

**Energieproduktion Kleingewässer.**

Studie von Georg Odermatt für Hycon GmbH.

Keine Frage, die «Erneuerbaren» müssen ausgebaut werden, jedoch nicht überstürzt oder um jeden Preis sowie vor allem nicht in der unbelasteten Landschaft. Statt wenige Grosse, sollen viele kleine landschaftsverträgliche Energie-Produktionsanlagen – nah an den Verbrauchern und bestehenden Infrastrukturen gefördert werden. Vorbelastete Gebiete sind beispielsweise bestehende Industriegebiete und bestehende Kleinwasserkraftwerksanlagen. Beides liegt im vorliegenden Fall zu.

Analyse der Produktionsmöglichkeiten eines Kleinwasserkraftwerkes unter verschiedenen Restwasserszenarien.

Seit fast 100 Jahren versorgen die Kleinwasserkraftwerke Ober- und Nidertöss in Winterthur die ansässige Textilmaschinenfabrik Rieter AG mit Strom. In Anbetracht der anstehenden Unterhalts- und Sanierungsmassnahmen und den sich ändernden klimatischen Bedingungen wurde eine Analyse für die Produktionsmöglichkeiten nach der in einem guten Jahrzehnt ablaufenden Konzession durchgeführt.

Der im Textilmaschinenbau tätige Konzern wurde 1795 als J. J. Rieter & Cie. gegründet und war vor seiner Umfirmierung als Maschinenfabrik Rieter AG bekannt. Der Konzern ist international tätig, hat seinen Hauptsitz aber seit jeher in Winterthur im Schweizer Mittelland. Die Firma Rieter erwarb 1833 das Kloster Töss und baute dort die Maschinenfabrik Rieter. Die Kraftwerksanlagen in Ober- und Nidertöss wurden zwischen 1914 und 1935 erstellt und sind eindruckliche Beispiele für den damaligen Stand der Technik in der Energieproduktion. Beide stehen unter Denkmalschutz.

Die Töss weist an dieser Stelle einen durchschnittlichen Jahresabfluss von gut  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  auf und entwässert ein Einzugsgebiet von 250 km<sup>2</sup>, welches von Wald geprägt ist und mit einer mittleren Höhe von 700 m.ü.M. keine Vergletscherung aufweist.

Die beiden Ausleitkraftwerke sind mit je einem Maschinenhaus in Kaskade angeordnet. Während das KW Obertöss mit zwei Kaplan Turbinen und einer Gesamtleistung von 270 kW ausgestattet ist, verfügt das KW Untertöss über eine Drillings-Francis Turbine mit einer Leistung von 180 kW. Das KW Nidertöss wurde 1914 gebaut, das KW Obertöss wurde erst 1935 in Betrieb genommen. Beide Kleinkraftwerke verfügen über eine Ausbauwassermenge von etwas über  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  und haben je einer Nettofallhöhe von gut fünf Metern. Zusammen produzieren sie in einem durchschnittlichen Jahr rund 1.5 GWh. 1990 wurden die Kraftwerke stillgelegt und Anfangs der Jahrtausendwende nach einer umfassenden Sanierung mit einer neuen Konzession wieder in Betrieb genommen.

In den nächsten Jahren stehen für die Kraftwerke einige Investitionen an. Aufgrund der Bestimmungen aus dem Gewässerschutzgesetz (GSchG) wird in jedem Fall die Fischgängigkeit den aktuellen Anforderungen angepasst. Zudem müssten bei einem Weiterbetrieb im Rahmen einer Neukonzessionierung umfangreiche Unterhalts- und Erneuerungsarbeiten realisiert werden.

Darum stellt sich die Frage: Unter welchen Rahmenbedingungen lohnt sich eine Neukonzessionierung und welchen Einfluss hat der Klimawandel auf das Abflussregime der Töss?





Abbildung 1: Streichwehr des Ausleitkraftwerkes Obertöss in Winterthur mit geöffneten Klappen. @T. Gross

## **Analyse der Produktionsmöglichkeiten eines Kleinwasserkraftwerkes in der Schweiz unter verschiedenen Restwasserszenarien**

*Studie von Georg Odermatt für Hycon GmbH*

Seit fast 100 Jahren versorgen die Kleinwasserkraftwerke Ober- und Niedertöss in Winterthur die ansässige Textilmaschinenfabrik Rieter AG mit Strom. In Anbetracht der anstehenden Unterhalts- und Sanierungsmassnahmen und den sich ändernden klimatischen Bedingungen wurde eine Analyse für die Produktionsmöglichkeiten nach der in einem guten Jahrzehnt ablaufenden Konzession durchgeführt.

Der im Textilmaschinenbau tätige Konzern wurde 1795 als J. J. Rieter & Cie. gegründet und war vor seiner Umfirmierung als Maschinenfabrik Rieter AG bekannt. Der Konzern ist international tätig, hat seinen Hauptsitz aber seit jeher in Winterthur im Schweizer Mittelland. Die Firma Rieter erwarb 1833 das Kloster Töss und baute dort die Maschinenfabrik Rieter. Die Kraftwerksanlagen in Ober- und Niedertöss wurden zwischen 1914 und 1935 erstellt und sind eindruckliche Beispiele für den damaligen Stand der Technik in der Energieproduktion. Beide stehen unter Denkmalschutz.



Die Töss an dieser Stelle weist einen durchschnittlichen Jahresabfluss von gut 6 m<sup>3</sup>/s auf und entwässert ein Einzugsgebiet von 250 km<sup>2</sup>, welches von Wald geprägt ist und mit einer mittleren Höhe von 700 m.ü.M. keine Vergletscherung aufweist.

Die beiden Ausleitkraftwerke sind mit je einem Maschinenhaus in Kaskade angeordnet. Während das KW Obertöss mit zwei Kaplan Turbinen und einer Gesamtleistung von 270 kW ausgestattet ist, verfügt das KW Untertöss über eine Drillings-Francis Turbine mit einer Leistung von 180 kW. Das KW Niedertöss wurde 1914 gebaut, das KW Obertöss wurde jedoch erst 1935 in Betrieb genommen. Beide verfügen über eine Ausbauwassermenge von etwas über 6 m<sup>3</sup>/s und haben je einer Nettofallhöhe von gut fünf Metern. Zusammen produzieren sie in einem durchschnittlichen Jahr rund 1.5 GWh. 1990 wurden die Kraftwerke stillgelegt und Anfangs der Jahrtausendwende nach einer umfassenden Sanierung mit einer neuen Konzession wieder in Betrieb genommen.



*Abbildung 2: Der Rieterkanal bringt das Wasser teils unterirdisch zum KW Untertöss. @T. Gross*

In den nächsten Jahren stehen für die Kraftwerke einige Investitionen an. Aufgrund der Bestimmungen aus dem Gewässerschutzgesetz (GSchG) wird in jedem Fall die Fischgängigkeit den aktuellen Anforderungen angepasst. Zudem müssten bei einem Weiterbetrieb im Rahmen einer Neukonzessionierung umfangreiche Unterhalts- und Erneuerungsarbeiten realisiert werden.

Darum stellt sich die Frage: *Unter welchen Rahmenbedingungen lohnt sich eine Neukonzessionierung und welchen Einfluss hat der Klimawandel auf das Abflussregime der Töss?*

Die Rahmenbedingungen dabei sind die Restwassermenge und die zu tätigenen. Um diese Frage zu untersuchen, wurde ein Modell erstellt, um die nutzbare Wassermenge unter verschiedenen Restwasserszenarien zu simulieren. Zudem wurde eine Einschätzung unternommen, um festzustellen, ob und gegebenenfalls in welchem Ausmass der Klimawandel während der kommenden Konzessionsperiode Auswirkungen haben könnte. Daraus wurde mit einer ökonomischen Analyse die Profitabilität einer Neukonzessionierung bestimmt.

### Von Daten zu einem Modell

Als Grundlage für das Modell dienen Abflussdaten vom Jahr 2019 in einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten. Einerseits lag 2019 der durchschnittliche Abfluss ( $6.11 \text{ m}^3/\text{s}$ ) nahe am durchschnittlichen Abfluss der letzten 12 Jahre ( $6.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und andererseits war das Jahr 2019 ein relativ Durchschnittliches, wenn man den mittleren Durchfluss und die Jahresproduktion linear korreliert (Abbildung 3). In anderen Worten: Das Jahr 2019 hatte einerseits einen durchschnittlichen Jahresabfluss und andererseits eine typische Produktionsmenge für diesen Abfluss.

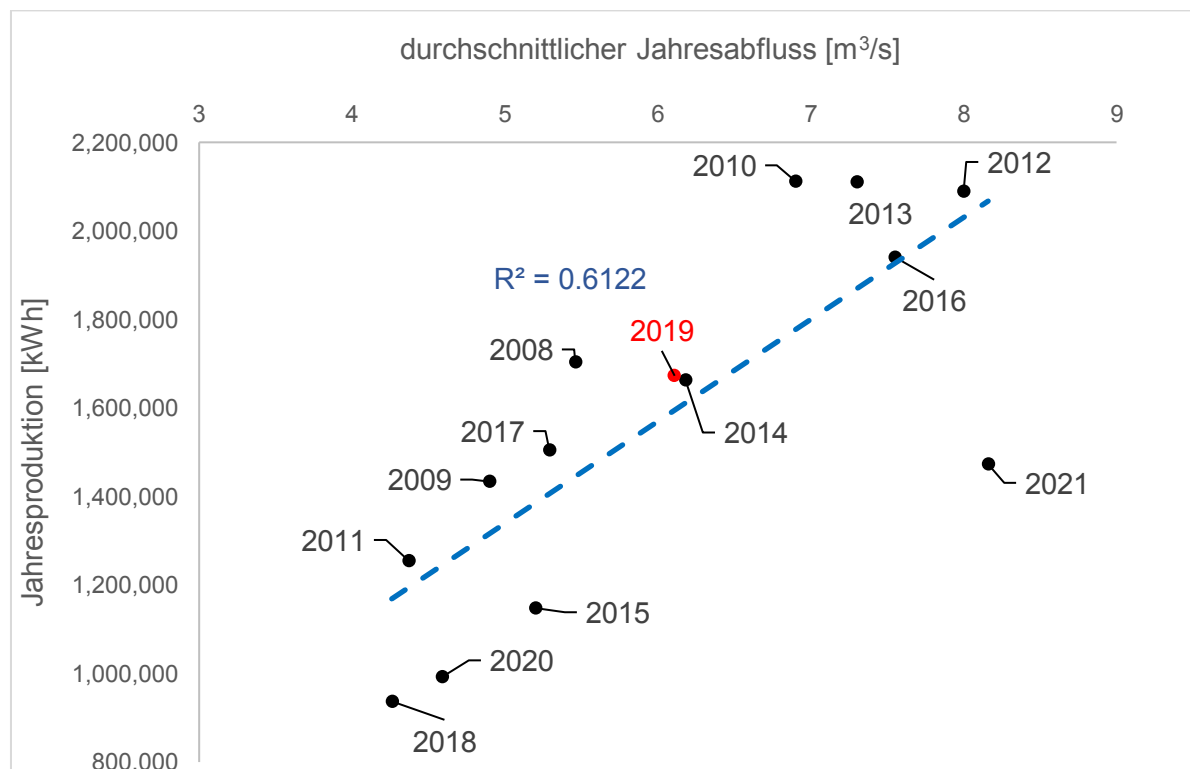


Abbildung 3: Jahresabfluss vs. Jahresproduktion. Rot markiert ist das Jahr 2019, welches als Datengrundlage für das Modell diente.

Das Modell berechnet für jeden 5 Minuten Zeitintervall die nutzbare Wassermenge, welche sich aus dem aktuellen Abfluss abzüglich der Restwassermenge ergibt. Daraus wird die produzierte Energie für jedes Zeitintervall berechnet. Die Berechnung erfolgt aus der Energiegleichung (Gleichung 1). Dementsprechend basiert das Modell auf physikalischen Gesetzmässigkeiten und ist kein Black-Box Modell.

$$(1) E, tot = \rho * g * h, net * \eta * \sum_{i=1}^n (Q_i - R_i) * \Delta t$$

$E, tot = \text{produzierte Jahresenergie [GWh]}$

$\rho = \text{Dichte von Wasser [kg/m}^3]$

$g = \text{Erdbeschleunigung [m/s}^2]$

$h, net = \text{Nettofallhöhe [m]}$

$\eta = \text{Wirkungsgrad der Turbine [-]}$

$Q_i = \text{Durchfluss in jeweiligem Intervall [m}^3/\text{s]}$

$R_i = \text{Restwasser in jeweiligem Intervall [m}^3/\text{s]}$

$\Delta t = \text{Zeitdauer des jeweiligen Intervalls [s]}$

Ein Skalierungsfaktor wurde eingeführt, um die Abweichung zwischen den vom Modell berechneten und den tatsächlich erzielten Werten der Jahresenergie zu korrigieren (Gleichung 2). Dieser wurde anhand des Vergleiches der vom Modell berechneten und der tatsächlich produzierten Jahresenergie 2019 bestimmt. Dadurch lassen sich die simulierten Ergebnisse besser an die tatsächlichen Daten anpassen.

$$(2) E, eff = k * E, mod$$

$E, eff = \text{produzierte Jahresenergie [GWh]}$

$k = \text{Skalierungsfaktor [-]}$

$E, mod = \text{vom Modell produzierte Jahresenergie [GWh]}$

Der wichtigste Input-Parameter für das Modell ist die Restwassermenge, welche variiert werden kann. Der wichtigste Output-Kennwert ist die produzierte Jahresenergie (Abbildung 4).

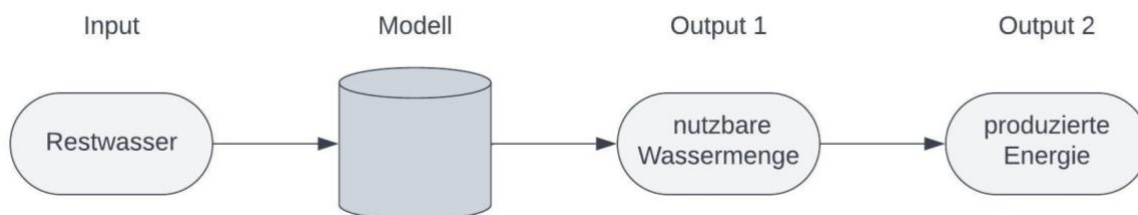


Abbildung 4: Flowchart des Modells.

Die Restwassermenge in der aktuell laufenden Konzession beläuft sich auf einen Wert von 500 l/s. Bei einer Neukonzessionierung muss ein Restwasserbericht erstellt werden (GSchV Art. 35 Abs. 2). Ohne einen solchen kann als erste Abschätzung das GSchG Artikel 31 konsultiert werden. Als Grundlage dient der  $Q_{347}$  (jener Abfluss, der in mindestens 347 Tagen im Jahr überschritten wird). Die Arbeitshilfe «angemessenen Restwassermengen» vom Bundesamt für Umwelt der Schweiz empfiehlt, den durchschnittlichen  $Q_{347}$  der letzten 10 Jahre für die Berechnung zu nehmen. Daraus würde sich die neue Restwassermenge auf 528 l/s belaufen. Im GSchG Artikel 31 Abs. 2 gibt es gewisse Vorgaben, in welchen Fällen die Restwassermenge erhöht werden muss. Besonderes Augenmerk muss hier auf Absatz d) gelegt werden, der besagt, dass «die für die freie Fischwanderung erforderliche Wassertiefe gewährleistet sein muss». Da zum jetzigen Zeitpunkt die künftigen Auflagen nicht

abschliessend bestimmbar sind, wurde für die Analyse mit drei Restwasser-Szenarien gearbeitet:

- 528 l/s «Base-Case»
- 700 l/s «Erhöhung der Restwassermenge für Fischgängigkeit»
- 1000 l/s «konservative Obergrenze»

Weiter stellte sich die Frage, inwiefern das Modell den Faktor Klimawandel berücksichtigen soll.

### **Klimawandel und Abfluss**

Der Klimawandel wirkt sich auf die Wasserverfügbarkeit und -Verteilung in der Schweiz aus. Für Bäche und Flüsse im Mittelland wird in den Klimaszenarien «CH2018» davon ausgegangen, dass sich das Abflussregime bis Ende Jahrhundert stark ändern wird [1]. Laut diesen Szenarien sollte die gesamte Menge an Wasser übers Jahr hinweg nicht abnehmen (da das Einzugsgebiet der Töss nicht vergletschert ist) jedoch sollte sich die Verfügbarkeit übers Jahr hinweg ändern. Grundsätzlich wird prognostiziert, dass Niederschlag im Winter aufgrund der höheren Temperaturen vermehrt in flüssiger Form und nicht als Schnee fallen wird. Dies führt dazu, dass dieser Niederschlag direkt abfließt und nicht bis in den Frühling und Sommer gespeichert wird und dann abfließt. Darum sollte laut den Prognosen der Abfluss im Winter zu-, jener im Sommer abnehmen. Weiter sollen Extremereignisse wie Starkniederschläge oder Dürreperioden intensiver und häufiger vorkommen. Für den Sommer bedeutet dies, dass der Niederschlag weniger oft, dafür stärker ausfallen wird und Phasen mit wenig Abfluss länger andauern und die Abfluss-Minimalwerte tiefer werden. Vor allem die Starkniederschläge können sich auf die Produktionsmöglichkeiten des Kraftwerks auswirken, da dann bei diesen Niederschlagsereignissen die Turbinen schnell auf Vollast laufen und weiteres Wasser ungenutzt über das Wehr abgegeben werden muss, ohne verstromt zu werden.

Zusätzlich zu den Klimaszenarien «CH2018» gibt es auch Szenarien für Abflüsse «Hydro-CH2018». Diese liefern eine Prognose für die Messtation Töss in Neftenbach, welche etwa 10 Kilometer unterhalb der Kraftwerke Ober- und Niedertöss liegt. Darin zeigt sich wie oben bereits durch die Klimaszenarien prognostiziert, dass der Abfluss in den Wintermonaten leicht zu-, in den Sommermonaten leicht abnehmen wird (Abbildung 5). Hierzu wurde für die Änderung des Klimas der Pfad «RCP 8.5» gewählt, welcher die Entwicklung des Klimas prognostizierte, falls wir uns auf dem bisherigen Emissionspfad weiterbewegen und Anstrengungen zu der Reduktion der Treibhausgasemissionen scheitern. Die Voraussageperiode sind die Jahre 2045-2074.



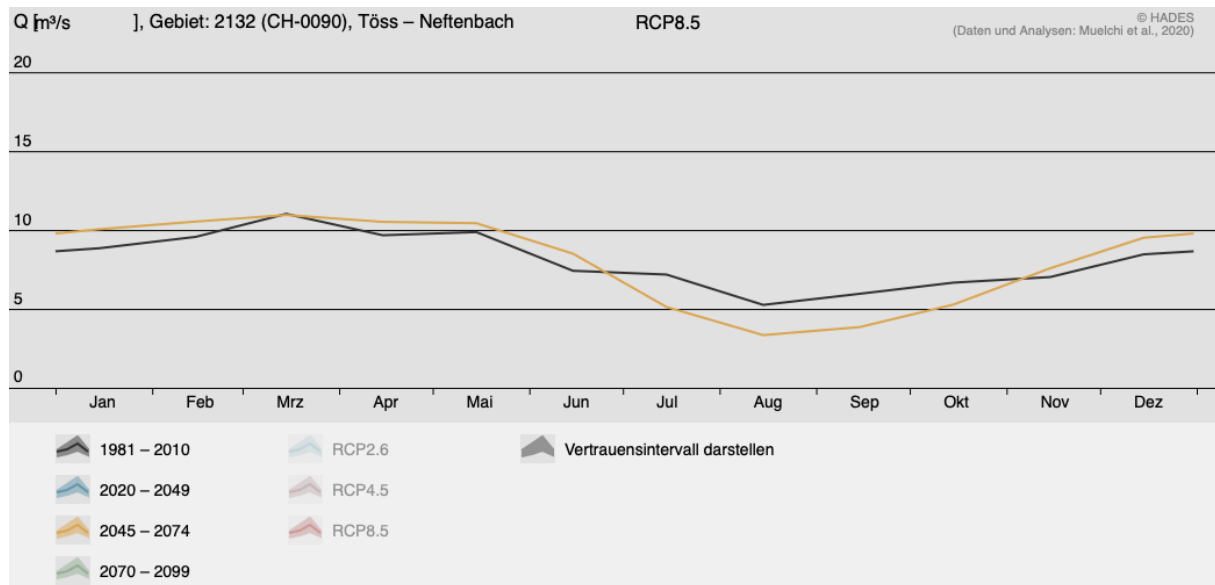


Abbildung 5: Szenarien für den Abfluss der Töss bei Neftenbach, Hydro-CH2018.

Um diese allgemein beschriebenen Prognosen für den spezifischen Fall der Töss zu testen, wurde der Einfluss der Klimawandels auf den Abfluss an der Töss beim Kraftwerk Ober- bzw. Niedertöss anhand täglicher Abflussdaten von 1965 bis 2021 mit einer Trendanalyse untersucht. Dies erfordert zwei Elemente; erstens muss geprüft werden, ob ein signifikanter Trend vorliegt, zweitens muss ein kommunizierbarer Wert berechnet werden, der die Richtung und Stärke des Trends angibt [2]. Die verfügbaren Daten für diese Zeitperiode (1965 – 2021) waren tägliche Durchschnitts- sowie Extremwerte und konnten vom Amt für Wasser, Energie und Luft (AWEL) des Kantons Zürich beantragt werden.

Von den prognostizierten Folgen des Klimawandels auf den Abfluss der Töss untersucht, welche einen Einfluss auf die Produktionsmöglichkeiten haben könnten.

Hypothesen:

- 1) Jahresabfluss bleibt konstant
- 2) Abfluss im Winterhalbjahr (DJF) wird grösser, Abfluss im Sommerhalbjahr kleiner (JJA)
- 3) Extremereignisse werden intensiver
- 4) Extremereignisse werden häufiger

Als Extremereignisse sind dabei Hoch- bzw. Niedrigwasserabflüsse gemeint. Als Schwellenwerte, ab wann ein Abfluss als Extremereignisse gilt, wurde für Hochwasserabflüsse das «95%-Perzentil» definiert, respektive das «5%-Perzentil» für Niedrigwasserabflüsse [3]. Es wurden also nur Tageswerte über 27.9 m³/s oder unter 0.666 m³/s für die Analyse der Extremereignisse berücksichtigt.

Im Folgenden wird kurz dargelegt, wie die Hypothesen anhand der Daten geprüft wurden.

- 1) Jahresabfluss bleibt konstant

Für die Jahresmittel des Abflusses konnte über die betrachtete Zeitperiode kein Trend gefunden werden (Abbildung 6). Dabei wurde neben der einfachsten Art von Trend, der linearen Korrelation, auch auf weitere mathematische Zusammenhänge geprüft. Der kommunizierbare Wert einer linearen Korrelation ist das Bestimmtheitsmass «R», welches angibt, wie stark der lineare Zusammenhang zwischen den zwei Variablen (in diesem Fall; Abfluss und Jahr) ist. Das «R» für diese Trendanalyse hat jedoch einen sehr tiefen Wert und es kann gesagt werden, dass die lineare Korrelation nicht signifikant ist. Dies bestätigt die Hypothese, dass die gesamte Menge des Wassers (Jahresabfluss), welche die Töss runterfließt, nicht abnehmen wird.

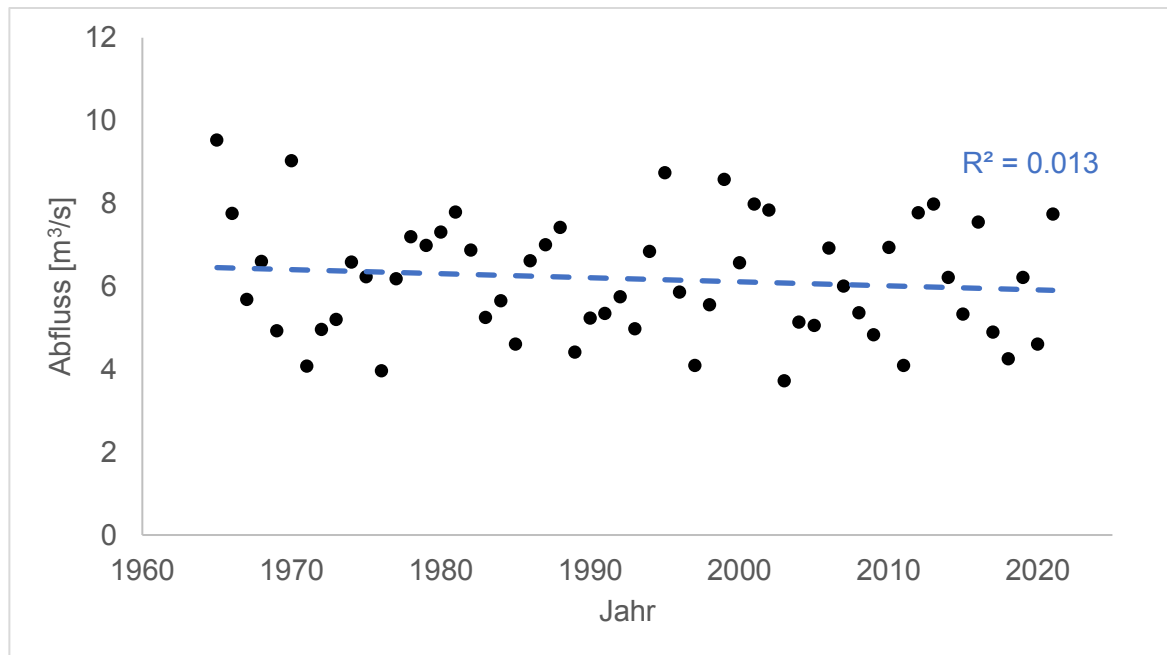


Abbildung 6: Jahresmittel der Abflüsse 1965-2021.

- 2) Abfluss im Winterhalbjahr (DJF) wird grösser, Abfluss im Sommerhalbjahr kleiner (JJA)

Dafür wurden die Daten aufbereitet, in dem für jedes Jahr ein Durchschnittswert für den Sommer (Juni, Juli, August) und Winter (Dezember, Januar, Februar) berechnet wurde. Diese Werte wurden dann der Zeit entlang aufgetragen. Es konnte weder für den Winter noch für den Sommer ein signifikanter Trend festgestellt werden. Das Bestimmtheitsmass «R» der linearen Korrelation ist nicht signifikant (Abbildung 7 und 8). Der Durchschnittswert im Sommer liegt unter jenem im Winter und es kommen öfter trockene Perioden vor, jedoch gibt es auch Jahre wie beispielsweise 2021, wo der Winterabfluss bis zu 150% so gross wie jener vom Sommer ist (rot markiert).

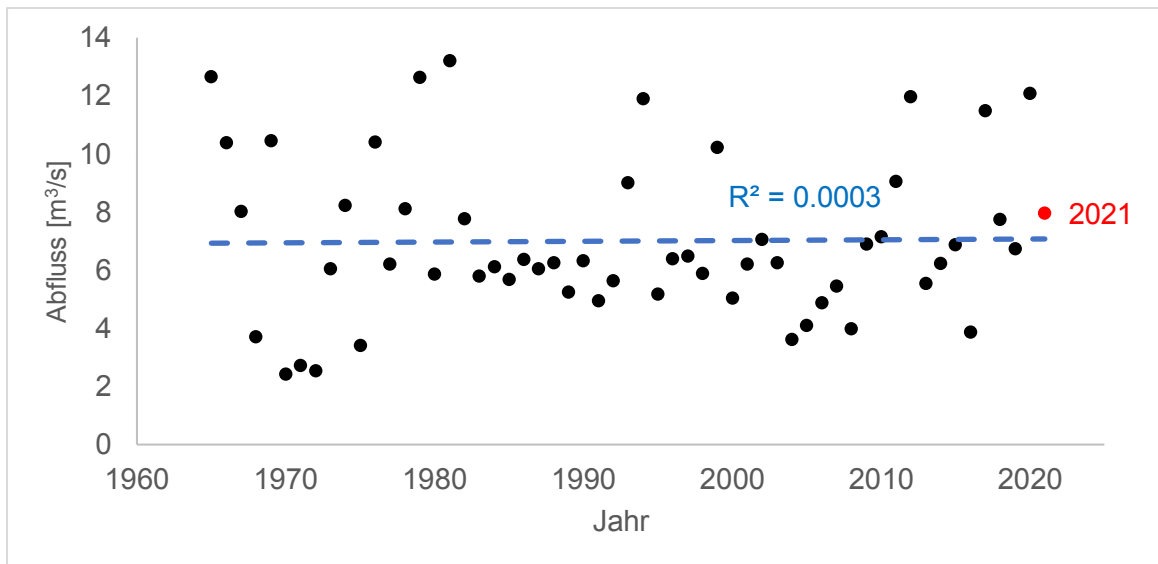


Abbildung 7: Mittelwerte der Sommerabflüsse (JJA) von 1965-2021.

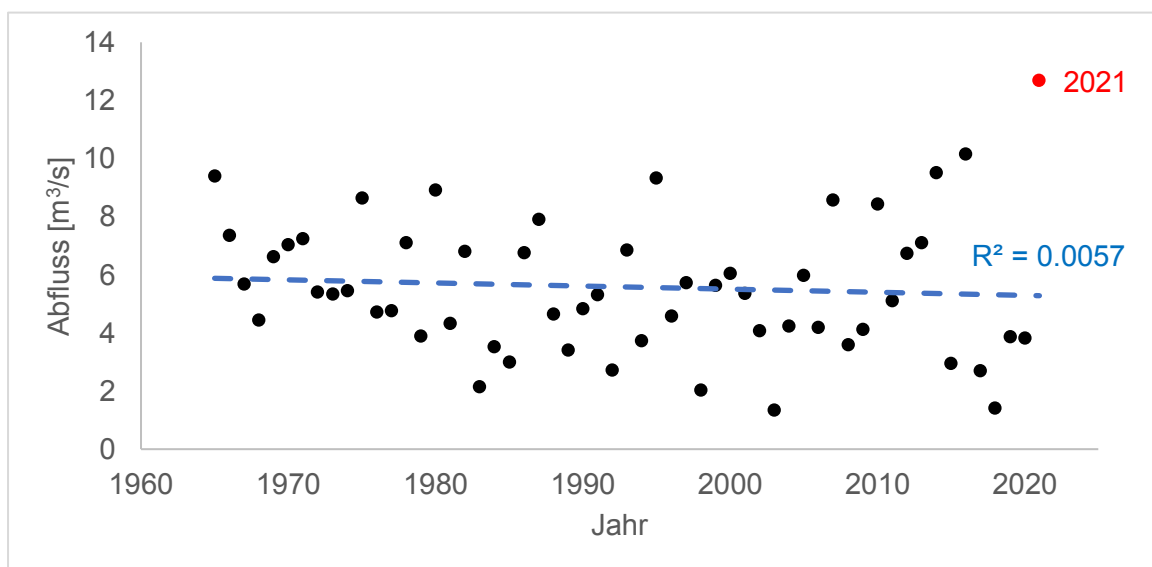


Abbildung 8: Mittelwerte der Sommerabflüsse (JJA) von 1965-2021.

### 3) Extremereignisse werden intensiver

Die Hoch- und Niedrigwasserabflüsse, welche unter bzw. über dem definierten Schwellenwert liegen, wurden separat der Zeit entlang aufgetragen (Abbildung 9 und 10). Die Trendanalyse in Form der linearen Korrelation lieferte dabei keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Zeit und stärker ausgeprägten Extremereignissen. Dementsprechend konnte die Hypothese, dass Extremereignisse in Form von Abflusswerten intensiver werden, für die Töss anhand der Daten nicht bestätigt werden. Der Maximalwert von 215.6 m<sup>3</sup>/s wurde im Mai 1999 erreicht, der Minimalwert von 0.205 m<sup>3</sup>/s im November 2018 (rot markiert).

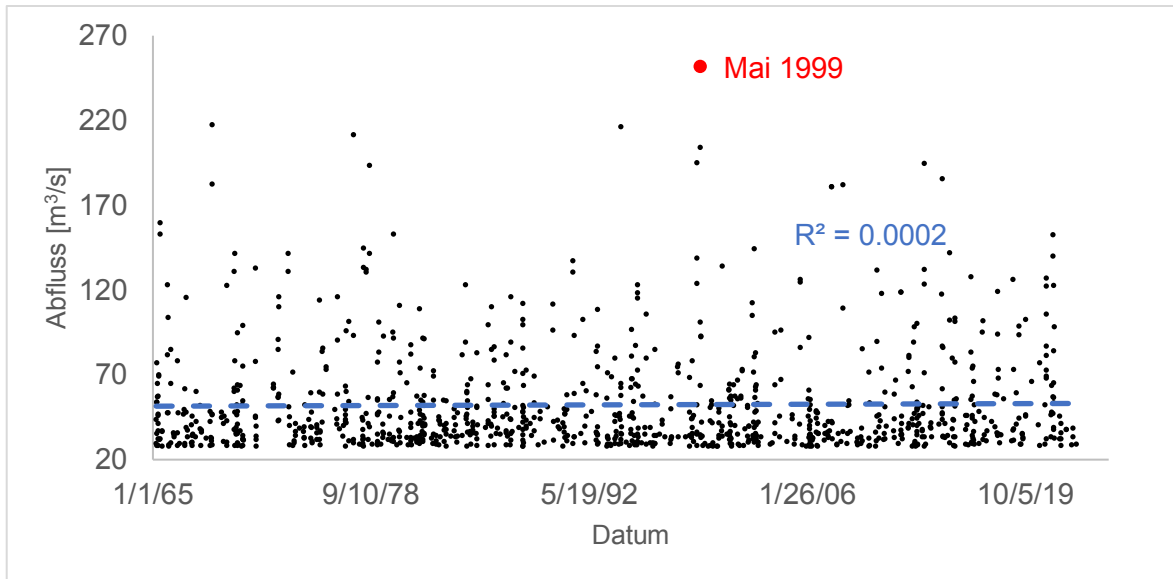


Abbildung 9: Tageswerte der Hochwasserabflüsse von 1965 – 2021.

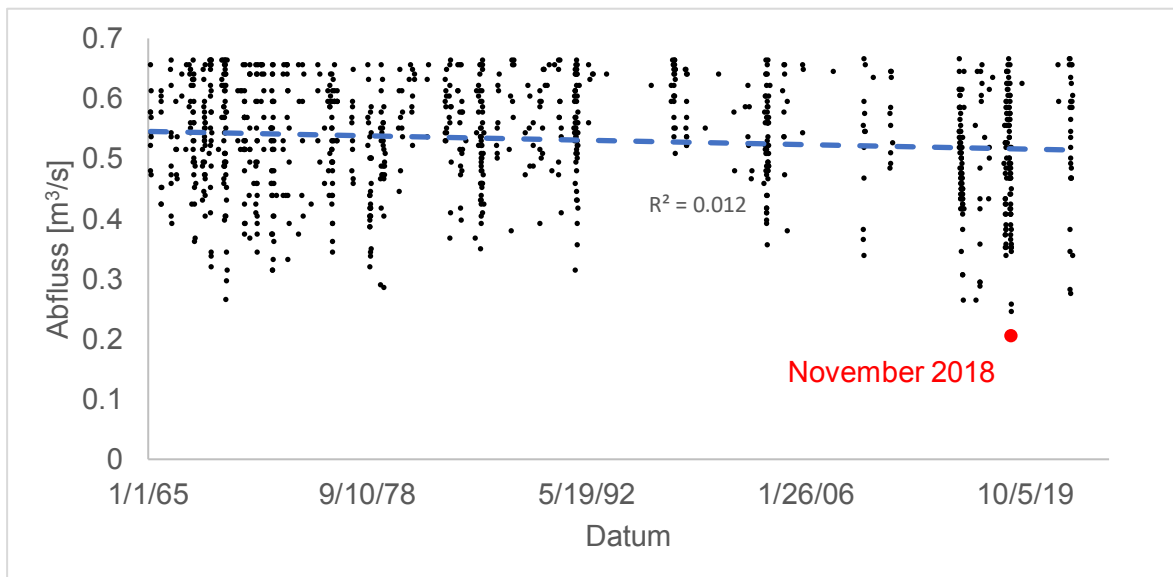


Abbildung 10: Tageswerte der Niedrigwasserabflüsse von 1965 – 2021.

#### 4) Extremereignisse werden häufiger

Dafür wurde wiederum mit der «95%-Perzentile» für Hochwasser- und «5%-Perzentile» für Niedrigwasserereignisse gearbeitet. Die Daten wurden separat in einem Histogramm über die Zeit dargestellt (Abbildung 11 und 12), wobei für jedes Jahr die Anzahl der der Tage mit einem Maximal- bzw. Minimalabfluss unter dem Schwellenwerte der jeweiligen Perzentile gezählt wurde. Dadurch kann man sehen, ob die Extremereignisse mit der Zeit zu- oder abnehmen. Für die Trendanalyse wurde eine lineare Regression an die Histogramme angepasst. Der p-Wert für beide Regressionen ist jedoch grösser als 5 %, was darauf hindeutet, dass die Variable «Jahr» nicht signifikant zur Vorhersage der abhängigen Variable «Anzahl der Extremwerte der Abflüsse» beiträgt. Somit muss die Hypothese, dass

Extremereignisse in Form hoher oder tiefer Abflüsse häufiger werden, für die Töss anhand der verfügbaren Daten widerlegt werden.

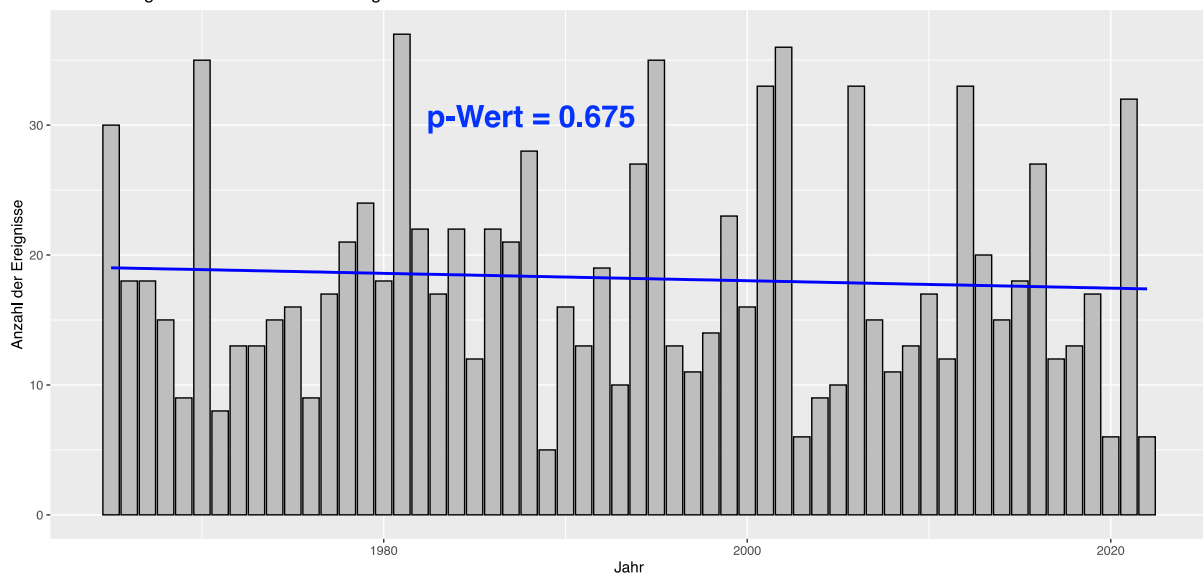


Abbildung 11: Veränderung der Anzahl der Hochwasserabflüsse über die Zeit (jährliche Auflösung).

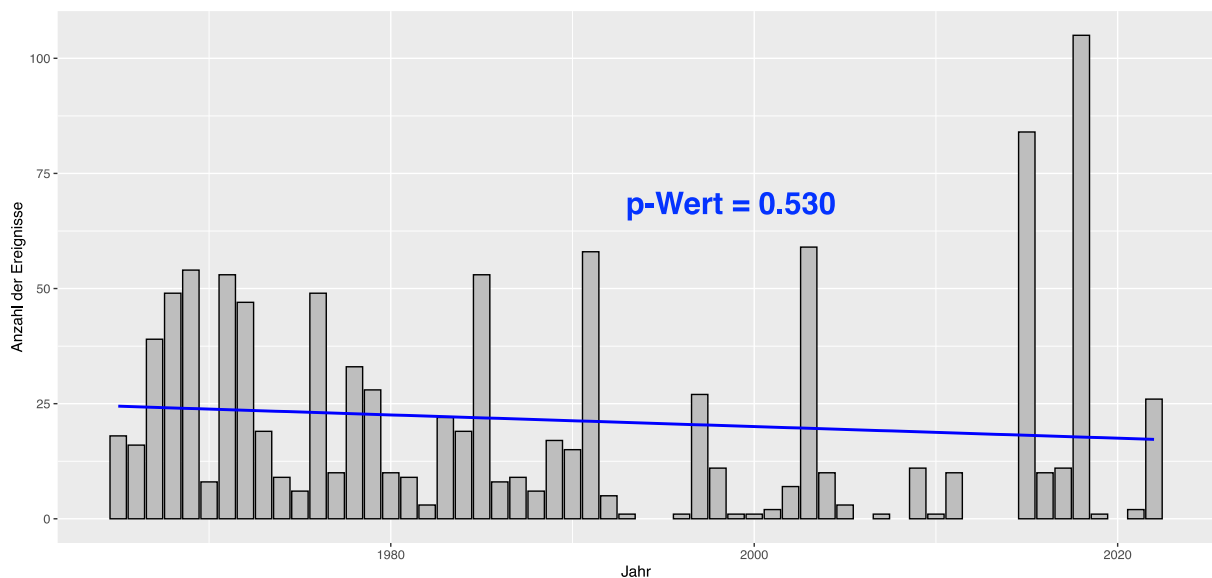


Abbildung 12: Veränderung der Anzahl der Niedrigwasserabflüsse über die Zeit (jährliche Auflösung).

Somit kann gesagt werden, dass sich anhand der verfügbaren Daten nur die Hypothese mit dem Jahresabfluss bestätigen liess. Die anderen Hypothesen konnten nicht bestätigt werden. Viel eher muss konkludiert werden, dass einerseits die interannuale Variabilität (trockene Jahre und feuchtere Jahre wechseln sich scheinbar willkürlich ab) als auch die intermonatliche Variabilität (trockene und feuchtere Monate sind nicht immer mit der Jahreszeit korreliert) viel stärker ist als eine klare Entwicklung über die Jahre. Die intermonatliche Variabilität sieht man beispielsweise daran, dass der durchschnittliche Abfluss im Sommer 2021 etwa 150 % so hoch war wie jener im Winter 2021 (rot markiert in Abbildung 7 und 8).



Dies besagt jedoch nicht, dass es keinen Klimawandel gibt oder dass der Klimawandel die Wasserverfügbarkeit im Einzugsgebiet der Töss nicht beeinflussen würde. Es erlaubt aber für diese Analyse, beziehungsweise die Untersuchungen der Produktionsmöglichkeiten ab 2035 am KW Ober- und Nidertöss, den Einfluss des Klimawandels nicht zu berücksichtigen.

### Vom Modell zu den Resultaten

Die Resultate für die Analyse der Produktionsmöglichkeiten unter den drei Restwasserszenarien ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Die produzierte Jahresenergie nimmt bei einer Erhöhung der Restwassermenge um 172 l/s um etwa 3.3 % ab, respektive 9.2 % bei einer Erhöhung um 472 l/s.

Tabelle 1: Resultate der Analyse für die drei Restwasserszenarien.

Restwassermenge [m <sup>3</sup> /s]	0.528	0.7	1
Produzierte Jahresenergie [GWh]	1.59	1.54	1.44

In Abbildung 13 ist die Energieproduktion auf einer monatlichen Auflösung über ein Jahr hinweg für beide Kraftwerke zusammen für die Szenarien 528 und 700 dargestellt. Tendenziell gibt es anhand dieser Grafik im Winter eine höhere Produktion, wie vorhin beschrieben, kann dies für ein anderes Jahr jedoch ganz anders aussehen.

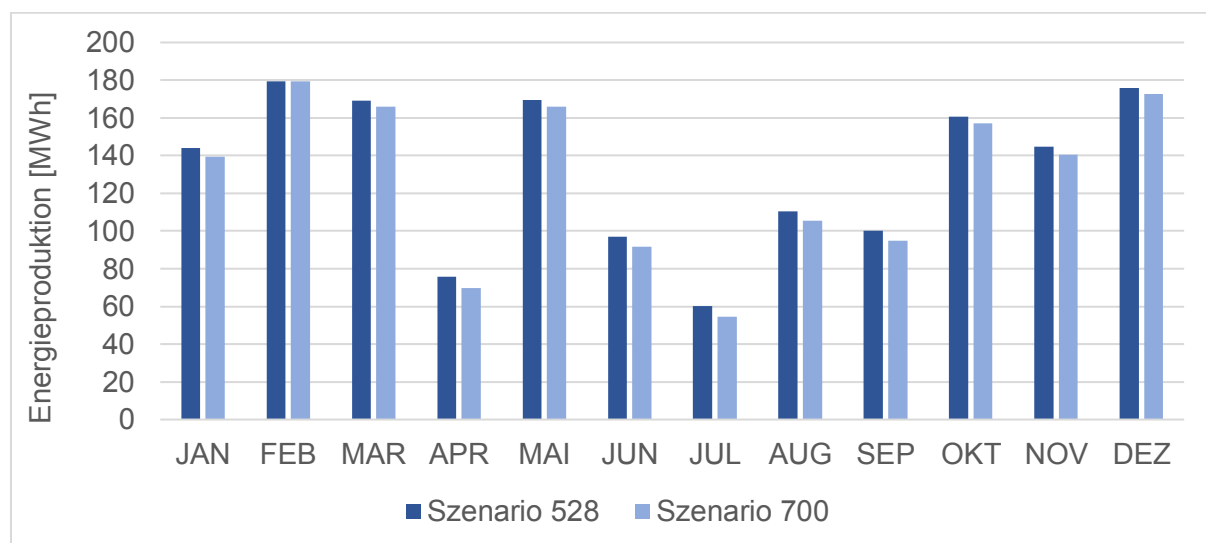


Abbildung 13: Energieproduktion über das Jahr [MWh].

### Diskussion

Ein Faktor, der zu Ungenauigkeiten führen kann, sind die Abflussdaten, die als Grundlage für das Modell dienen. Diese basieren auf einem durchschnittlichen Jahr und berücksichtigen nicht die hohe Variabilität, die zwischen den einzelnen Jahren auftreten kann.

Weiter ist die zeitliche Auflösung des Modells auf 5 Minuten-Intervall Werte gemittelt. Um Trends auf einer monatlichen Basis oder über Jahre hinweg zu analysieren ist diese Auflösung sicher ausreichend, wenn es jedoch darum geht, Starkniederschläge in den Daten

abzubilden, kann es zu einem Verlust von Information kommen, wenn die Daten auf die zeitliche Auflösung von 5 Minuten aggregiert werden.

Bei der Modellstruktur wird angenommen, dass sämtliche nutzbare Wassermenge verstromt wird. Dabei wird vernachlässigt, dass es gewisse Perioden mit Wartungsarbeiten gibt, wo das Wasser über das Wehr oder den Bypass abgegeben wird und nicht turbinieren kann.

Obwohl die Analyse zum Klimawandel zeigte, dass dieser für dieses Modell vernachlässigbar ist, könnte er trotzdem einen Einfluss spielen, da die Daten eventuell nicht alle klimatischen Veränderungen präzise abbilden können.

Insgesamt zeigen diese Aspekte, dass die Resultate des Modells mit einigen Unsicherheiten behaftet sind. Interessant ist dabei jedoch, dass das Abflussregime der Töss mit nicht-glazialen Ursprung weit mehr von kurzfristigen Ereignissen geprägt ist als vom Klimawandel – dies zumindest für eine Periode von wenigen Jahrzehnten. Mit erneuerbarer Energie aus den Wasserkraftwerken kann jedoch ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Der produzierte Strom kann von durch die Winterthurer Gewerbe und Industrie selbst genutzt werden und somit betriebliche Klimaziele erreicht werden. Mit einer zusätzlich und nachweislichen funktionstüchtigen Anlageteilen zur Sicherstellung der Fischmigration sowie unter Einhaltung der Mindestrestwassermenge für die aquatische Fauna, kann auch der Einfluss der Kraftwerke auf die Biodiversität und die Wasserökosysteme möglichst geringgehalten werden. Zuletzt bietet der teils oberirdisch geführte Rieter Kanal auch einen Naherholungsraum für Spaziergänger:innen und hat einen ortsbildenden Charakter für die Stadt Winterthur als ehemalige Industriestadt.



Abbildung 14: Rieter Kanal bietet Naherholungsraum und stiftet ortsbildenden Charakter. @T. Gross

Quellen:

[1] Schweizer Klimaszenarien CH2018

[2] Statistische Methoden zur hydrologischen Klimawandelanalyse der Vergangenheit,  
Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2020

[3] Climate Service Center, Statistische Verfahren zur Auswertung von Klimadaten aus  
Modell und Beobachtung, 2013