitere Berichte und Unterlagen .....	8
Resultate des Töss-Markierversuches in Saland 2003–2004 .....	9
1. Schnelle Fliesszeiten Töss – Grundwasserfassungen .....	9
2. Kritische Markierstoffkonzentration im Grundwasser .....	9
3. Keine wirksame Kolmatierung des Tössbettes .....	10
4. "Vertikale" Durchmischung Tössinfiltrat – Grundwasser .....	10
Infiltration der Töss .....	11
1. Quantitative Aspekte .....	11
1.1 Verhältnisse bei extremem Hochwasserabfluss (20.–22.2.1999) .....	11
1.2 Mittlere Abflussverhältnisse .....	11
1.3 Verhältnisse bei Niederwasserabfluss .....	11
1.4 Verhältnisse bei extremer Trockenheit .....	11
1.5 Extrem variable Tössinfiltration .....	12
2. Ausbreitungspfade, Fliesszeiten .....	13
Qualitative Wasseruntersuchungen 2004–2005 (Zu- und Abflüsse ARA, Töss, Grundwasser) .....	14
1. Ausgeführtes Untersuchungsprogramm .....	14
2. Untersuchungsbericht des AWEL (September 2005) .....	15
3. Untersuchungsergebnisse .....	15
3.1 Wasserenthärter (NTA, EDTA) .....	16
3.2 Koffein .....	17
3.3 Bor .....	17
3.4 Phosphor .....	17
3.5 Mikrobiologische Untersuchungen .....	18
3.6 Antibiotika .....	18
Schlussfolgerungen .....	19

## Zusammenfassung

Der Tösstal-Grundwasserstrom ist die wichtigste Trinkwasserquelle für die Bewohner des Tösstaales und der Stadt Winterthur. Der Tösstal-Grundwasserstrom wird wesentlich auch durch Infiltration der Töss gespeist.

Im **oberen Tösstal** (Bauma, Fischenthal) gelangt das gereinigte Abwasser der ARA Fischenthal und Bauma in die Töss. Je nachdem, ob die Töss hier gerade wasserführend ist oder witterungsbedingt trocken gefallen ist, versickert das gereinigte Abwasser punktuell beim Auslauf der ARA durch das kiesige Tössbett hinab in den Grundwasserleiter, oder es wird tössabwärts verfrachtet und verdünnt und gelangt via Tössinfiltration auf der ganzen Fliessstrecke ins Grundwasser.

Im Auftrag des AWEL Zürich ist in den Jahren 2003–2005 eine umfangreiche Untersuchungskampagne mit Markierversuch beim Auslauf der ARA Bauma und mit monatlichen Wasseranalysen von Abwasser, Töss und Grundwasser durchgeführt worden. Diese Untersuchungen hatten zum Ziel abzuklären, in welchem Masse die Töss und der Tösstal-Grundwasserstrom durch die Abwassereinleitungen belastet werden und mit welchen Fliesszeiten von der Töss bis zu den in Betrieb stehenden Grundwasserfassungen zu rechnen ist.

Im vorliegenden Bericht sind die Untersuchungsergebnisse dokumentiert. Die wichtigsten Befunde und daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen können wie folgt rekapituliert werden:

### 1. Fliesszeiten und Ausbreitungspfade

Vom Auslauf der ARA Bauma gelangt gereinigtes Abwasser bei trockener Töss in 24 Tagen ins Pumpwerk Tannau (Wila) und in 50 Tagen ins Pumpwerk Gmeiwerch (Turbenthal). Bei wasserführender Töss sind noch schnellere **Fliesszeiten** anzunehmen. Solche sind für die weiter tössabwärts gelegenen Fassungen der Stadt Winterthur im Leisental mit minimal 1–3 Tagen Fliesszeiten nachgewiesen.

Die **Grundwasserinfiltration** der Töss ist insbesondere bei Hochwasser sehr bedeutend. Sie ist für die Speisung des Grundwasserstromes notwendig und deshalb auch aus Sicht der Trinkwassernutzung erwünscht.

Es sind **zwei Ausbreitungspfade** von der Töss ins genutzte Grundwasser zu beachten:

1. Kurzschlussartig via Töss und fassungsnahe Infiltration, mit sehr rascher, aber stark verdünnter Schadstoffausbreitung.
2. Fassungsferne Infiltration und Zufluss via Grundwasserstrom, mit langsamerer, jedoch höher konzentrierter Schadstoffausbreitung.

## 2. Abwasser-, Töss- und Grundwasserqualität

Die gemessenen Konzentrationen (Wasserenthärter, Koffein, Bor, Phosphor, Coli-Keime) im gereinigten **Abwasser** der ARA Fischenthal und Bauma liegen im Bereich eines üblichen kommunalen Abwassers mit geringem Industrieanteil.

Die Untersuchungen zeigen wohl eine geringe Zunahme der chemischen und mikrobiologischen Belastung der **Töss** durch gereinigtes Abwasser der ARA Fischenthal und Bauma, doch kann die Gewässerqualität auch unterhalb der Einleitstellen der genannten Abwasserreinigungsanlagen noch als gut taxiert werden.

In den untersuchten **Grundwasserfassungen** Schwendi (Bauma), Juckeren (Bauma), Tannau (Wila) und Gmeiwerch (Turbenthal) sind keine **chemischen** Stoffe feststellbar, die auf eine Beeinträchtigung durch Abwasser hinweisen. Weder Komplexbildner, Bor noch gesicherte Befunde für Koffein und Antibiotika sind nachweisbar. Auch die Phosphor-Konzentration liegt im Bereich für **unbelastetes** Grundwasser. In **mikrobiologischer** Hinsicht ist das Grundwasser in allen Proben ebenfalls **einwandfrei**.

## Einleitung

### 1. Veranlassung, Auftrag

Der Tösstal-Grundwasserstrom ist die wichtigste Trinkwasserquelle für die Bewohner des Tösstals und der Stadt Winterthur. Es ist seit langem bekannt, dass der Grundwasserstrom in enger Wechselbeziehung steht zur Töss und auch in bedeutendem Masse durch Infiltration von Tösswasser gespeist wird. Töss und Grundwasser bilden eine "Schicksalsgemeinschaft". Eine möglichst gute Qualität des Tösswassers ist deshalb unabdingbar für eine einwandfreie Grundwasser- und Trinkwasserqualität.

Seit den in den Jahren 1999–2005 durchgeführten Markierversuchen ist zudem bekannt, dass örtlich sehr schnelle Fliesszeiten von der Töss in die Grundwasserfassungen bestehen. Für die unterhalb von Turbenthal, zwischen Rämismühle und dem Leisental gelegenen Fassungen wurden minimale Fliesszeiten des Tössinfiltrates von 1–22 Tagen bestimmt.

In Anbetracht dieser besonderen hydrogeologischen Situation stellt sich die Frage, in welchem Masse die Grundwasserqualität durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und Regenentlastungen, aber auch durch Töss-Verunreinigungen infolge von Havarien gefährdet ist.

Für das Gebiet des **unteren Tösstales** von Rämismühle bis Winterthur ist das Risikopotential der Trinkwasserversorgung Gegenstand von noch laufenden Studien der Städtischen Werke Winterthur. Das Abwasser dieses Gebietes (Sternenberg, Wila, Turbenthal, Zell, Kyburg, Russikon, Weisslingen, Wildberg, Winterthur) wird grösstenteils im Abwasserpumpwerk Sennhof in die ARA Winterthur abgeleitet.

Im **oberen Tösstal** (Bauma, Fischenthal) wird das Abwasser in den ARA Fischenthal und Bauma gereinigt und anschliessend in die Töss geleitet. Nach langer Trockenheit, wie z.B. im Sommer 2003 ist das Tössbett im oberen Tösstal über weite Strecken vollständig ausgetrocknet, so dass in diesem Fall das gereinigte Abwasser beim Auslauf der ARA Fischenthal und der ARA Bauma im kiesigen Tössbett vollständig bis ins Grundwasser hinab versickert.

Zur Abklärung des Fliessverhaltens und der Fliesszeiten zwischen der Einleitstelle der ARA Bauma in die Töss bei Saland und den grundwasserstromabwärts gelegenen Trinkwasserpumpwerken Tannau (Wila) und Gmeiwerch (Turbenthal) wurde im Auftrag des AWEL im September 2003 – Januar 2004 ein **Markierversuch** der Töss durchgeführt. Die Resultate sind im Bericht Dr. L. Wyssling AG vom 24. Februar 2004 zusammengefasst. Der Markierversuch hat gezeigt, dass gereinigtes und in die Töss geleitetes Abwasser aus der ARA Bauma bei ausgetrockneter Töss innert 24 Tagen, bei wasserführender Töss noch schneller, in die knapp 1 km stromabwärts gelegene Trinkwasserfassung Tannau gelangen kann.

Aufgrund der Resultate des Markierversuches wurde beschlossen, im Gebiet des oberen Tösstals das Abwasser der ARA Fischenthal und der ARA Bauma, die Töss und

die Grundwasserpumpwerke während eines Jahres periodisch zu beproben und hinsichtlich abwasserspezifischer Parameter zu analysieren. Ziel dieser Untersuchungen war es aufzuzeigen, ob und gegebenenfalls in welchem Masse die Töss und der Grundwasserstrom durch Abwasser belastet werden. Die Resultate der im Auftrag des AWEL durchgeführten umfangreichen **chemischen Wasseruntersuchungen** sind im diesbezüglichen Bericht des AWEL vom September 2005 dargestellt.

Im **vorliegenden Bericht** werden die Resultate der Untersuchungen 2003–2005 (Markierversuch, Wasseruntersuchungen) zusammengefasst und aus Sicht des Grundwasserschutzes hydrogeologisch interpretiert.

## 2. Durchgeführte Untersuchungen

### 2.1 Markierversuch 2003–2004

Zugabe von 5 kg des Markierstoffes Naphtionat am 30.9.2003 beim Auslauf der ARA Bauma in das nach langer Trockenheit des Hitzesommers 2003 ausgetrocknete Tössbett. Siehe Markierstelle FV 3, Anhang 2. Der Grundwasserspiegel lag witterungsbedingt ebenfalls auf einem extremen Tiefststand ca. 12 m unter dem Tössbett. Periodische Entnahme von Grundwasserproben in den Fassungen Tannau (Wila) und Gmeiwerch (Turbenthal) im Zeitraum 30.9.2003–19.1.2004. Fluorometrische Analyse der Grundwasserproben durch das Speziallabor Dr. H. Otz, Bellmund / BE.

### 2.2 Chemische und mikrobiologische Wasseruntersuchungen 2004–2005

Im Zeitraum Juli 2004 – Juni 2005 wurden an folgenden **12 Probenahmestellen** monatlich Proben erhoben (vgl. Anhänge 1–3):

- Abwasser: ARA Fischenthal, Zufluss und Abfluss  
ARA Bauma, Zufluss und Abfluss
- Töss: Töss bei Steg  
Töss nach ARA Fischenthal  
Töss nach ARA Bauma  
Töss bei Rämismühle
- Grundwasser: Grundwasserfassung Schwendi, Bauma  
Grundwasserfassung Juckeren, Bauma  
Grundwasserfassung Tannau, Wila  
Grundwasserfassung Gmeiwerch, Turbenthal

Das **Untersuchungsprogramm** umfasste folgende **Parameter**:

- Wasserenthärter EDTA und NTA
- Koffein
- Bor
- Phosphor
- Antibiotika (Beprobung der Grundwasserfassungen am 18.5.2005)
- Mikrobiologie: Gesamtkeimzahl, Coli, Enterokokken

### 3. Frühere Berichte, benützte Unterlagen

#### Berichte Dr. L. Wyssling AG

- Städtische Werke Winterthur. Grundwasser-Überwachungskonzept Linsental. Hydrogeologischer Bericht über den Markierversuch vom April / Mai 1999; mit 5 Beilagen, vom **24.6.1999**.
- Städtische Werke Winterthur. Grundwasser-Überwachungskonzept Linsental – Tösstal (Hornsäge / Hornwiden). Hydrogeologischer Bericht über den Markierversuch vom Oktober – Dezember 1999; mit 5 Beilagen, vom **10.1.2000**.
- AWEL Zürich. Auslauf ARA Saland, Bauma / ZH, in die Töss 0.85 km oberstrom Grundwasserfassung Tannau (GWR h 1–7), in Wila / ZH. Hydrogeologischer Bericht über den Markierversuch vom September 2003 – Januar 2004, mit Beilagen 1–7, vom **24.2.2004**.
- AWEL Zürich. Unterhalts- und Entwicklungskonzept Töss im Leisental. Grundwasserüberwachung. Achter Zwischenrapport, enthaltend Projekt Obere Au - Weieracher (Nullmessungen: bisherige hydrogeologische Ergebnisse, Markierversuch vom Mai – Juli 2005), mit 10 Beilagen, vom **7.10.2005**.

#### Weitere Berichte und Unterlagen

- AGW Zürich. Grundwasseruntersuchungen im oberen Tösstal. Hydrogeologischer Teil. Schlussbericht Nänny-Trüeb-Bähler, vom 8.10.1981.
- AWEL Zürich. Untersuchung zur Grundwasserinfiltration der Töss und der Abwasserreinigungsanlagen im oberen Tösstal. Interner Bericht des AWEL, Abteilung Gewässerschutz, vom September 2005.
- Besprechung vom 15.3.2004: Interne Aktennotiz des AWEL, Abt. Wasserwirtschaft vom 28.5.2004.
- Protokoll der Sitzung vom 14. Juli 2004 im Gemeindehaus Bauma. Verfasser: AWEL, Abt. Wasserwirtschaft, vom 16.7.2004.
- Protokoll der Besprechung vom 13. Oktober 2005 im Gewässerschutzlabor AWEL in Zürich. Verfasser: AWEL, Abt. Gewässerschutz, vom 19.10.2005.

## Resultate des Töss-Markierversuches in Saland 2003–2004

### 1. Schnelle Fliesszeiten Töss – Grundwasserfassungen

Der beim Auslauf der ARA Bauma am 30.9.2003 in das trockene Tössbett ausgebrachte Markierstoff ist nach **24 Tagen** erstmals in der knapp 1 km grundwasserstromabwärts gelegenen **Fassung Tannau** (Wila) erschienen. Daraus resultiert eine maximale "Fließgeschwindigkeit" zwischen Markierstelle und Grundwasserfassung von 35 m/Tag.

In der knapp 4 km grundwasserstromabwärts der ARA Bauma gelegenen **Fassung Gmeiwerch** (Turbenthal) ist derselbe Markierstoff nach **50 Tagen** erstmals erschienen, entsprechend einer maximalen "Fließgeschwindigkeit" von **79 m/Tag**.

Der am 30.9.2003 im **trockenen Tössbett** ausgebrachte Markierstoff sickerte zunächst durch den ungesättigten kiesigen Untergrund bis zu dem in 12 m Tiefe liegenden Grundwasserspiegel hinab und breitete sich dann mit der Grundwasserströmung talabwärts aus. Depots von Markierstoff blieben im Bereich der Eingabestelle aber auch in oberflächennahen Schichten des Tössbettes "stecken" und wurden erst durch die ab 4.10.2003 wieder wasserführende Töss in das tieferliegende Grundwasser ausgewaschen. Ein Teil des Markierstoffes ist aber auch mit der Töss flussabwärts verfrachtet worden, wo das markierstoffhaltige Tösswasser in Fassungsnahe von Tannau (Wila) und Gmeiwerch (Turbenthal) ins Grundwasser infiltrierte. Es ist deshalb davon auszugehen, dass bei einer Markierstoffzugabe **bei wasserführender Töss** noch **schnellere Fliesszeiten** resultieren als die genannten 24 bzw. 50 Tage, weil dann der schnellere Ausbreitungspfad **via fassungsnahe Grundwasserinfiltration der Töss** vermehrt aktiviert wird.

Wie die Messungen September 2003 – Januar 2004 der Markierstoffkonzentrationen im Grundwasser zeigen, erfolgte der **Markierstoffdurchgang** in den Fassungen Tannau (Wila) und Gmeiwerch (Turbenthal) in Abhängigkeit von der Witterung und Töss-Wasserführung mit mehreren Durchgangsspitzen über einen Zeitraum von mindestens **3 Monaten**.

### 2. Kritische Markierstoffkonzentration im Grundwasser

Die im Markierversuch unterhalb der ARA Bauma nachgewiesene maximale **Markierstoffkonzentration** im Grundwasser beträgt ca.  $500 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^3$ . Diese Konzentration erscheint zunächst sehr gering und, hinsichtlich eines möglichen Schadstoffaustrages und einer qualitativen Beeinträchtigung des Grundwassers, wenig beunruhigend. Dabei ist aber zu beachten, dass die ausgebrachte Markierstoffmenge lediglich 5 kg betragen hat. Wenn wir anstelle von 5 kg eine potentielle Schadstoffmenge von 10'000 kg, z.B. bei einer Havarie in Rechnung setzen, und annehmen, der Schadstoff breite sich im Grundwasser ähnlich aus wie der Markierstoff (was sicher nicht 1:1 zutrifft, jedoch für eine erste Näherung als Annahme zulässig erscheint) dann erhalten wir eine mögliche

Schadstoffkonzentration von  $(10'000 : 5) \cdot 500 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^3 = 1 \text{ mg/l}$ . Dieser Wert liegt z.B. um ein Vielfaches über den Trinkwasser-Grenzwerten für zahlreiche organische Verbindungen (KW, CKW). Die vorliegende Betrachtung mag als Hinweis dafür dienen, dass bei einer Havarie mit gut löslichen mobilen Schadstoffen kritische Konzentrationswerte in den Grundwasserfassungen nicht auszuschliessen sind.

### 3. Keine wirksame Kolmatierung <sup>1)</sup> des Tössbettes

Die Konzentration von  $500 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^3$  ist in einer vergleichbaren Grössenordnung wie bei früheren, mit gleicher Markierstoffmenge, jedoch bei mässig Hochwasser führender Töss ausgeführten Markierversuchen. Siehe Tabelle, Anhang 4. Eine wirksame, die Versickerung des Markierstoff-haltigen Tösswassers hemmende **Kolmatierung** des Tössbettes bei Trockenheit bzw. Niederwasserabfluss, wie während des Versuches Ende September / Anfang Oktober 2003 gehabt, findet somit **nicht** statt.

### 4. "Vertikale" Durchmischung Tössinfiltrat – Grundwasser

In der Fassung Tannau liegt die Filterstrecke (= Fassungs-niveau) in einer Tiefe von 30 bis 45 m unter Terrain, bzw. 25 bis 40 m unter dem mittleren Grundwasserspiegel, und in der Fassung Gmeiwerch Turbenthal sind die horizontalen Fassungsstränge in 18 bis 22 m Tiefe unter dem mittleren Grundwasserspiegel angeordnet. Wie der Markierversuch zeigt, findet eine durch den Pumpbetrieb verstärkte, wirksame "vertikale" **Durchmischung** des Tössinfiltrates mit dem Grundwasser statt, so dass der an der Oberfläche in der Töss ausgebrachte Markierstoff bis in die tiefsten in den genannten Fassungen erschlossenen Niveaus des Grundwasserleiters gelangen kann. Vgl. Anhänge 6–8.

---

<sup>1)</sup> Kolmatierung = Verstopfung der Flusssohle.

## Infiltration der Töss

### 1. Quantitative Aspekte

Wir betrachten nachfolgend modellhaft den Tösstal-Abflussquerschnitt unterhalb der ARA Bauma. Die Wassermengen stehen dabei in folgendem Verhältnis zueinander (Verhältniszahl in Klammern; ARA-Abfluss = 1):

#### 1.1 Verhältnisse bei extremem Hochwasserabfluss (20.–22.2.1999)

Abfluss aus ARA Bauma <sup>2)</sup>	3977 m <sup>3</sup> /Tag	(1)
Tössabfluss (Mittel 20.–22.2.99: 31 m <sup>3</sup> /s) <sup>3)</sup>	2'680'000 m <sup>3</sup> /Tag	(674)
Grundwasserabfluss <sup>4)</sup>	16'300 m <sup>3</sup> /Tag	(4)

#### 1.2 Mittlere Abflussverhältnisse

Abfluss aus ARA Bauma <sup>2)</sup>	1691 m <sup>3</sup> /Tag	(1)
Mittlerer Tössabfluss (Q mittel) <sup>3)</sup>	155'520 m <sup>3</sup> /Tag	(92)
Grundwasserabfluss <sup>4)</sup>	14'400 m <sup>3</sup> /Tag	(9)

#### 1.3 Verhältnisse bei Niederwasserabfluss

Abfluss aus ARA Bauma <sup>2)</sup>	878 m <sup>3</sup> /Tag	(1)
Tössabfluss (Q <sub>347</sub> ) <sup>3)</sup>	6'048 m <sup>3</sup> /Tag	(7)
Grundwasserabfluss <sup>4)</sup>	10'800 m <sup>3</sup> /Tag	(12)

#### 1.4 Verhältnisse bei extremer Trockenheit

Abfluss aus ARA Bauma <sup>2)</sup>	646 m <sup>3</sup> /Tag	(1)
Tössabfluss (Q <sub>365</sub> ) <sup>3)</sup>	0 m <sup>3</sup> /Tag	(1) <sup>5)</sup>
Grundwasserabfluss <sup>4)</sup>	7'200 m <sup>3</sup> /Tag	(11)

Die obige Datenzusammenstellung zeigt die ausserordentliche Variabilität des Verhältnisses zwischen ARA-, Töss- und Grundwasserabfluss. Wenn wir den vergleichsweise wenig schwankenden ARA-Abfluss mit der Verhältniszahl 1 bezeichnen, erhalten wir folgende "**Verdünnungsfaktoren**":

<sup>2)</sup> Gemäss Daten der Sektion Abwasserreinigungsanlagen des AWEL.

<sup>3)</sup> Kantonale Abfluss-Messstelle Töss Altlandenberg (ZH 519)

<sup>4)</sup> Gemäss hydrogeologischem Bericht Dr. L. Wyssling AG vom 28.4.2000 (Gruppenwasserversorgung Tösstal. Grundwasserfassung Tannau GWR h 1–7. Ergiebigkeitsstudie).

<sup>5)</sup> 1, falls man ARA-Abfluss in die Töss als Tössabfluss rechnet.

		ARA-Abfluss	Töss	Grundwasser
Extremes Hochwasser	(21.2.1999)	1	674	4
Mittelwasser	( $Q_m$ )	1	92	9
Niederwasser	( $Q_{347}$ )	1	7	12
Extreme Trockenheit	( $Q_{365}$ )	1	1	11

Das Verhältnis Töss- zu Grundwasserabfluss schwankt zwischen 674:4 und 1:11, d.h. im einen Extremfall (Hochwasser) ist der Tössabfluss etwa 170 Mal grösser als der Grundwasserabfluss. Im anderen Extremfall (Trockenheit) ist umgekehrt der Grundwasserabfluss 11 Mal grösser als der Tössabfluss.

### 1.5 Extrem variable Tössinfiltration

Gemäss Erfahrungswerten aus dem schweizerischen Mittelland und aus dem unteren Tösstal<sup>6)</sup> kann die Infiltrationsleistung an der Flusssohle mit einem Wert von 0.3–4.2, im Mittel etwa 1.0 l/min · m<sup>2</sup> veranschlagt werden. Für den betrachteten Tössabschnitt zwischen dem Auslauf der ARA Bauma und der Grundwasserfassung Tannau ergäbe dies bei **mittleren Abflussverhältnissen** eine theoretische Tössinfiltration von  $L = 850 \text{ m} \times B = 5\text{--}10 \text{ m} \times 1.0 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2 = \mathbf{6120 \text{ m}^3/\text{Tag}}$ , was knapp der Hälfte des natürlichen Grundwasserdurchflusses entspräche. Wir vermuten allerdings, dass auch bei mittleren Abflussverhältnissen die Infiltration deutlich geringer sein dürfte als der genannte Wert. Gemäss unseren Messungen 1999 in der Töss-Restwasserstrecke Kollbrunn wurde bei Niederwasser eine Infiltration von grössenordnungsmässig 0.3 l/min · m<sup>2</sup> ermittelt.<sup>7)</sup> Dies ergäbe dann für den hier betrachteten Tössabschnitt noch eine Infiltration von **1836 m<sup>3</sup>/Tag**.

Bei **Hochwasserführung** der Töss nimmt die Infiltrationsleistung der Töss sprunghaft zu. Infolge des Töss-Hochwassers vom 20.–22.2.1999 stieg der Grundwasserspiegel im Pumpwerk Tannau innert 48 Stunden um 5.7 m an! Daraus kann rechnerisch eine Töss-Infiltration von 3.1 l/min · m<sup>2</sup> Tössbett abgeschätzt werden, also grössenordnungsmässig das Zehnfache der bei mittlerem Abfluss vorhandenen Infiltration.<sup>8)</sup>

<sup>6)</sup> Grombach, Haberer, Merkl, Trüeb (1993): Handbuch der Wasserversorgungstechnik, 2. Aufl., Oldenbourg.

<sup>7)</sup> AWEL, Abt. Wasserwirtschaft. Töss-Restwasserstrecke Schöntal – Kollbrunn – Sennhof – Leisental. Hydrogeologische Untersuchungen. Bericht Dr. L. Wyssling AG vom 1.10.1999.

<sup>8)</sup> Grundwasserspiegelanstieg 20./22.2.1999: 5.7 m innert 48 Stunden im Pumpwerk Tannau. Niederschlag Messstelle Bauma SMA 20.–22.2.1999: 60.1 mm. Nutzbare Porosität des Grundwasserleiters  $p = 10\%$  (Erfahrungswert). Infiltrationsbedingter Grundwasserspiegelanstieg somit  $5.7 \text{ m} - 0.6 \text{ m} = 5.1 \text{ m}$ . Betrachteter Infiltrationsraum zwischen ARA Bauma und Pumpwerk Tannau (Fläche des gesättigten Grundwasserleiters)  $L = 850 \text{ m}$ ,  $B = 350 \text{ m}$ ,  $H = 5.1 \text{ m} \cdot 10\% = 0.51 \text{ m}$ . Infiltrationsbedingtes Wasservolumen:  $850 \text{ m} \times 350 \text{ m} \times 0.51 \text{ m} = 151'725 \text{ m}^3$ . Infiltrationsrate der Töss somit  $151'725 \text{ m}^3 : 48 \text{ Stunden} = 52'700 \text{ l/min}$ , bezogen auf eine Töss-Flussbettssohle von  $850 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 17'000 \text{ m}^2$  ergibt sich somit eine spezifische Infiltrationsleistung von  $52'700 \text{ l/min} : 17'000 \text{ m}^2 = 3.1 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ . Dieser Wert liegt im Schwankungsbereich von perkolativer Flusswasserinfiltration von 0.3–4.2 l/min · m<sup>2</sup>, nach Grombach, Haberer, Merkl und Trüeb (1993).

**Fazit:** Die **Infiltration der Töss** ist ein **äusserst variabler und sehr dynamischer Prozess**. Im Normalfall, d.h. bei niedrigem bis mittlerem Tössabfluss ist die Infiltration vergleichsweise gering bis nahe null. Bei **Hochwasserführung** findet eine **massive Infiltration** von Tösswasser ins Grundwasser statt, welche innert Stunden bis wenigen Tagen zu einem sprunghaften Grundwasserspiegelanstieg bis 3 m/Tag führt, d.h. der Grundwasserleiter wird dann innert wenigen Tagen bis ins Niveau der Tösssohle aufgefüllt.

## 2. Ausbreitungspfade, Fliesszeiten

Wie gezeigt infiltriert die Töss phasenweise in sehr bedeutendem Ausmass in den Tössstal-Grundwasserstrom. Töss und zugehöriger Grundwasserstrom weisen in qualitativer und quantitativer Hinsicht einen engen Bezug auf.

Der Markierversuch 2003–2004 beim Auslauf der ARA Bauma, und auch andere Markierversuche 1999–2005 weiter grundwasserstromabwärts zeigen, dass Verunreinigungen von der Töss ausgehend ins genutzte Grundwasser gelangen können. Dabei sind grundsätzlich zwei Ausbreitungspfade zu beachten:

1. **Kurzschlussartig via Töss und fassungsnahe Infiltration:** In diesem Fall einer Verunreinigung der Töss (z.B. infolge Havarie) gelangt der Schadstoff innert wenigen Stunden tössabwärts bis in Fassungsnahe und infiltriert wohl stark **verdünnt**, jedoch sehr **rasch** in die neben der Töss liegenden Grundwasserfassungen.<sup>9)</sup> Siehe Anhänge 7 und 8.
2. **Fassungsferne Infiltration und Zufluss via Grundwasserstrom:** Dieser Fall wurde mit dem Markierversuch 2003–2004 unterhalb der ARA Bauma **bei trockenem Tössbett** geprüft. Bei diesem Ausbreitungspfad resultieren vergleichsweise **höhere Konzentrationen** jedoch **langsamere** Fliesszeiten. Siehe Anhang 6.

Bei durchgehend wasserführender Töss sind die **resultierenden Fliesszeiten** in jedem Fall das Resultat einer im Detail nicht quantifizierbaren Mischung und Summierung der obengenannten Ausbreitungspfade, d.h. von Sickerzeit zwischen Tössbett und tieferliegendem Grundwasserspiegel, Oberflächenabfluss mit der Töss und echter unterirdischer Grundwasserströmung im gesättigten Grundwasserleiter.

---

<sup>9)</sup> Für die unterhalb von Turbenthal gelegenen Fassungen wurden bei Maximalpumpbetrieb minimale Fliesszeiten ab Töss von 1 – 22 Tagen bestimmt. Für die Fassungen Tannau und Turbenthal sind bei Maximalpumpbetrieb Fliesszeiten ab fassungsnahe infiltrierender Töss in derselben Grössenordnung anzunehmen.

## Qualitative Wasseruntersuchungen 2004–2005 (Zu- und Abflüsse ARA, Töss, Grundwasser)

### 1. Ausgeführtes Untersuchungsprogramm

Im Zeitraum **Juli 2004 – Juni 2005** wurden durch das AWEL und das Kantonale Labor Zürich monatlich an folgenden **12 Probenahmestellen** Wasserproben erhoben (vgl. Anhänge 1–3):

- Abwasser: ARA Fischenthal, Zufluss und Abfluss  
ARA Bauma, Zufluss und Abfluss
- Töss: Töss bei Steg  
Töss nach ARA Fischenthal  
Töss nach ARA Bauma  
Töss bei Rämismühle
- Grundwasser: Grundwasserfassung Schwendi, Bauma  
Grundwasserfassung Juckeren, Bauma  
Grundwasserfassung Tannau, Wila  
Grundwasserfassung Gmeiwerch, Turbenthal

Die Wasserproben wurden bezüglich der folgenden abwasserrelevanten **Parameter** untersucht:

- Wasserenthärter EDTA und NTA
- Koffein
- Bor
- Phosphor
- Antibiotika (Beprobung der Grundwasserfassungen am 18.5.2005)
- Mikrobiologie: Gesamtkeimzahl, Coli, Enterokokken

Die genannten Parameter wurden aus folgenden Gründen untersucht:

#### **Wasserenthärter NTA und EDTA** <sup>10)</sup>

EDTA und NTA sind Wasserenthärter, welche in einer Vielzahl von Produkten und Prozessen in Haushalt und Industrie eingesetzt werden. Sie sind deshalb ein guter Indikator für "zivilisatorisch belastetes" Wasser. **EDTA** ist biologisch schwer abbaubar und wird daher in Abwasserreinigungsanlagen nur zu einem kleinen Teil eliminiert. **NTA** ist biologisch gut abbaubar und wird in Abwasserreinigungsanlagen fast vollständig abgebaut.

#### **Koffein**

Koffein ist eine geeignete Markiersubstanz für den Nachweis von häuslichen Abwässern in Gewässern. Die Koffeinanalysen wurden durch Agroscope (Eidgenössische

---

<sup>10)</sup> NTA = Nitritotriessigsäure, EDTA = Ethylendiaminetetraessigsäure.

Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil) durchgeführt. Die analytische Nachweisgrenze liegt bei 0.005 µg/l, ist also ausserordentlich niedrig.

### **Bor**

Bor (Borate) ist ein Bestandteil vieler Waschmittel. Sein Vorhandensein im Fluss- und Grundwasser lässt auf eine Belastung durch Abwasser schliessen.

### **Phosphor**

Phosphor ist ein wichtiger Nährstoff und spielt im Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren eine wichtige Rolle. Täglich fallen ca. 2 g pro Einwohner an und gelangen schliesslich ins Abwasser. In den Abwasserreinigungsanlagen wird Phosphor mittels Phosphatfällung teilweise eliminiert. Der verbleibende Restgehalt ist vom Ausbaustand und dem Betrieb der Anlage abhängig. Phosphor kann auch durch Abschwemmung nach der Düngung in Oberflächengewässer und Grundwasser gelangen.

### **Mikrobiologische Untersuchungen**

Die mikrobiologischen Untersuchungen (Gesamtkeimzahl, Vorkommen von Fäkalkeimen Escherichia coli und Enterokokken) geben Auskunft über die hygienische Beeinträchtigung eines Gewässers durch Abwasser.

## **2. Untersuchungsbericht des AWEL (September 2005)**

Die Resultate der umfangreichen Wasseruntersuchungen sind im Bericht des AWEL, Abteilung Gewässerschutz, vom September 2005 dokumentiert und ausgewertet.

Nachfolgend werden die wichtigsten Resultate dieses Berichtes zusammengefasst.

## **3. Untersuchungsergebnisse**

In der Übersichtstabelle, **Anhang 11**, sind die Resultate der chemischen und mikrobiologischen Analysen entsprechend der Fliessrichtung des Wassers diagrammartig aufgezeichnet. In den einzelnen Kästchen sind die **Minimal- und Maximalwerte** für die verschiedenen Parameter angegeben.

In der nachfolgenden **Tabelle "Hauptzusammenfassung"** haben wir die charakteristische **mittlere Konzentration** der analysierten Stoffe in derselben Masseinheit (µg/l) übersichtsartig zusammengestellt. Die Tabelle vermittelt einen wohl stark vereinfachten, aber trotzdem instruktiven Überblick über den Abbau / Verdünnung / Adsorption der untersuchten Stoffe auf ihrem Weg vom ungereinigten Abwasser, via ARA in die Töss und via Tössinfiltration weiter ins genutzte Grundwasser.

**Tabelle: Hauptzusammenfassung der chemischen und mikrobiologischen Untersuchungen der ARA Zu- und Abflüsse, der Töss und des Grundwassers, 2004–2005: Mittlere Konzentration der analysierten Stoffe in [µg/l], bei E.Coli und Coliformen: Anzahl Keime pro 100 ml.**

Parameter		ARA-Zufluss (Abwasser)	ARA-Abfluss (gereinigtes Abwasser)	Töss (Flusswasser)	Grundwasser (Tösstal-Grund- wasserstrom)
Wasserenthärter	NTA	1'000	<20	<1	<1
	EDTA	60	30	2	<1
Koffein		140	0.25	0.1	<0.005
Bor		1'000	500	20	<10
Posphor (P)		10'000	500	15	3
E.Coli		10'000'000	5000	200	0
Coliforme		250'000'000	375'000	30'000	–

In Anhang 11 sind die **mikrobiologischen** Resultate der 4 **Grundwasserfassungen** gemäss den Untersuchungsberichten des Kantonalen Labors tabellarisch zusammengestellt.

### 3.1 Wasserenthärter (NTA, EDTA)

**NTA** war bereits im Abfluss der ARA Fischenthal und Bauma praktisch nicht mehr nachweisbar, wie dies aufgrund der guten Abbaubarkeit erwartet werden durfte. Dementsprechend ist NTA auch weder in der Töss <sup>11)</sup> noch in den Grundwasserfassungen nachweisbar.

Im Vergleich zu anderen ARA im Kanton Zürich sind die EDTA-Konzentrationen in der ARA Fischenthal und Bauma eher gering. In den ARA wird **EDTA** wie bekannt nur wenig abgebaut. Bereits in der Töss ist dann aber die Verdünnung derart, dass EDTA nur noch knapp über der analytischen Nachweisgrenze vorhanden ist. Im Grundwasser schliesslich konnte EDTA zu keinem Zeitpunkt mehr nachgewiesen werden.

Bereits anlässlich einer **früheren Kampagne (2003)** konnten in den Pumpwerken Schwendi, Tannau und Gmeiwerch keine Wasserenthärter nachgewiesen werden, im Gegensatz zu 27 (von 90) damals untersuchten anderen Fassungen im Kanton Zürich.

<sup>11)</sup> NTA in der Töss durchwegs <1 µg/l, mit einer Ausnahme: Töss nach ARA Fischenthal am 30.5.2005: NTA = 1.2 µg/l.

### 3.2 Koffein

Der Koffein-Gehalt im ungereinigten Abwasser der ARA Fischenthal und Bauma (Zuflüsse) beträgt um 140 µg/l und liegt damit in ähnlicher Grössenordnung wie in früheren Analysen anderer ARA des Kantons Zürich. Im gereinigten Abwasser liegen die Koffein-Gehalte noch um charakteristische Werte von 0.25 µg/l, d.h. sind bereits auf 2<sup>0</sup>/<sub>100</sub> des Ursprungwertes abgebaut. In der Töss sind im Mittel noch 0.1 µg/l Koffein nachweisbar. Im Grundwasser ist Koffein in zwei Dritteln der Proben nicht nachweisbar; bei einem Drittel der Proben (9 von 28) liegt der Gehalt im Bereich der analytischen Nachweisgrenze von 0.005 µg/l.

### 3.3 Bor

Im ungereinigten **Abwasser** (ARA-Zuläufe) beobachten wir charakteristische Bor-gehalte von 1000 µg/l, im gereinigten Abwasser (ARA-Abläufe) solche von 500 µg/l. Bor wird also beim Durchgang durch die ARA nur unwesentlich abgebaut. In der **Töss** bei Steg, d.h. oberhalb der ARA Fischenthal und Bauma, ist Bor nicht nachweisbar, in den Töss-Proben unterhalb der ARA Fischenthal und Bauma, wurden charakteristische Gehalte um 20 µg/l gemessen. Das heisst, der Bor-Gehalt ist hier als Folge des Verdünnungseffektes der Töss auf 4% des Wertes beim ARA-Auslauf abgesunken. Im **Grundwasser** ist Bor nicht mehr nachweisbar, d.h. liegt unterhalb der analytischen Nachweisgrenze von 10 µg/l.

### 3.4 Phosphor

Beim Durchgang durch die **ARA** wird der Phosphorgehalt des Abwassers auf durchschnittlich noch <sup>1</sup>/<sub>20</sub> des Ursprungwertes der ARA-Zuflüsse reduziert. Im Abfluss der ARA Fischenthal und Bauma lag die mittlere Phosphorkonzentration um 500 µg/l. Die Einleitbedingungen in ein Oberflächengewässer betragen für Phosphor 800 µg/l und wurden somit bei beiden ARA in der Regel erfüllt. Bei der ARA Fischenthal war der Wert bei 3 (von 11) Probenahmen überschritten, bei der ARA Bauma bei 1 (von 11) Probenahmen.

In der **Töss** wurden unterhalb der ARA-Ausläufe noch Werte um 15 µg/l gemessen, d.h. der Phosphor-Gehalt ist als Folge des Verdünnungseffektes der Töss auf 3% des Wertes beim ARA-Auslauf abgesunken. Insgesamt ist die Phosphor-Belastung der Töss als sehr niedrig einzustufen.

Im **Grundwasser** ist der Phosphor-Gehalt als Folge der zunehmenden Verdünnung auf Werte um 3 µg/l abgesunken, d.h. liegt im Bereich des Erfahrungswertes für unbelastetes Grundwasser.

### 3.5 Mikrobiologische Untersuchungen

Beim Durchgang durch die ARA wird die Zahl der Fäkalindikatorkeime (*Escherichia coli*) um durchschnittlich etwa das 2000-Fache reduziert.

Nach dem Abfluss der ARA Fischenthal und Bauma ist eine leichte Zunahme der mikrobiologischen Belastung der **Töss** im Vergleich zur Probe oberstrom bei Steg feststellbar. Die ermittelten Coli-Keimzahlen um 200 sind aber für ein Fließgewässer im Siedlungsgebiet vergleichsweise tief. Die Töss kann hinsichtlich der Badewasserqualität der Qualitätsklasse B auf der 4-stufigen Skala A–D (A = beste, D = geringste Qualität) zugeordnet werden.

Infolge Abbau und Verdünnung durch die Töss reduziert sich die mittlere Anzahl *E.coli* von 5000 im gereinigten Abwasser der ARA-Ausläufe auf noch 200 in der Töss. Unabhängig von der Abflussmenge ist die mikrobiologische Belastung der Töss im Winter signifikant tiefer als im Sommer.

Das **Grundwasser** der 4 zur Trinkwasserversorgung genutzten Pumpwerke Schwendi (Bauma), Juckeren (Bauma), Tannau (Wila) und Gmeiwerch (Turbenthal) war bei allen Probenahmen in mikrobiologisch-hygienischer Hinsicht einwandfrei, d.h. *E.coli*-Keime waren in keiner Probe nachweisbar.<sup>12)</sup>

### 3.6 Antibiotika

Am **18.5.2005** wurden durch das Kantonale Labor Zürich im Rahmen einer grösseren kantonalen Probenkampagne auch Grundwasserproben der Pumpwerke Schwendi (Bauma), Juckeren (Bauma), Tannau (Wila) und Gmeiwerch (Turbenthal) erhoben und hinsichtlich des Vorkommens von Sulfonamiden inkl. Metaboliten (Abbauprodukte) untersucht. Das aus Antibiotika der Veterinärmedizin stammende Sulfamethazin ist nicht nachweisbar, das aus der Humanmedizin stammende Sulfamethoxazol ist in Spuren unter der Bestimmungsgrenze von 0.005 µg/l nachweisbar. Diese Werte sind auch im Vergleich zu anderen Grundwassergebieten absolut unauffällig.

---

<sup>12)</sup> Der ausnahmsweise Nachweis von 1 Enterokokken in der Probe vom 11.10.2004 im Pumpwerk Juckeren (vgl. Beilage 11) ist ein Einzelfall und in trinkwasserhygienischer Hinsicht unproblematisch.

## Schlussfolgerungen

1. Die vorliegenden Messreihen dokumentieren eine gute Wasserqualität der Töss und eine **sehr gute Grundwasserqualität des Tösstal-Grundwasserstromes**, entsprechend dem nur dünn besiedelten und überwiegend bewaldeten Einzugsgebiet.
2. **Wirksame Verdünnung und Abbau:** Die im gereinigten und in die Töss eingeleiteten Abwasser noch vorhandenen chemischen und bakteriologischen Belastungen werden bei ihrer Weiterverbreitung stromabwärts in der Töss und im Grundwasserstrom soweit verdünnt bzw. abgebaut, dass sie in den zur Trinkwasserversorgung genutzten Grundwasserfassungen nicht mehr signifikant nachweisbar sind. Diese Feststellung gilt für die Schadstoff-Ausbreitung sowohl bei wasserführender als auch bei trockener Töss.
3. **"Gefahrenpotential Havarie":** Die mit Markerversuchen nachgewiesenen Fließzeiten von der Töss ins genutzte Grundwasser und die dabei gemessenen Markierstoffkonzentrationen im Grundwasser zeigen, dass vor allem im Falle einer Havarie mit hochkonzentriertem Schadstoffeintrag erhebliche **Gefahr** für das Grundwasser besteht.
4. Demgegenüber resultiert durch den wohl permanent stattfindenden, aber vergleichsweise stark verdünnten Schadstoffeintrag durch die Abwassereinleitung der ARA Fischenthal und Bauma gemäss den vorliegenden Untersuchungsergebnissen eine vergleichsweise **geringe Grundwassergefährdung**.
5. Weil der Tösstal-Grundwasserstrom wesentlich durch Infiltration der Töss gespeist wird, bilden **Töss und Grundwasser** eine Art **Schicksalsgemeinschaft**. Eine gute Qualität des Tösswassers ist Voraussetzung für eine entsprechend gute Grundwasser- bzw. Trinkwasserqualität. Bemühungen zum Erhalt und weiteren Verbesserung der Abwasser- und Tösswasserqualität sind deshalb eine Daueraufgabe und Investition in einen nachhaltigen Trinkwasserschutz.
6. Der **Ölunfall vom 21. September 2003**, bei dem mehrere 100 Liter Dieselöl in den Mülibach gelangten und mit dem Bachwasser kurz vor Erreichen des Tössbettes bei Saland im Untergrund versickert sind, hat gezeigt, dass die Feuerwehren auf solche Ereignisse vorbereitet sind. Der Feuerwehrkommandant von Bauma hat auf Anfrage bestätigt, dass ihm die Gefahr einer Grundwasserverschmutzung durch im Tösstal verunfallte Lastwagen und Tankfahrzeuge bewusst sei. Bei grösseren Unfällen würde daher neben den Spezialisten des AWEL auch immer die Stützpunktfeuerwehr von Hinwil aufgebildet werden.

AWEL Zürich; Abteilung Gewässerschutz  
Hydrogeologische Untersuchungen zur  
Grundwasserinfiltration der Töss  
im oberen Tösstal

Grundwasserkarte 1:25'000

Abschnitt: Winterthur – Rämismühle

Stadtacher, i1-10  
46 / >67 Tage (FV 4)

Mittlere Au, i1-33  
1 / 3 Tage (FV 2)

Oberes Linsental, i1-31  
1 / 3 Tage (FV 1)

Weieracher, i1-32  
2.5 / 12 Tage (FV 4)

Sennschür, i1-34  
>29 Tage (FV 1)

Obere Au, i1-35  
13 / 15 Tage (FV 1)  
43 / 57 Tage (FV 4)

Markierstelle zu Färbversuch FV 1

## Fließzeiten von Töss-Infiltrat

von den Markierstellen bis in die Grundwasserfassungen, gemäss Markierversuchen 1999–2005

**1 / 3 Tage:** Fließzeit bis zum Durchgang des Markierstoffmaximums  
Fließzeit bis zum **Ersteinsatz**

- FV 1: Töss-Markierstelle Mülau, 13.4.1999
- FV 2: Töss-Markierstelle Fridtal, 4.10.1999
- FV 3: Töss-Markierstelle ARA Bauma, 30.9.2003
- FV 4: Töss-Markierstellen Obere Au, 23.5.2005

Plangrundlage: Ausschnitt aus Grundwasserkarte des Kantons Zürich 1:25'000, Bl. Winterthur (1994)

**GEOLOGISCHES BÜRO  
DR. LORENZ WYSSLING AG**  
Lohzelgstrasse 5 8118 Pfalshausen / ZH  
Telefon 01 / 825 30 56 Telefax 01 / 825 30 75

AWEL Zürich; Abteilung Gewässerschutz  
Hydrogeologische Untersuchungen zur  
Grundwasserinfiltration der Töss  
im oberen Tössstal

Grundwasserkarte 1:25'000

Abschnitt: Rämismühle – Bauma

**Fließzeiten von Töss-Infiltrat**

von den Markierstellen bis in die Grundwasserfassungen, gemäss Markierversuchen 1999–2005

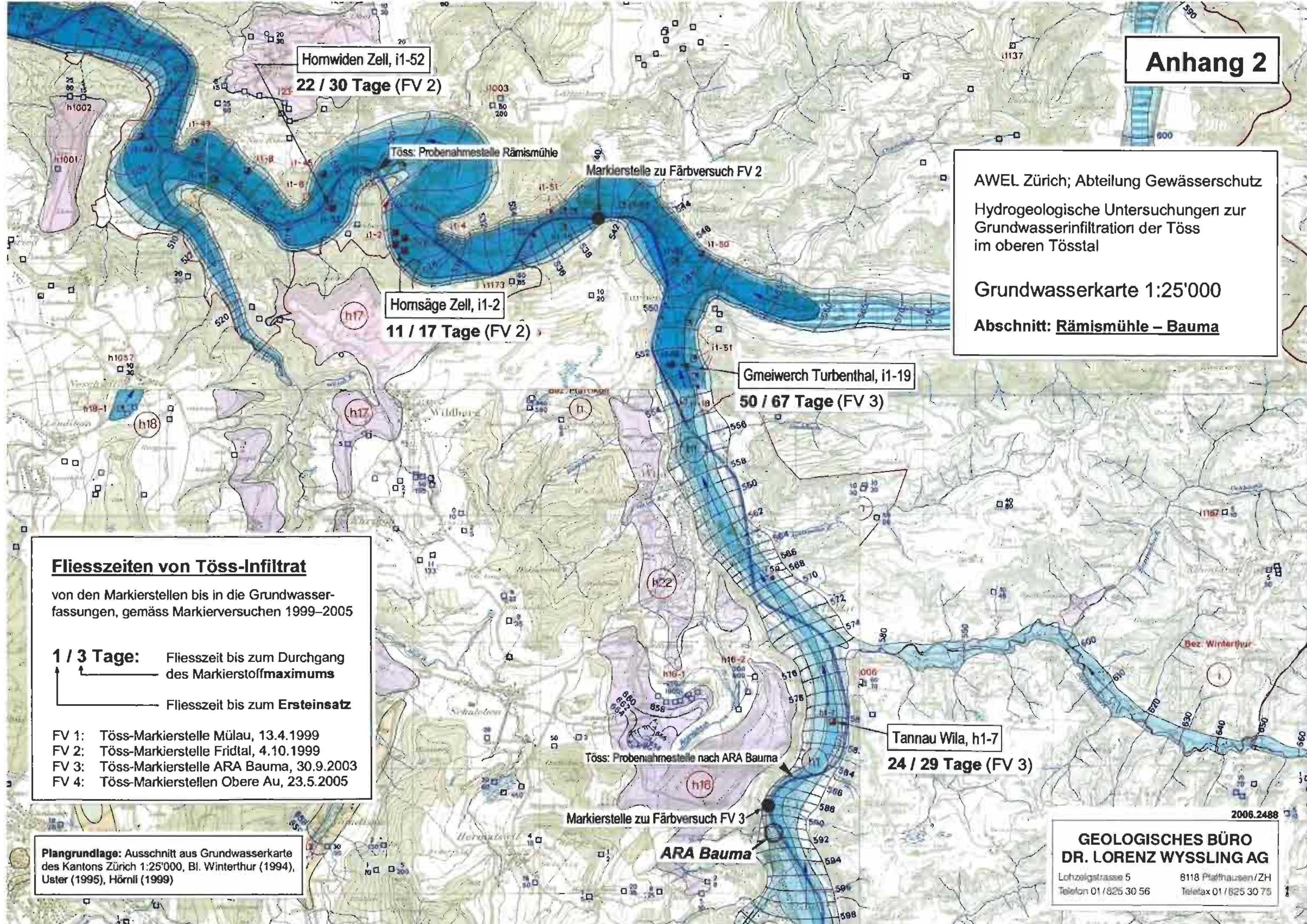
**1 / 3 Tage:** Fließzeit bis zum Durchgang  
des Markierstoffmaximums  
Fließzeit bis zum Ersteinsatz

- FV 1: Töss-Markierstelle Mülau, 13.4.1999
- FV 2: Töss-Markierstelle Fridtal, 4.10.1999
- FV 3: Töss-Markierstelle ARA Bauma, 30.9.2003
- FV 4: Töss-Markierstellen Obere Au, 23.5.2005

Plangrundlage: Ausschnitt aus Grundwasserkarte  
des Kantons Zürich 1:25'000, Bl. Winterthur (1994),  
Uster (1995), Hörnli (1999)

**GEOLOGISCHES BÜRO  
DR. LORENZ WYSSLING AG**

Lohzeigstrasse 5 8118 Pfäfers/ZH  
Telefon 01/825 30 56 Telefax 01/825 30 75

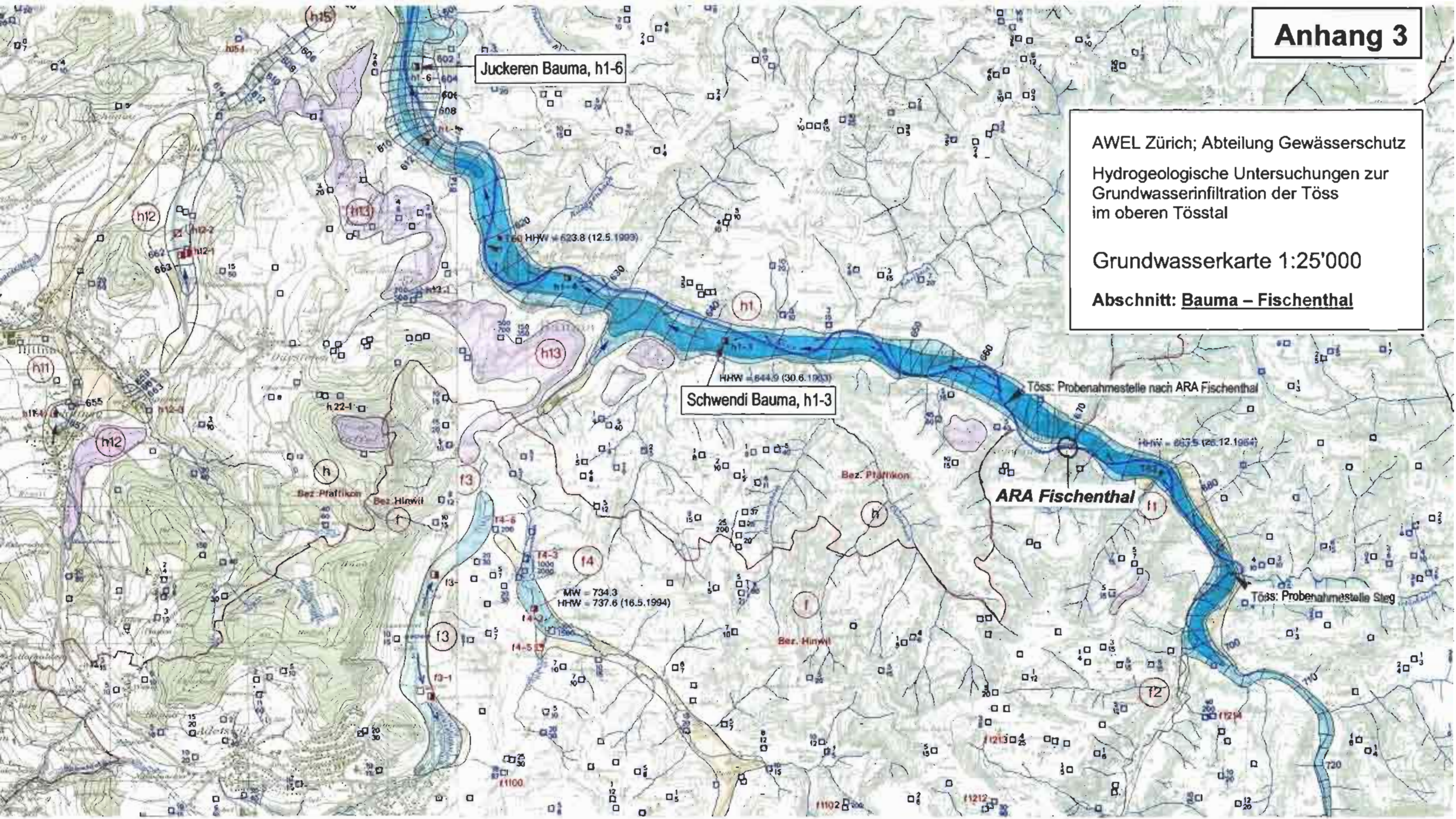


# Anhang 3

AWEL Zürich; Abteilung Gewässerschutz  
Hydrogeologische Untersuchungen zur  
Grundwasserinfiltration der Töss  
im oberen Tösstal

Grundwasserkarte 1:25'000

Abschnitt: Bauma – Fischenthal



Plangrundlage: Ausschnitt aus Grundwasserkarte  
des Kantons Zürich 1:25'000, Bl. Uster (1995),  
Hörnl 1999)

2006.2488

**GEOLOGISCHES BÜRO  
DR. LORENZ WYSSLING AG**

Lothweigstrasse 5      8118 Pfaffhausen / ZH  
Telefon 01/825 36 56      Teletax 01/825 30 75

**Tabelle der Markierversuche in der Töss, 1999–2005**

Markier- versuch Nr.	Datum der Tracer- Eingabe	Ort der Tracer- Eingabe	Tracer Menge, Art	Nachgewiesene maximale Tracer- Konzentration im Grundwasser <sup>1)</sup> [µg/m <sup>3</sup> ]	Distanz zwischen Markierstelle und Probenahmestellen (Grundwasser- fassungen) [km]	Fließzeit <sup>2)</sup>		Töss-Abfluss HW = Hochw. NW = Niederw. Rämismühle	Referenz- Bericht Wyssling AG		
						Ersteinsatz [Tage]	Maximum- durchgang [Tage]				
<b>FV 1</b>	13.4.1999	Mülau 699.44 / 258.14	10 kg Naphtionat	OL:	298	1.2	1	3	24.6.1999 (= Ref. 1)		
				Se:	–	2.3	>29	>29			
				OA:	283	2.8	13	15			
				We:	–	–	–	–			
			MA:	290	3.8	8	10				
<b>FV 2</b>	4.10.1999	Fridtal 705.48 / 255.37	10 kg Naphtionat	Hs:	172	1.7	11	17	10.1.2000 (= Ref. 2)		
				Hw:	93	3.0	22	30			
				MA:	872	12.4	1	3			
<b>FV 3</b>	30.9.2003	ARA Bauma 706.78 / 250.68	5 kg Naphtionat	Ta:	481	0.9	24	29	24.2.2004 (= Ref. 3)		
				Tu:	456	4.0	50	67			
<b>FV 4</b>	23.5.2005	Obere Au, Linsental 697.69 / 257.65	10 kg Naphtionat	OA:	141	0.5	43	57	7.10.2005 (= Ref. 4)		
				We:	16'435	0.9	2.5	12			
				St:	210	3.5	46	>67			

1) Hs = GWF Hornsäge, Hw = GWF Hornwiden, MA = GWF Mittlere Au, OA = GWF Obere Au, OL = GWF Oberes Linsental, Se = GWF Sennschür, St = GWF Stadacher, Ta = GWF Tannau, Tu = GWF Turbenthal, We = GWF Weieracher. GWF = Grundwasserfassung.

2) Zwischen Tracer-Zugabe in Töss und Nachweis in der Grundwasserfassung.

# Anhang 4

**GEOLOGISCHES BÜRO  
DR. LORENZ WYSSLING AG**

Lohzelgstrasse 5 8118 Pfaffhausen / ZH  
Telefon 01 / 825 30 56 Telefax 01 / 825 30 75

2006.2488

## **AWEL Zürich. Hydrogeologische Untersuchungen zur Grundwasserinfiltration der Töss in oberen Tösstal**

---



**Foto 1:** Auslauf der ARA Bauma in die Töss (Pfeil). Markierstelle für Färbversuch FV 3 im trockenen Tössbett am 30.9.2003 bei Töss-Abfluss  $Q = 0$ . Fotodatum: 5.4.2005 bei normalem Niederwasserabfluss der Töss.



**Foto 2:** Töss unterhalb der ARA Bauma. Markierstelle für Färbversuch FV 3 am 30.9.2003 (Pfeil). Fotodatum: 5.4.2005 bei normalem Niederwasserabfluss der Töss.

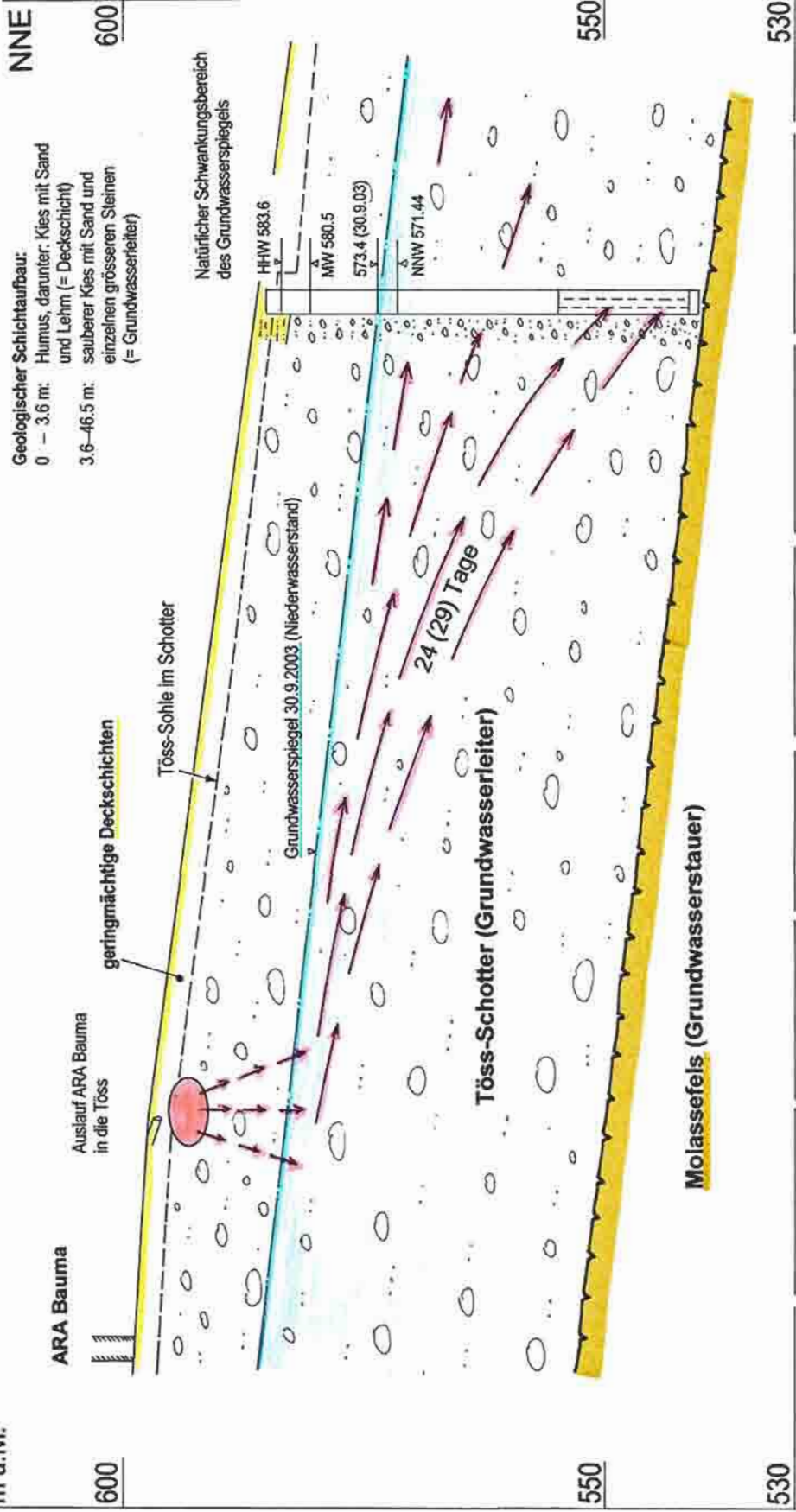
**Hydrogeologisches Profil 1:5000/500**

SSW

**Markierstelle FV 3 vom 30.9.2003**

5 kg Naphtionat in trockenes Tössbett

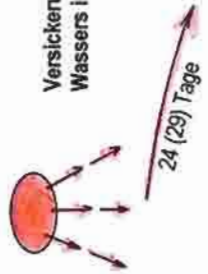
m ü.M.



**Markierstoffausbreitung bei trockener Töss**

**Grundwasserfassung Tannau GWR h 1-7; Wila**

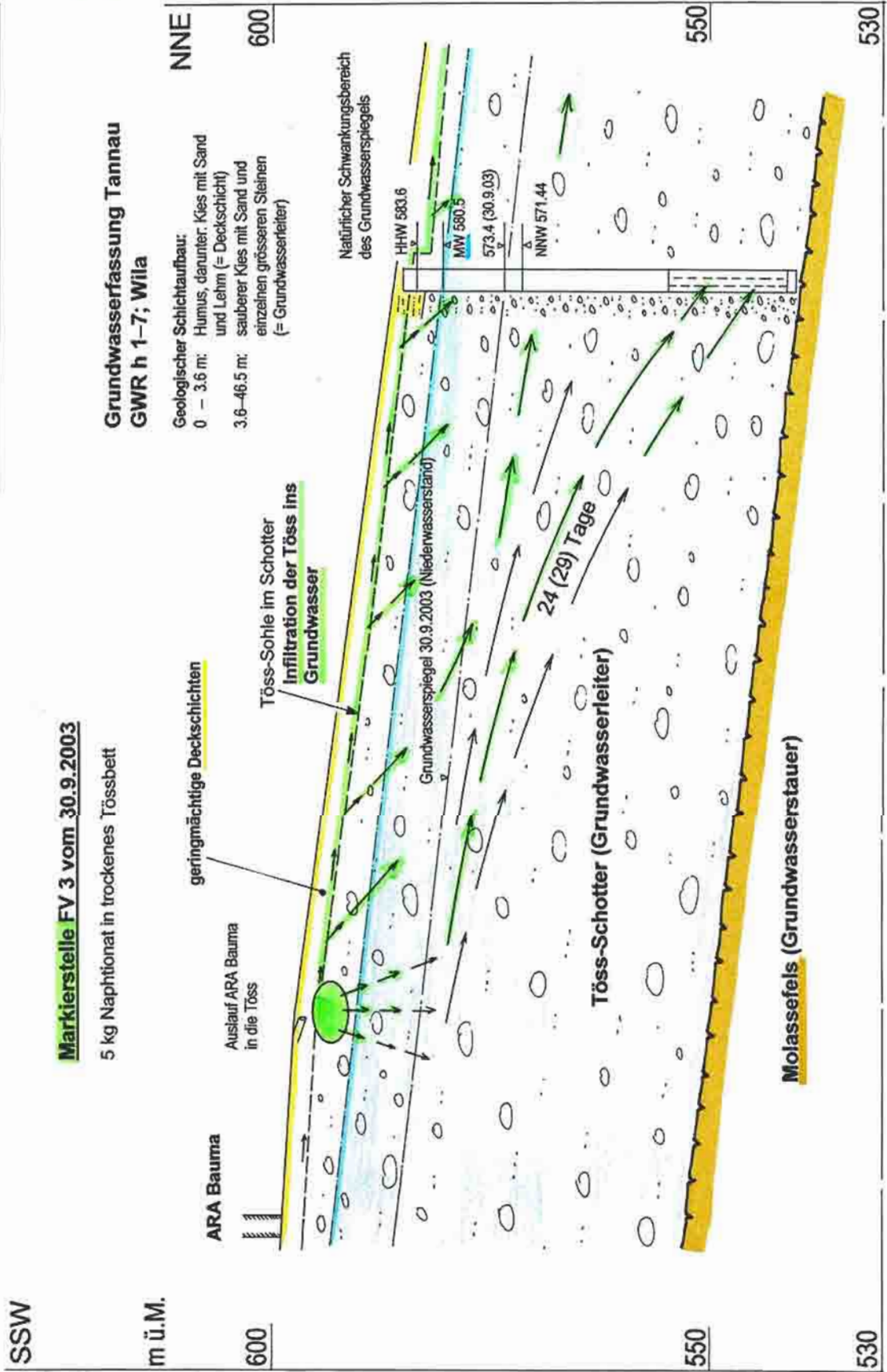
Geologischer Schichtaufbau:  
 0 - 3.6 m: Humus, darunter: Kies mit Sand und Lehm (= Deckschicht)  
 3.6-46.5 m: sauberer Kies mit Sand und einzelnen grösseren Steinen (= Grundwasserleiter)



Versickerung des Markierstoff-haltigen Wassers im ungesättigten Schotter

Ausbreitung des Markierstoffes im Grundwasserstrom; mit Angabe der Fließzeiten Markierstelle bis Tannau  
 24 Tage: Erstnachweis im PW Tannau; 29 Tage: Durchgang des 1. Maximums

**Hydrogeologisches Profil 1:5000/500**

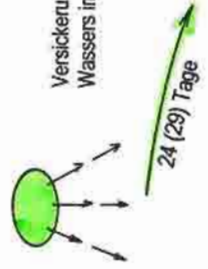


**Markierstelle FV 3 vom 30.9.2003**

5 kg Naphtinat in trockenes Tössbett

**Grundwasserfassung Tannau  
GWR h 1-7; Wila**

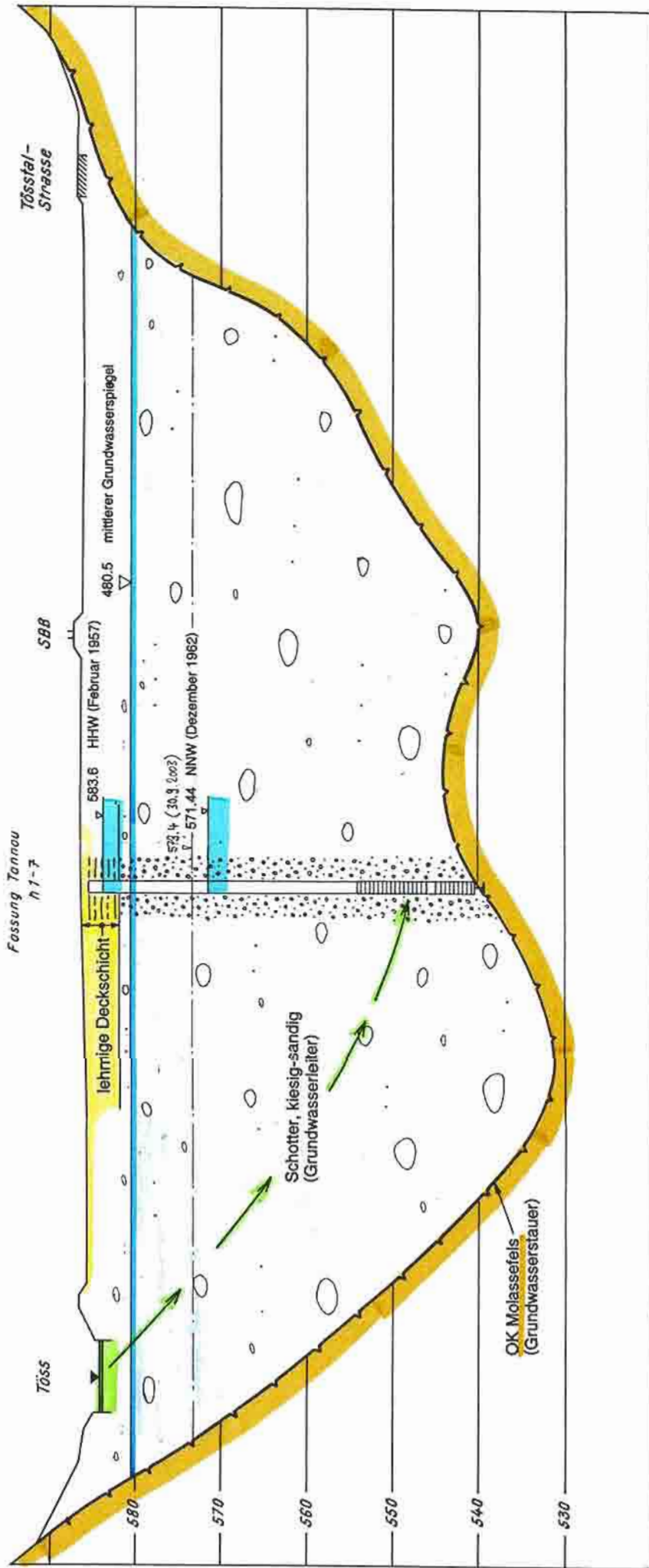
Geologischer Schichtaufbau:  
 0 - 3.6 m: Humus, darunter: Kies mit Sand und Lehm (= Deckschicht)  
 3.6-46.5 m: sauberer Kies mit Sand und einzelnen grösseren Steinen (= Grundwasserleiter)



Versickerung des Markierstoff-haltigen Wassers im ungesättigten Schotter

Ausbreitung des Markierstoffes im Grundwasserstrom; mit Angabe der Fließzeiten Markierstelle bis Tannau  
 24 Tage: Erstnachweis im PW Tannau; 29 Tage: Durchgang des 1. Maximums

E W

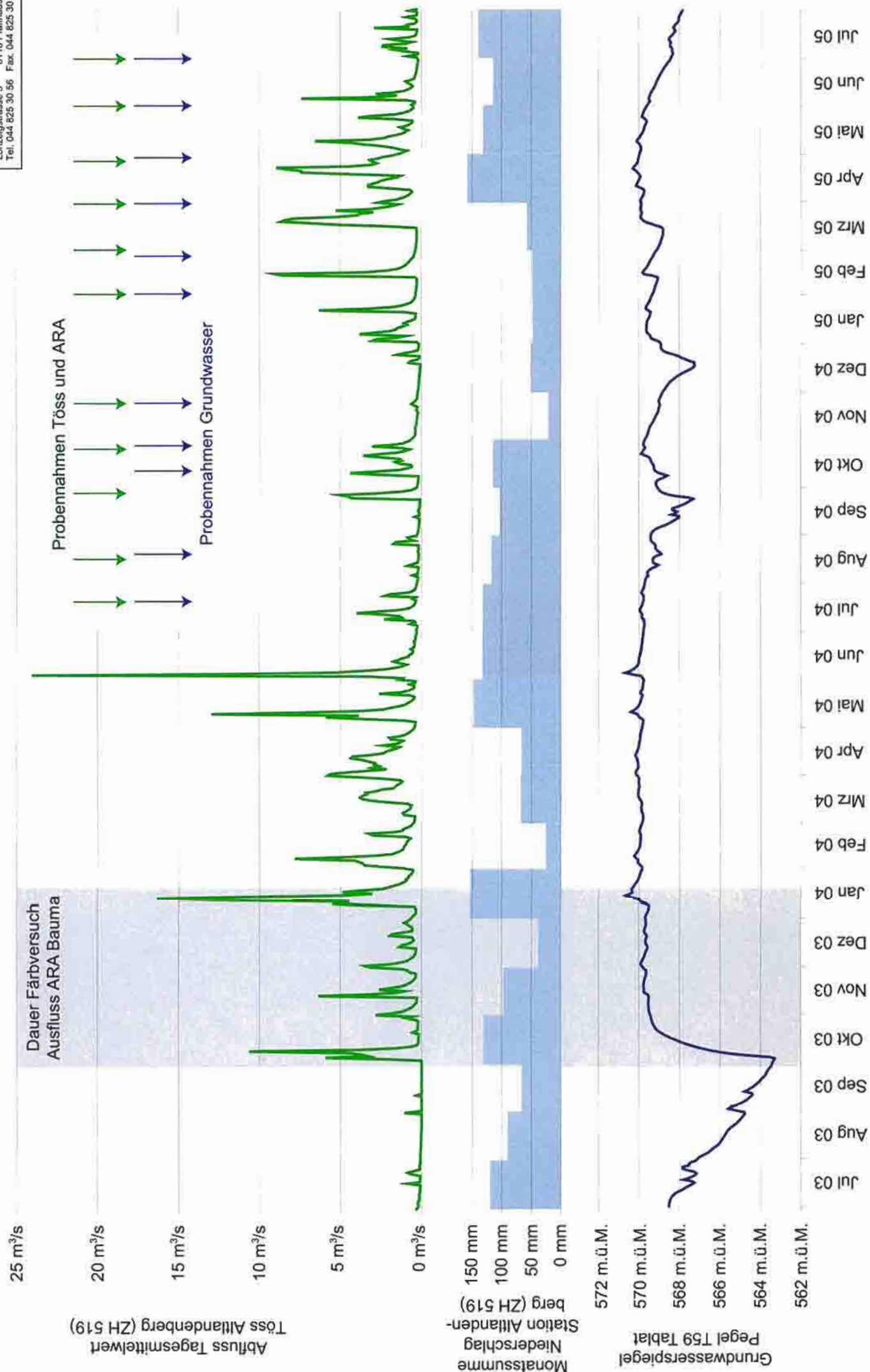


100 m

Aus: Tössalbericht Nänny / Trüb / Bähler  
vom 8.10.1981, Beilage 2.2 – 02, ergänzt

Geologisches Büro  
 Dr. Lorenz Wyssling AG  
 Lohzelstrasse 5 8118 Pfaffhausen  
 Tel. 044 825 30 56 Fax. 044 825 30 75

## Ganglinienplan Juli 2003 - Juli 2005: Grundwasserspiegel, Niederschlag, Tössabfluss, Probenahmedaten



AWEL Zürich, Abteilung Gewässerschutz

Untersuchungen zur Grundwasserinfiltration der Töss und der Abwasserreinigungsanlagen im oberen Tösstal

## Chemische Wasseranalysen 2004-2005

Zufluss ARA Fischenthal		
NTA	(µg/l)	219-1655
EDTA	(µg/l)	<20-123
Phosphor	(mg P/l)	10.1-24.5
Bor	(µg B/l)	496-1460
Koffein	(ng/l)	128'000
Coli	(pro 100 ml)	2.2-40 Mio

Zufluss ARA Bauma		
NTA	(µg/l)	240-1155
EDTA	(µg/l)	19-186
Phosphor	(mg P/l)	5.10-9.28
Bor	(µg B/l)	470-1070
Koffein	(ng/l)	149'000
Coli	(pro 100 ml)	4.2-34 Mio

### ARA Fischenthal

### ARA Bauma

Abfluss ARA Fischenthal		
NTA	(µg/l)	<20
EDTA	(µg/l)	<20-55
Phosphor	(mg P/l)	0.35-1.3
Bor	(µg B/l)	516-882
Koffein	(ng/l)	82-395
Coli	(pro 100 ml)	2400-13000

Abfluss ARA Bauma		
NTA	(µg/l)	<20-27
EDTA	(µg/l)	19-53
Phosphor	(mg P/l)	0.29-0.83
Bor	(µg B/l)	251-696
Koffein	(ng/l)	82-176
Coli	(pro 100 ml)	90-9000

Töss

Töss

Töss bei Steg		
NTA	(µg/l)	n.n.
EDTA	(µg/l)	n.n.-2.1
Phosphor	(mg P/l)	0.002-0.13
Bor	(µg B/l)	n.n.
Koffein	(ng/l)	33-102
Coli	(pro 100 ml)	20-1400

Töss nach ARA Fischenthal		
NTA	(µg/l)	n.n.-1.2
EDTA	(µg/l)	n.n.-3.8
Phosphor	(mg P/l)	0.006-0.037
Bor	(µg B/l)	n.n.-83.1
Koffein	(ng/l)	23-183
Coli	(pro 100 ml)	3-660

Töss nach ARA Bauma		
NTA	(µg/l)	n.n.
EDTA	(µg/l)	n.n.-3.2
Phosphor	(mg P/l)	0.005-0.071
Bor	(µg B/l)	n.n.-49.8
Koffein	(ng/l)	19-179
Coli	(pro 100 ml)	20-550

Töss bei Rämismühle		
NTA	(µg/l)	n.n.
EDTA	(µg/l)	n.n.-1.9
Phosphor	(mg P/l)	0.003-0.011
Bor	(µg B/l)	n.n.-14.8
Koffein	(ng/l)	15-50
Coli	(pro 100 ml)	5-230

n.n. = nicht nachweisbar, d.h. Konzentration unterhalb der analytischen Nachweisgrenze

Nachweisgrenzen: NTA 1 µg/l  
EDTA 1 µg/l  
Koffein 0.005 µg/l  
Bor 10 µg/l  
Phosphor 2 µg/l

Grundwasserfassung h 1-3, Schwendi		
NTA	(µg/l)	n.n.
EDTA	(µg/l)	n.n.
Phosphor	(mg P/l)	0.002-0.008
Bor	(µg B/l)	n.n.
Koffein	(ng/l)	n.n.-15
Coli	(pro 100 ml)	0

Grundwasserfassung h 1-6, Juckeren		
NTA	(µg/l)	n.n.
EDTA	(µg/l)	n.n.
Phosphor	(mg P/l)	0.002-0.008
Bor	(µg B/l)	n.n.
Koffein	(ng/l)	n.n.-13
Coli	(pro 100 ml)	0

Grundwasserfassung h 1-7, Tannau		
NTA	(µg/l)	n.n.
EDTA	(µg/l)	n.n.
Phosphor	(mg P/l)	n.n.-0.006
Bor	(µg B/l)	n.n.
Koffein	(ng/l)	n.n.-8
Coli	(pro 100 ml)	0

Grundwasserfassung i 1-19, Turbenthal		
NTA	(µg/l)	n.n.
EDTA	(µg/l)	n.n.
Phosphor	(mg P/l)	n.n.-0.007
Bor	(µg B/l)	n.n.
Koffein	(ng/l)	n.n.-9
Coli	(pro 100 ml)	0

**GEOLOGISCHES BÜRO  
DR. LORENZ WYSSLING AG**

Löhzelgstrasse 5 8118 Pfaffhausen/ZH  
Telefon 01/825 30 515 Telefax 01/825 30 75

Tabelle der chemischen und mikrobiologischen Grundwasseranalysen (Kantonales Labor Zürich)

Probenahme- datum	h 1-3 Schwendi, Bauma				h 1-6 Juckern, Bauma				h 1-7 Tannau, Wila				i 1-19 Gmeiwerch, Turbenthal			
	Phosphor [mg/l]	GKZ	Coli	Ent.	Phosphor [mg/l]	GKZ	Coli	Ent.	Phosphor [mg/l]	GKZ	Coli	Ent.	Phosphor [mg/l]	GKZ	Coli	Ent.
20.7.2004	0.002	1	0	0	0.003	1	0	0	<0.002	11	0	0	<0.002	0	0	0
19.8.2004	0.003	1	0	0	0.005	3	0	0	<0.002	33	0	0	<0.002	1	0	0
11.10.2004	<0.002	1	0	0	0.003	6	0	1	<0.002	0	0	0	<0.002	0	0	0
27.10.2004	<0.002	5	0	0	0.002	33	0	0	<0.002	10	0	0	<0.002	3	0	0
23.11.2004	<0.002	6	0	0	0.003	25	0	0	<0.002	1	0	0	<0.002	0	0	0
31.1.2005	<0.002	20	0	0	<0.002	0	0	0	<0.002	1	0	0	<0.002	0	0	0
24.2.2005	<0.002	12	0	0	0.003	1	0	0	<0.002	2	0	0	<0.002	1	0	0
29.3.2005	<0.002	0	0	0	<0.002	9	0	0	<0.002	1	0	0	<0.002	0	0	0
27.4.2005	0.003	0	0	0	0.004	0	0	0	<0.002	1	0	0	<0.002	0	0	0
30.5.2005	0.002	1	0	0	0.003	2	0	0	<0.002	18	0	0	<0.002	0	0	0
29.6.2005	0.003	0	0	0	0.003	3	0	0	<0.002	5	0	0	<0.002	1	0	0