

**Grundwasserfassung Tannau, GWR h 1-7
Wila / ZH**

***Hydrogeologische Beurteilung der Brunnen- und
Feldergiebigkeit bei Trockenheit***



Ausgetrocknete Töss im Sommer 2015

Zürich, 15. Januar 2019

Auftraggeber: Gruppenwasserversorgung Tösstal, 8494 Bauma
Ingenieur: Frei + Kauer AG, Rapperswil

Objektnummer: 181690

INHALT

1	EINLEITUNG	3
1.1	Problemstellung und Auftrag	3
1.2	Grundlagen	3
2	GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	4
2.1	Mächtigkeit und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters	4
2.2	Lage und Schwankungen des Grundwasserspiegels	5
2.3	Grundwasserneubildung und natürliche Feldergiebigkeit	6
3	GRUNDWASSERPUMPWERK TANNAU	7
3.1	Ausbau des Filterbrunnens	7
3.2	Förderung	7
4	GRUNDWASSERENTNAHME BEI TROCKENHEIT UND TIEFEN GRUNDWASSERSTÄNDEN	10
4.1	Massgebende Randbedingungen	10
4.2	Fazit und Empfehlungen	12

FIGUREN

Figur 1:	Hydrogeologisches Längsprofil durch das Tösstal zwischen Steg und Winterthur-Töss [6], 50-fach überhöht	4
Figur 2:	Hydrogeologisches Querprofil auf Höhe der GWF Tannau in Bauma [7], 2-fach überhöht	5
Figur 3:	Ganglinie des Grundwasserspiegels im GWPW Tannau von 1970 bis 2018	6
Figur 4:	Ausbau des Filterbrunnens der GWF Tannau 1:250 [7]	8
Figur 5:	Brunnenwasserstand und Förderung im GWPW Tannau sowie Niederschlag in Bauma im Zeitraum 2016–2018	9

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung und Auftrag

Die Gruppenwasserversorgung Tösstal betreibt in Wila das Grundwasserpumpwerk (GWPW) Tannau. In Trockenzeiten sinkt der Brunnenwasserspiegel – bei gleichzeitig erhöhter Förderung – jeweils sukzessive um mehrere Meter ab. Die Gruppenwasserversorgung entnimmt in Trockenzeiten trotz des erhöhten Wasserbedarfs nur wenig mehr Wasser aus dem GWPW Tannau, nämlich rund 20% der konzessionierten Förderrate. Inwieweit die Konzessionsmenge von 3'500 l/min resp. 5'040 m³/Tag (GWR h 1-7) weiter genutzt bzw. diese ausgeschöpft werden kann, ist unklar.

Vor diesem Hintergrund hat uns Herr R. Tedaldi vom Ingenieurbüro Frei + Kauer AG im Namen der Gruppenwasserversorgung Tösstal beauftragt, gestützt auf die vorliegenden Messdaten des Trockenjahres 2018 sowie von früheren Jahren genauere Aussagen zur Grundwasserentnahme im GWPW Tannau zu machen. Die vorliegende Stellungnahme basiert auf den genannten Messdaten sowie auch auf dem Bericht der Dr. Lorenz Wyssling AG vom 28.04.2000 [8].

1.2 Grundlagen

Amtliche Dokumente und Berichte

- [1] Grundwasserrechtsverleihung. Beschluss des Regierungsrates des Kantons Zürich vom 8. Januar 1953, Nr. 56
- [2] Grundwasserfassung Tannau h 1-7: Filterbrunnen Schnitt 1:200 (Ausführungsplan) Ingenieurbüro H. Hickel, Effretikon vom 18.10.1955, mit Pumpversuchsdiagramm vom 11. – 13.9.1953
- [3] Gruppenwasserversorgung Tösstal. Ausführungsbericht zur ersten Bauetappe 1956
- [4] Bericht über den Anschluss von Hittnau an die Gruppenwasserversorgung Tösstal des Ingenieurbüros Hickel + Werffeli, 1964
- [5] Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates des Kantons Zürich. Sitzung vom 3.3.1967
- [6] Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich. Erläuterungen zur Grundwasserkarte 1:25 000, Kempf, Th. et al. 1986
- [7] Grundwasseruntersuchungen im oberen Tösstal. Hydrogeologischer Teil. Schlussbericht P. Nänny, E. Trüeb, U. Bähler, vom 8.10.1981
- [8] Dr. Lorenz Wyssling AG (28.04.2000): Grundwasserfassung Tannau GWR h 1-7 – Ergiebigkeitsstudie (Bericht Nr. 2000.2003)

Karten

- [9] Grundwasserkarte des Kantons Zürich 1 : 25'000, Blatt Uster, Ausgabe 1995 (Hochwasserstandkarte 1995), mit Erläuterungen (1986).

Mess- und Analysedaten

- [10] Gruppenwasserversorgung Tösstal / AWEL Zürich: GWF Tannau h 1-7 Messdaten Fördermenge und Grundwasserspiegel 2016 – 2018.

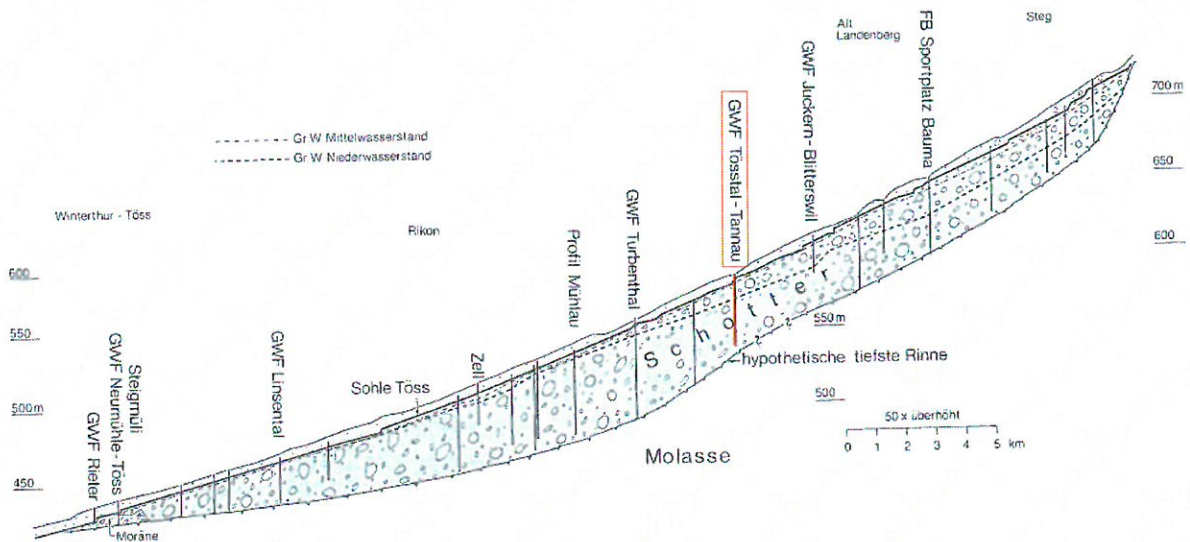
2 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSSE

2.1 Mächtigkeit und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters

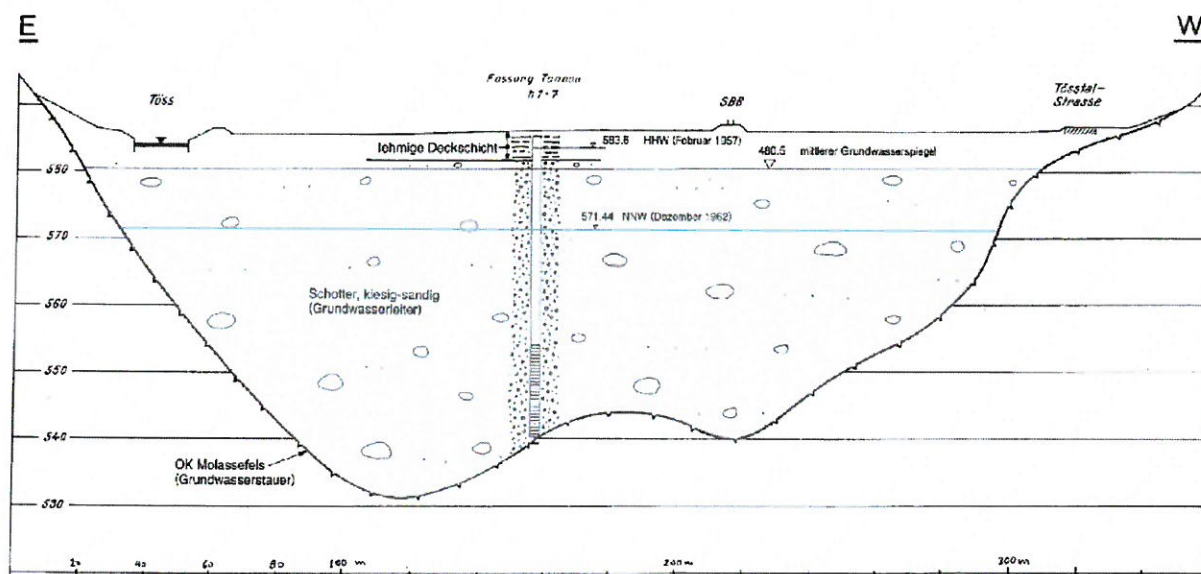
Die Grundwasserfassung Tannau (GWR h 1-7) erschliesst das recht mächtige und ergiebige Tösstal- Grundwasservorkommen. Als Grundwasserleiter wirkt ein gut durchlässiger, kiesig-sandiger Schotter, welcher die in den Felsuntergrund eingetiefte Talrinne auffüllt (Figur 1). Am Fassungsstandort liegt die als Stauer wirkende Felsunterlage in über 46 m Tiefe. Bei einem mittleren Flurabstand des Grundwasserspiegels von 5 – 6 m resultiert damit eine sehr grosse nutzbare Grundwassermächtigkeit von über 40 m.

Der Durchlässigkeitsbeiwert K des Schotter-Grundwasserleiters beträgt gemäss den Resultaten aus Pumpversuchen ca. 2×10^{-3} m/s (Profil-k-Wert). Dies entspricht einer guten Durchlässigkeit. In sandarmen Schichten dürfte die Durchlässigkeit deutlich höher sein, so dass dort präferentielle Fließwege mit hohen Fließgeschwindigkeiten vorhanden sein können.

Figur 1: Hydrogeologisches Längsprofil durch das Tösstal zwischen Steg und Winterthur-Töss, 50-fach überhöht [6]



Figur 2: Hydrogeologisches Querprofil auf Höhe der GWF Tannau in Bauma, 2-fach überhöht [7]



2.2 Lage und Schwankungen des Grundwasserspiegels

In Abhängigkeit von den Niederschlägen und der Wasserführung der Töss ist der natürliche Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels sehr gross. Zwischen Niedrigst- und Höchstgrundwasserstand beträgt dieser mehr als 12 m, wie die nachfolgende Zusammenstellung [8] der seit Inbetriebnahme im GWPW Tannau gemessenen Wasserstände zeigt:

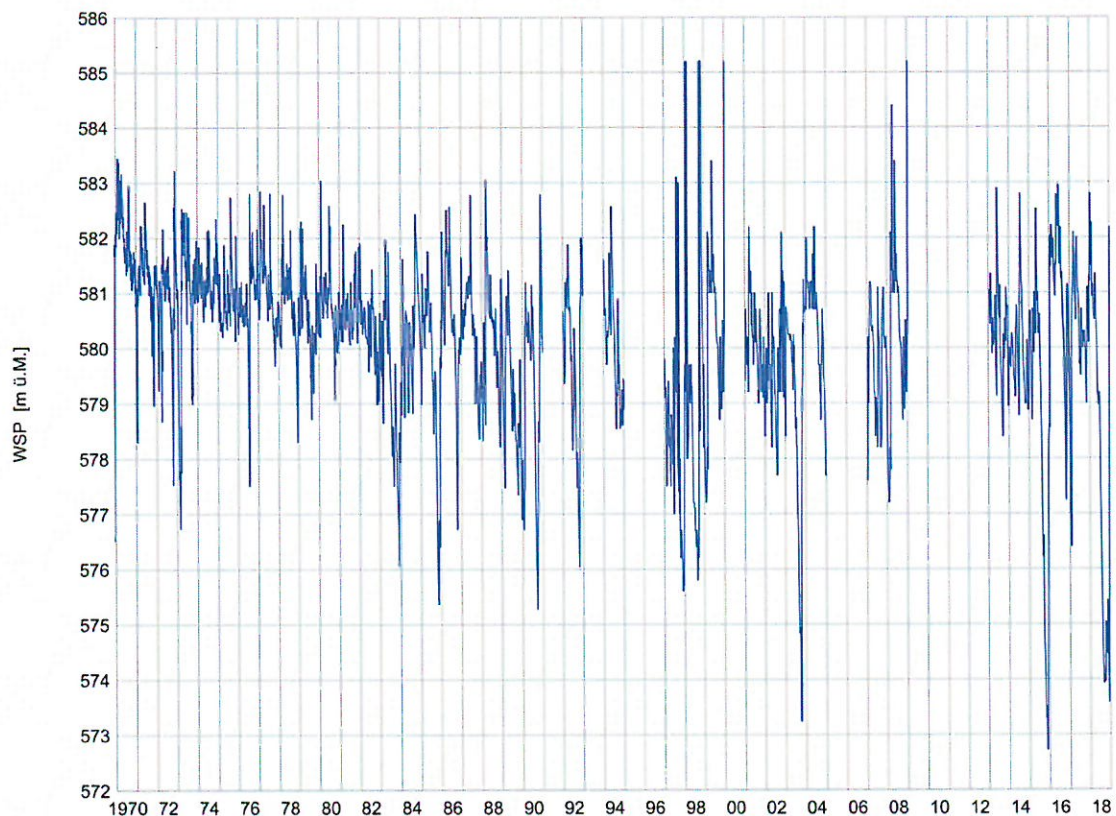
- Höchstgrundwasserstand HHW = 583.60 m ü.M. (Februar 1957)
- Mittelwasserstand MW = 580.50 m ü.M.
- Niedrigstwasserstand NNW = 571.44 m ü.M. (Dezember 1962) ¹⁾

In *Figur 3* sind die Ergebnisse der wöchentlichen Wasserspiegelmessungen im Zeitraum 1970–2018 grafisch dargestellt. Im Trockenjahr 2003 fiel der Wasserstand in der Fassung bis annähernd auf Kote 573 m ü.M. ab, während im Dezember 2015 der Grundwasserspiegel vorübergehend sogar bis auf 572.8 m ü.M. absank. Auch gegen Ende des vergangenen Jahres wurden sehr niedrige Wasserstände registriert.

Das starke Absinken des Grundwasserspiegels tritt in Trockenperioden auf, in denen die Töss weiter talaufwärts und z.T. auch auf Höhe des GWPW Tannau trocken fällt. Damit bleibt die Speisung des Grundwasserstromes durch perkolative Infiltration aus der Töss vollständig aus. Durch den Pumpbetrieb wird das Absinken des Grundwasserspiegels zusätzlich verstärkt.

¹⁾ Im extremen Trockenjahr 1949 dürfte der Grundwasserspiegel nach [8] noch ca. 0.7 m tiefer (Kote 570.8 m ü.M.) gelegen haben, gemäss Messungen in der alten Fassung der Stadt Winterthur, 7 m entfernt von der neuen, 1953 erstellten Fassung Tannau.

Figur 3: Ganglinie des Grundwasserspiegels im GWPW Tannau von 1970 bis 2018



2.3 Grundwasserneubildung und natürliche Feldergiebigkeit

Der natürliche Grundwasserdurchfluss bei Mittelwasser kann für den Talquerschnitt der Fassung Tannau nach DARCY rechnerisch wie folgt abgeschätzt werden [8]:

$$Q = k \cdot i_0 \cdot B \cdot H$$

mit:

- Q = Grundwasserdurchfluss (m³/s)
- k = Durchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserleiters (m/s)
- i₀ = Natürliches Gefälle des Grundwasserspiegels
- B = Breite des Grundwasserleiters
- H = mittlere Mächtigkeit des Grundwasserleiters

$$\begin{aligned}\text{Für} \quad k &= 2.1 \times 10^{-3} \text{ m/s} \text{ }^2) \\ i_0 &= 0.01 \text{ }^3) \\ F &= B \times H = 8'000 \text{ m}^2 \text{ }^4)\end{aligned}$$

ergibt sich ein natürlicher Grundwasserdurchfluss bei mittlerem Grundwasserspiegel in der Grössenordnung von $Q = 10'000 \text{ l/min}$. Bei sehr tiefem Grundwasserspiegel (NNW) und gleichzeitiger Verflachung des Gefälles i_0 der Grundwasseroberfläche (vgl. *Figur 1*) beträgt der natürliche Durchfluss rechnerisch noch maximal rund $5'000 \text{ l/min}$ betragen.

Obige Durchflussabschätzungen sind allerdings mit recht erheblichen Unsicherheiten behaftet. Grundsätzlich kann aber in Übereinstimmung mit dem Bericht Wyssling [8] davon ausgegangen werden, dass der natürliche Grundwasserdurchfluss im Talquerschnitt Tannau grössenordnungsmässig etwa in derselben Grössenordnung wie die maximal konzessionierte bzw. installierte Entnahmeleistung in der Fassung Tannau liegen dürfte [8]. Würde man diese Menge bei Trockenheit vollumfänglich im GWPW Tannau abpumpen, so würde kein Grundwasser mehr weiter talabwärts strömen. Die unterliegenden Fassungen könnten somit nur noch das unterhalb des GWPW Tannau neu gebildete Grundwasser fördern.

3 GRUNDWASSERPUMPWERK TANNAU

3.1 Ausbau des Filterbrunnens

Das im Jahr 1953 erstellte GWPW Tannau erschliesst den Grundwasserleiter des Tösstals bis auf den Fels in rund 46 m Tiefe. Die Brunnenbohrung musste seinerzeit mehrfach telskopiert werden. Das eigentliche Filterrohr $\varnothing 600 \text{ mm}$ reicht von ca. 30 bis 44 m u.T. (vgl. *Figur 4*).

3.2 Förderung

Im Vertikalfilterbrunnen sind in unterschiedlichen Tiefen 3 Tauchmotorpumpen installiert. Die konzessionierte Fördermenge des GWPW Tannau beträgt $3'500 \text{ l/min}$ resp. $5'040 \text{ m}^3/\text{Tag}$ (Grundwasserrecht GWR h 1-7 vom 3.3.1967, Ablauf 1.2024).

Die installierten Pumpen weisen folgende Leistung auf:

- Pumpe 1 Hinzberg: $16.5 \text{ l/s} = 990 \text{ l/min}$
- Pumpe 2 Wila: $7.5 \text{ l/s} = 450 \text{ l/min}$
- Pumpe 3 Burgberg / Bauma: $26.5 \text{ l/s} = 1'590 \text{ l/min}$

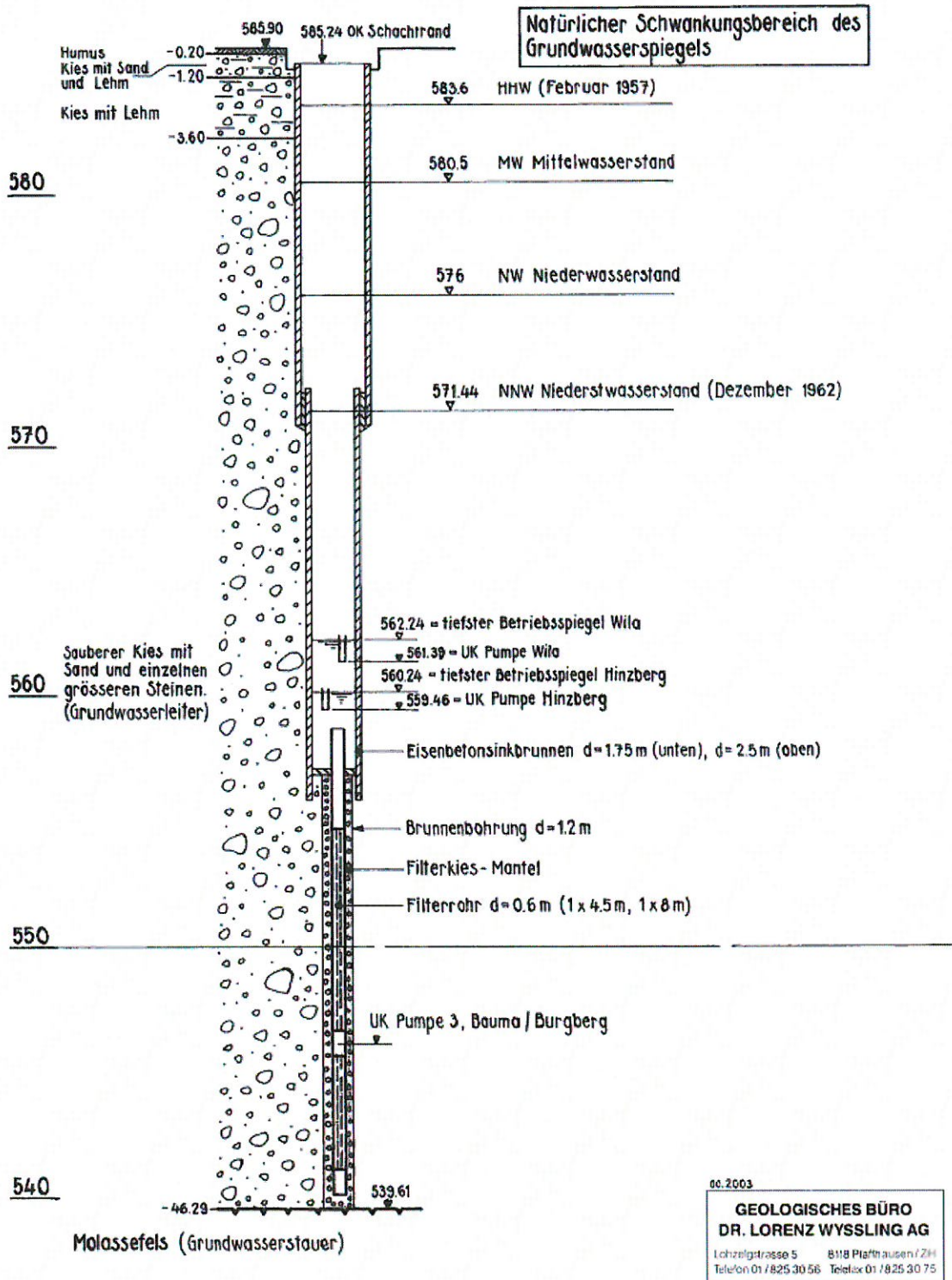
Die total installierte Pumpenleistung beträgt $3'030 \text{ l/min}$ resp. $4'363 \text{ m}^3/\text{Tag}$. Die Konzessionsmenge kann demzufolge auch im Simultanbetrieb der 3 Pumpen nicht ganz ausgeschöpft werden. Die von den Partnern der Gruppenwasserversorgung total optierte Bezugsmenge liegt zurzeit bei $3'235 \text{ m}^3/\text{Tag}$.

²⁾ Gemäss Form des Senktrichters beim Pumpversuch 1953.

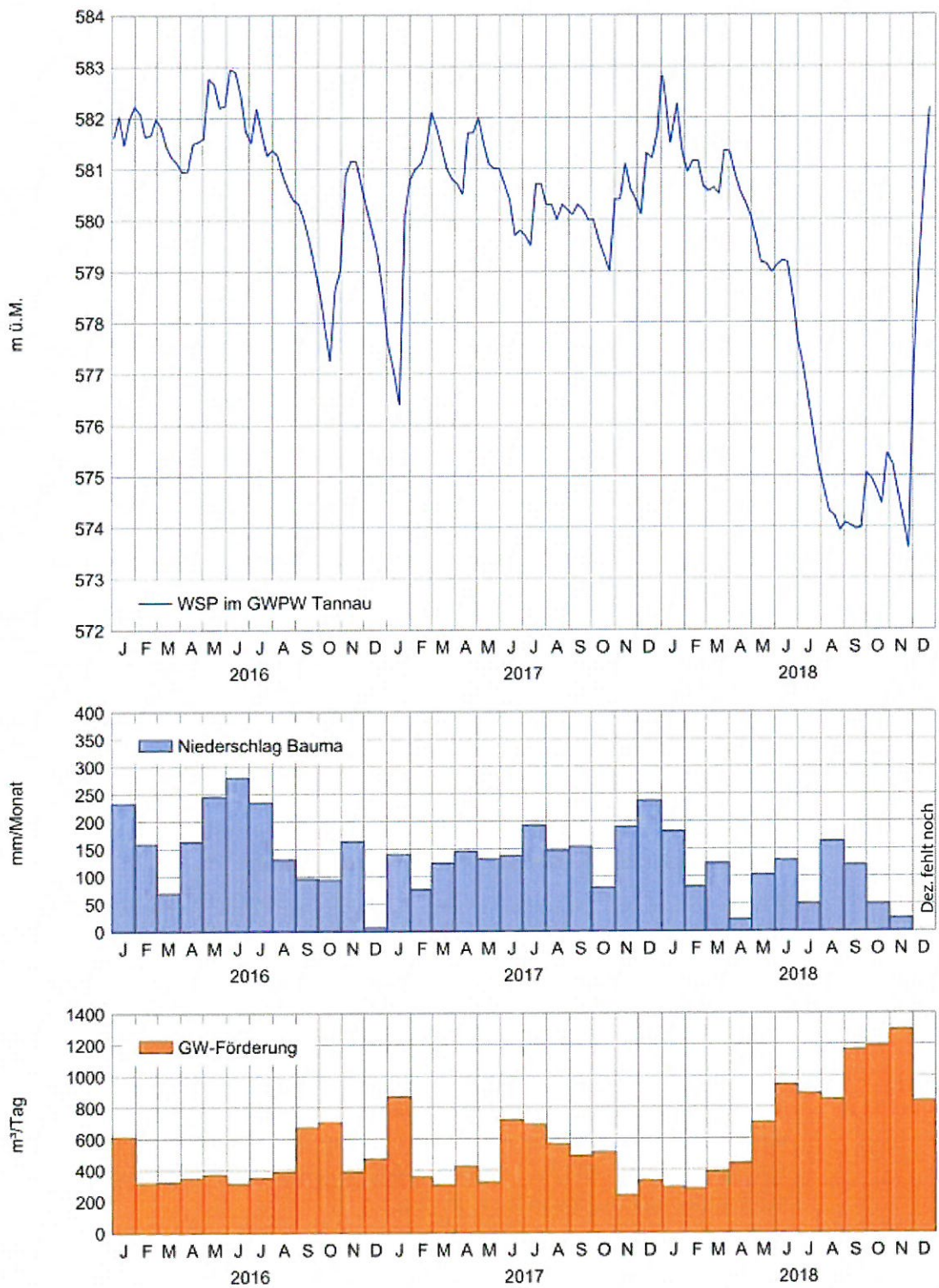
³⁾ Gemäss Grundwasserkarte 1 : 25'000, bzw. gemäss Isohypsenplan vom 9.8.1976, Bericht Nänny, Trüeb & Bähler 1981.

⁴⁾ Gemäss Querprofil Nr. 16, vgl. Anhang 2.

Figur 4: Ausbau des Filterbrunnens der GWF Tannau 1:250 [7]



Figur 5: Brunnenwasserstand und Förderung im GWPW Tannau sowie Niederschlag in Bauma im Zeitraum 2016–2018



4 GRUNDWASSERENTNAHME BEI TROCKENHEIT UND TIEFEN GRUNDWASSERSTÄNDEN

4.1 Massgebende Randbedingungen

Inwieweit auch bei niedrigen Grundwasserständen ein normaler oder allenfalls sogar erhöhter Förderbetrieb möglich ist, hängt von verschiedenen Faktoren resp. Randbedingungen ab, welche nachfolgend diskutiert werden.

Technische Brunnenergiebigkeit

Als technische Brunnenergiebigkeit wird die aus einem Förderbrunnen unter Berücksichtigung der resultierenden Wasserspiegelabsenkung, der Strömungsverhältnisse am Filter (Eintrittsgeschwindigkeit) und der Sandfreiheit maximal mögliche Fördermenge bezeichnet.

Im Bericht Wyssling [8] werden die diesbezüglichen Randbedingungen eingehend erläutert. Für den Vertikalfilterbrunnen des GWPW Tannau ergibt sich zusammenfassend folgendes:

- Bei der maximalen Förderrate von $Q = 3'030 \text{ l/min}$ (alle 3 Pumpen gleichzeitig in Betrieb) resultiert eine stationäre Absenkung des Grundwasserspiegels um ca. $\Delta h = 0.5 \text{ m}$. Die Absenkung ist weitgehend unabhängig vom aktuellen Grundwasserstand, d.h. selbst bei tiefem Grundwasserspiegel bleibt die förderbedingte Absenkung des Brunnenwasserstandes praktisch unverändert.
- Bei den bisher erreichten Niedrigstwasserständen des Grundwassers (ca. Kote 571.4 m ü.M.) war – bezogen auf den tiefstmöglichen Betriebswasserspiegel (Förderpumpe Wila mind. 1 m mit Grundwasser überdeckt) – eine «Grundwasser-Restmächtigkeit» von noch 8–9 m vorhanden. Um diesen Betrag hätte der Brunnenwasserspiegel aus brunnentechnischer Sicht, d.h. auch unter dem Aspekt der «Sandfreiheit» des Filterbrunnens, ohne Probleme weiter abgesenkt werden können.

Nutzbares Grundwasserdargebot bei Trockenheit

Aufgrund der Feststellungen in Kap. 2.3 ist die natürliche Feldergiebigkeit in Trockenzeiten – bei fehlender Neubildung durch Niederschlagsversickerung und Tösswasser-Infiltration – deutlich erniedrigt und dürfte bestenfalls noch etwa der konzessionierten Entnahmemenge entsprechen. In diesen Zeiten sinkt der Grundwasserspiegel bereits natürlicherweise stark ab.

Die Auswertung der Trockenperioden im September / Oktober 2016, im Dezember 2016 sowie im extremen Trockensommer 2017 zeigt, dass der Grundwasserspiegel im GWPW Tannau jeweils mit einer Rate von 2–3 m/Monat⁵⁾ abgesunken ist. Die Förderrate im GWPW Tannau war in diesen Zeiten generell erhöht und lag bei 800–1'000 m³/Tag, in Ausnahmefällen erreichte diese ca. 1'400 m³/Tag. Dieser Wert liegt allerdings noch weit unter der konzessionierten Entnahmemenge von 5'040 m³/Tag.

⁵⁾ In früheren Jahren sind auch schon höhere Absenkraten beobachtet worden [8]. Diese können kurzfristig bis zu 0.26 m/Tag betragen (Oktober 1962).

Inwieweit die Absenkrate des Brunnenwasserstandes durch die Wasserentnahme bestimmt wird und welcher Anteil davon auf die Trockenheit zurückzuführen ist, lässt sich unseres Erachtens nicht abschliessend beurteilen. Im Gutachten Wyssling [8] wird davon ausgegangen, dass das Absinken überwiegend eine Folge der fehlenden Grundwasserneubildung sei. Diese Einschätzung teilen wir nur bedingt. Unseres Erachtens führt die Grundwasserentnahme im GWPW Tannau zu einer Zehrung der vorhandenen Grundwasserreserven (Übernutzung) und dürfte somit wesentlich für das beobachtete Absinken des Brunnenwasserstandes mitverantwortlich sein.

Diese Frage liesse sich nur durch einen Versuch mit einer stufenweisen Erhöhung der Wasserentnahme während Trockenzeiten klären (vgl. Kap. 4.2).

Beeinträchtigung von bestehenden Grundwasserfassungen

Da der Tösstal-Grundwasserstrom in weiteren Fassungen genutzt wird, stellt sich bei einer Grundwasserentnahme in Trockenzeiten zwangsläufig auch die Frage, ob durch das Absenken des Grundwasserspiegels auf sehr niedrige Wasserstände die Förderung dieser GWPW allenfalls nachteilig beeinflusst werden könnte.

Die nächstgelegenen Trinkwasserfassungen liegen in 2–3 km Entfernung. Es sind dies talaufwärts das GWPW Juckern (GWR h 1-6) bei Saland sowie talabwärts das GWPW Gmeiwerch (GWR i 1-19) bei Turbenthal. Bei der Fassung Juckern handelt es sich um eine kleinere Fassung mit einer konzessionierten Förderleistung von 300 l/min. Der Vertikalfilterbrunnen weist bei Niedrigwasserständen nur noch eine geringe nutzbare Mächtigkeit auf, so dass kaum Reserven vorhanden sein dürften.

Die Fassung Turbenthal erschliesst den an dieser Stelle mehr als 50 m mächtigen Grundwasserleiter über einem Horizontalfilterbrunnen. Der Grundwasserspiegel sinkt in Trockenzeiten bis ca. 7 m ab. Die Ergiebigkeit der ausreichend tief angeordneten Filterstränge wird dadurch aber nicht geschmälert. Eine Beeinflussung dieser Fassung durch die Förderung im GWPW Tannau scheint wenig wahrscheinlich.

Wiederanstieg des Grundwasserspiegels

Das Grundwasservorkommen im Tösstal vermag sich nach Trockenzeiten und extrem tiefen Grundwasserständen sehr rasch wieder zu erneuern. Dabei ist es vor allem die Töss, welche bei Hochwasser stark infiltriert und zu einem raschen Wiederanstieg des Grundwasserspiegels führt.

Die Auswertung früherer Messdaten zeigt, dass der Grundwasserspiegel im Extremfall innert 18 Stunden bis zu 2.4 m ansteigen kann. Im vergangenen Dezember erholte sich der Grundwasserspiegel vom Niedrigwasserstand um Kote 574 m ü.M. bis Ende des Jahres um mehr als 8 m (Figur 5), so dass bereits wieder «normale» Grundwasserverhältnisse vorlagen.

4.2 Fazit und Empfehlungen

Bei Trockenheit sinkt der Grundwasserspiegel im GWPW Tannau sukzessive ab. Die Absenkgeschwindigkeit dürfte dabei neben der fehlenden Grundwasserneubildung massgeblich durch die Wasserentnahme im Pumpwerk selbst bestimmt werden. Dabei ist anzumerken, dass in den vergangenen Jahren während Trockenperioden und einem entsprechend erhöhten Wasserbedarf der Bezug aus dem GWPW Tannau zwar gesteigert, die gemäss Konzession mögliche Entnahme aber bei weitem nicht erreicht wurde.

Aufgrund der grossen nutzbaren Grundwassermächtigkeit und des tief angeordneten Filterbereichs kann – aus brunnentechnischer Sicht – der Wasserstand bis auf ca. Kote 563 m ü.M. abgesenkt werden. Die bisher tiefsten Wasserstände liegen bei ca. Kote 571 m ü.M. Ob bei einer derart tiefen, rund 27 m unter dem Mittelwasserstand liegenden Absenkung des Grundwasserspiegels die in mehr als 2 km Entfernung, talaufwärts liegende Fassung Juckern (GWR h 1-6, konz. Entnahme 300 l/min) allenfalls nachteilig beeinflusst wird, scheint zwar eher unwahrscheinlich, muss aber derzeit offen bleiben. Die talabwärts, ca. 3 km entfernte Grundwasserfassung Gmeiwerch der WV Turbenthal (GWR i 1-19, konz. Entnahme 3'000 l/min) dürfte demgegenüber kaum beeinträchtigt werden.

Die vorhandenen Grundwasserreserven sind in der Vergangenheit bisher nie vollständig ausgeschöpft worden. Aufgrund der vorliegenden Messdaten kann davon ausgegangen werden, dass bei ähnlich lange dauernden Trockenzeiten wie im Jahr 2018 eine höhere Wasserentnahme möglich gewesen wäre (schätzungsweise ca. 2'000–2'500 m³/Tag), dies unter Inkaufnahme extrem tiefer Brunnenwasserstände. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass bei Erreichen der tiefst möglichen Wasserstände die Förderung reduziert werden muss. Falls die Trockenheit weiter andauert, würde in diesem Fall nur noch eine limitierte Wassermenge aus dem GWPW Tannau zur Verfügung stehen (ca. 200–400 m³/Tag).

Um die Möglichkeit einer erhöhten Wasserentnahme im GWPW Tannau besser beurteilen zu können, empfiehlt es sich, bei extremer Trockenheit die Wasserentnahme versuchsweise auf die oben genannte Fördermenge zu erhöhen und die Wasserspiegel im Pumpwerk sowie in weiteren Beobachtungsstellen kontinuierlich zu messen. Auf der Grundlage der während des Testbetriebs gewonnenen Messdaten können anschliessend Aussagen zur Absenkrate bei unterschiedlicher Wasserentnahme im GWPW Tannau und zu den Auswirkungen in der Umgebung gemacht werden. Dies wiederum sollte es erlauben, ein Betriebsregime zu erarbeiten, mit Hilfe dessen das vorhandene Grundwasserdargebot bei Trockenheit künftig bestmöglich ausgenutzt werden kann.

Zürich, 15. Januar 2019
181690 Bericht.docx (PDF-Ausdruck) La

Dr. Heinrich Jäckli AG

Sachbearbeiter:

Walter Labhart, Dr. sc. nat. Geologe