

Möglichkeiten der Kleinwasserkraftnutzung in Wien



Möglichkeiten der Kleinwasserkraftnutzung in Wien

1	Strömungskraftwerk.....	3
1.1	Technische Grundlagen	3
1.2	Anforderungen an den Standort	4
1.2.1	Wassertiefe	4
1.2.2	Fließgeschwindigkeit.....	4
1.3	Potenzial in Wien.....	4
1.3.1	Donau	4
1.3.2	Donaukanal.....	7
2	Laufwasserkraft.....	8
2.1	Technische Grundlagen	8
2.2	Arten von Kraftwerken.....	9
2.2.1	Stau- und Ausleitungskraftwerke.....	9
2.2.2	Nieder-, Mittel- und Hochdruckanlagen.....	9
2.3	Arten von Wasserkraftmaschinen.....	9
2.3.1	Wasserrad.....	9
2.3.2	Wasserturbinen	9
2.3.3	Wasserkraftschnecke.....	9
2.3.4	Wasserwirbelkraftwerk	10
2.4	Potenzial in Wien.....	10
2.4.1	Donaukanal.....	10
2.4.2	Wienfluss.....	10
3	Kleine Pumpspeicher.....	11
3.1	Technische Grundlagen	11
3.2	Beispiel.....	12
4	Trinkwasserleitung	13
4.1	Technische Grundlagen	13
4.2	Situation der Stadt Wien.....	13
5	Schlussfolgerungen.....	14
6	Literatur	16

1 Strömungskraftwerk

1.1 Technische Grundlagen

Ein Strömungskraftwerk nutzt im Gegensatz zu Kraftwerken mit Aufstau nicht die Höhendifferenz, sondern die Strömung zum Antrieb der Turbine.

Für die Leistung ausschlaggebend ist daher die Strömungsgeschwindigkeit v , desweiteren die Propellerfläche A und der Leistungsbeiwert c_p .

$$P = \frac{1}{2} \cdot c_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

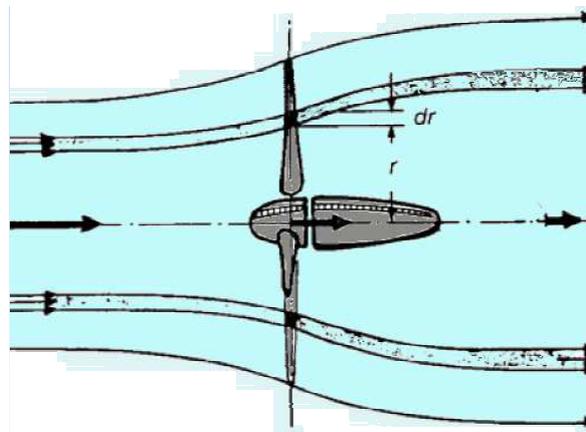


Abbildung 1 – Strömungsturbine (Quelle: Ruprecht, 2010)

Der ideale Leistungsbeiwert liegt bei $c_p = 0,59$ und stellt das Verhältnis der entzogenen Leistung zur noch im Wasser vorhandenen Leistung dar. Die Leistung kann nicht vollständig umgesetzt werden, weil das Wasser wieder abströmen muss. Die Leistungsdichte ist geringer als bei Staukraftwerken. Eine Fließgeschwindigkeit von 2 m/s entspricht einer Fallhöhe von 12 cm. (Ruprecht, 2010)

Es besteht jedoch die Möglichkeit, mit einer Ummantelung die Leistung zu erhöhen. Durch den so entstehenden Druckunterschied an der Turbine kann auch Druckenergie genutzt werden. (Ruprecht, 2010)

Es gibt verschiedene Formen von Strömungskraftwerken wie zum Beispiel Flussmühlen, Wasserräder, Strombojen, im Boden verankert oder auf Katamaran-ähnlichen schwimmenden Plattformen befestigt.

1.2 Anforderungen an den Standort

1.2.1 Wassertiefe

Da die Turbine ins Wasser eintaucht, ist eine Mindestwassertiefe erforderlich. Diese ergibt sich aus dem Turbinendurchmesser plus etwa 1,5 m (1 m Boden-Grenzschicht und 0,5 m für Spiegelschwankungen und Welleneinfluss).

Die verschiedenen Arten von Strömungskraftwerken haben unterschiedliche Mindesteintauchtiefen. Für das Flusskraftwerk „Energy-Floater“ beispielsweise sind Pegelstände von mindestens 1,25 m erforderlich. (NEMO, 2011a)

1.2.2 Fließgeschwindigkeit

Strömungskraftwerke nutzen die Strömung eines Fließgewässers um Energie zu erzeugen. Die Strömungsgeschwindigkeit ist daher von großer Bedeutung für die Energieausbeute. Standorte von Strömungskraftwerken sollten daher gewisse Mindestgeschwindigkeiten aufweisen.

Das Flusskraftwerk „Energy-Floater“ benötigt eine mittlere jährliche Fließgeschwindigkeit von 1,5 m/s, die Schiffmühle „River-Rider“ mindestens 2 m/s. (NEMO, 2011a+b)

1.3 Potenzial in Wien

1.3.1 Donau

Ist-Situation

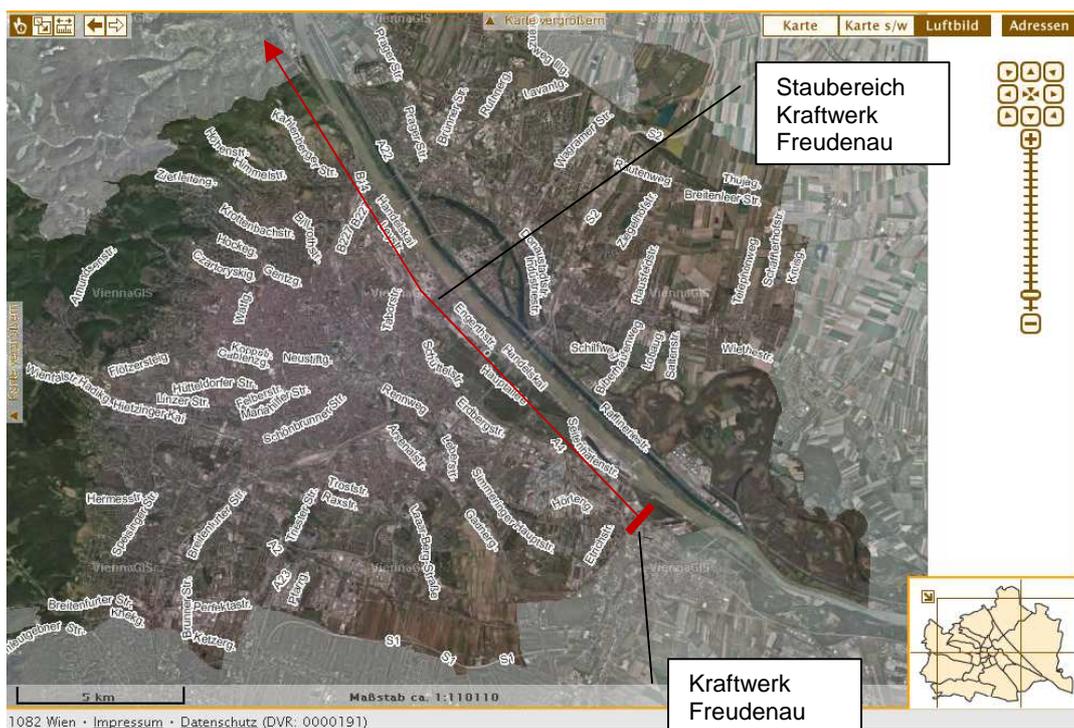


Abbildung 2 Staubereich und Kraftwerk Freudenau (Quelle: www.wien.gv.at/stadtplan 2011-12-05)

Die Strömungsverhältnisse der Donau in Wien stehen unter dem Einfluss des Donaukraftwerks Freudenau (Fluss-km 1921). Dessen Stauwurzel reicht bis 1 km unterhalb des Kraftwerks Greifenstein zurück. Der gesamte Teil der Donau in Wien stromauf des Kraftwerks befindet sich also in dessen Staubereich und weist geringe Fließgeschwindigkeiten auf.

Im östlichen Teil ist die Donau flussab des Kraftwerks Freudenau im Bereich des Ölhafens Lobau bis Fluss-km 1918 auf Wiener Gemeindegebiet. In diesem Bereich befindet sich rechtsufrig die Schifffahrtsrinne. Daran anschließend bis Fluss-km 1912,5 verläuft in Flussmitte die Landesgrenze zwischen Wien und Niederösterreich. Der Wiener Teil liegt auf der linken Seite und ist ab Fluss-km 1916,3 Teil des Nationalparks Donauauen.

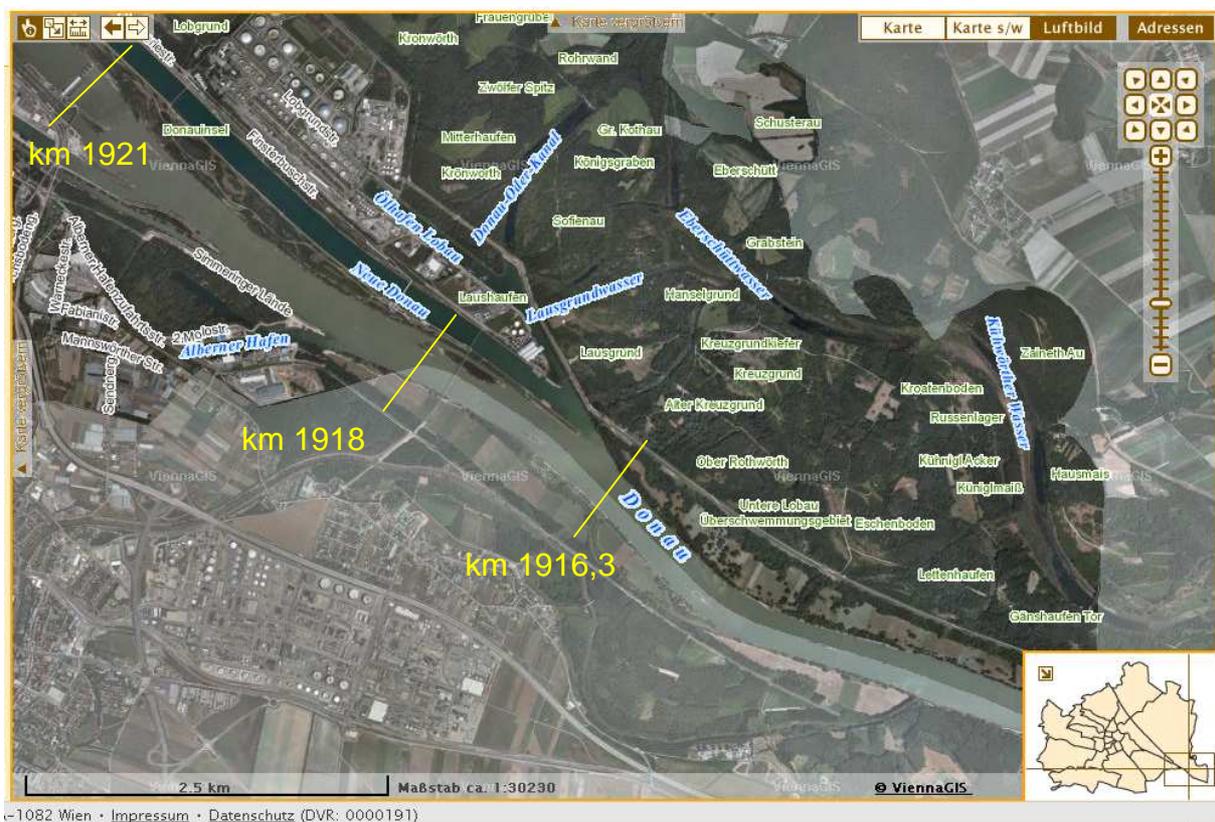


Abbildung 3 Donau in Wien östlich Freudenau (Quelle: www.wien.gv.at/stadtplan 2011-12-05)

von km	bis km	Wiener Gemeindegebiet	Beschreibung	Fließgeschwindigkeit bei Mittelwasser
	1921	Gesamter Strom	Staubereich Freudenau	
1921	1918	Gesamter Strom	Ölhafen Lobau, Schifffahrtsrinne rechts	1,4 – 2,1 m/s
1918	1916,3	Linke Stromhälfte	kein Nationalpark	1,8 – 2,1 m/s
1916,3	1912,5	Linke Stromhälfte	Nationalpark	1,7 – 1,8 m/s

Tabelle 1 Fließgeschwindigkeitsbereiche der Donau in Wien (Daten aus Valenti, 2006b und Rus, 2006)

Da die Donau ein Schifffahrtsweg ist, soll die Fahrwassertiefe laut Empfehlung der Donaukommission mindestens 2,50 m bei Regulierungsniederwasser (d.h. an 345 Tagen im Jahr) betragen. Dieser Wert wird jedoch an einigen Engstellen ("bottlenecks") nicht eingehalten. Östlich von Wien, unterhalb des Kraftwerks, befindet sich eine solche Engstelle. (via donau, 2005) Obwohl die Fließgeschwindigkeiten hier für ein Strömungskraftwerk attraktiv sein könnten, ist hier für die Anwendbarkeit die Wassertiefe ausschlaggebend.

Potenzial

Aufgrund der Rahmenbedingungen der Fließgeschwindigkeit und Schifffahrt erscheint nur eine Stelle im Bereich des Ölhafens – Neue Donau Wehr 2 (etwa Fluss-km 1918 bis 1918,5) interessant für eine weitere Untersuchung. Im Zuge einer überschlägigen Berechnung soll das in etwa zu erwartende Potenzial der Stelle ermittelt werden.

Betrachteter Bereich:

Länge in etwa: 500 m

Breite in etwa: 100 m

*Fläche: $A = 500 * 100 = 50000 \text{ m}^2$*

geschätzte Reduktion der nutzbaren Fläche aufgrund mangelnder Wassertiefe (Schotterbänke, Uferbereich) – 50 % => 25000 m²

Bsp. Strömungskraftwerk "Energy Floater"

Platzbedarf bei Flottenanordnung etwa 100 m² (NEMO-Netzwerk, 2011a)

⇒ 250 Strömungskraftwerke je ca. 5,85 kW bei $v = 1,8 \text{ m/s}$ (NEMO-Netzwerk, 2011a) => 1,46 MW (~ Leistung einer großen Windkraftanlage) bei 7400 h/a = 10,8 GWh/a, bei 4000 kWh/a pro Haushalt Energie für 2700 Haushalte.



Abbildung 4 Strömungskraftwerk "Energy Floater"

(Quelle: <http://www.mittelstand-nachrichten.de/river-rider-flussmuehlen-aus-magdeburg-am-start-20110414.html> 2011-12-06)

Bsp. Stromboje Aqualibre 1,50 m Durchmesser

Platzbedarf etwa 44 m² (<http://www.strategiepartei.de/wasserkraft.html> 2011-12-07)

⇒ 550 Strombojen je ca.
 $P = \frac{1}{2} \cdot c_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 =$
 $\frac{1}{2} \cdot 0,59 \cdot 1000 \cdot 1,50^2 \cdot \pi/4 \cdot 1,8^3 =$
3,04 kW bei $v = 1,8 \text{ m/s} \Rightarrow 1,67 \text{ MW}$ (
~ Leistung einer großen
Windkraftanlage) bei 7400 h/a =
12,4 GWh/a, bei 4000 kWh/a pro
Haushalt Energie für 3100 Haushalte.



Abbildung 5 Stromboje Aqualibre (Quelle: <http://www.umweltschutz-news.de/254artikel1825.html> 2011-12-06)

Die vorstehende Überschlagsrechnung ist als theoretische Betrachtung zu sehen. Hinsichtlich Wassertiefe, Strömungsgeschwindigkeit, Leistung insbesondere im Flottenverband und Platzbedarf der Anlagen wurden Richtwerte herangezogen, die jedenfalls zur Bildung einer Entscheidungsgrundlage detailliert zu erheben sind.

1.3.2 Donaukanal

Ist-Situation

Der Donaukanal ist 17,04 km lang und weist ein Gefälle von 0,38 ‰ auf (Herrnegger, 2007). Das entspricht einem Höhenunterschied von 6,48 m. Er reicht von der Abzweigung beim Wehr Nussdorf (Donau-km 1934) bis zur Mündung ins Unterwasser des Kraftwerks Freudenau (Donau-km 1919,34). Der Donaukanal wird über die Wehranlage Nussdorf dotiert, im Winter mit 120 m³/s, im Sommer mit 120 – 200 m³/s.

An der Wehranlage Nussdorf befindet sich seit 2005 das Kraftwerk Nussdorf, das mit 12 eingebauten Matrixturbinen die Fallhöhe des Kraftwerks Freudenau zur Stromproduktion nutzt. (Leistung: 4,75 MW) (http://www.energyprojects.at/details.php?lang_id=1&proj_id=56 2011-12-06).

Die mittlere Wassertiefe des Donaukanals betrug im Jahr 2007 beim Pegel Brigittenau 234 cm, beim Pegel Heiligenstädter Brücke 264 cm und beim Pegel Schwedenbrücke 303 cm (BMLFUW, 2009).

Durch die Mindestdotierung des Donaukanals ist ganzjährig die Tourismusschifffahrt möglich. Der Donaukanal weist unterschiedliche Breiten von 38 m beim Einlauf Nussdorf bis 50 m bei der Mündung in die Donau auf (www.wien.gv.at/stadtplan). Durch die Nutzung der Ufer für Tourismus und Freizeit (Anlegestellen, Badeschiff...) ist die zur Verfügung stehende Breite für eine Nutzung mit Strömungskraftwerken beschränkt.

Durch eine Überschlagsrechnung mit einer mittleren Wassertiefe von 3 m und einer mittleren Breite von 45 m erhält man eine mittlere Fließgeschwindigkeit von $v = Q_m / A = 132 / (3 * 45) = 0,98$ m/s. Diese Fließgeschwindigkeit ist für die Nutzung mit einem Strömungskraftwerk kaum attraktiv (NEMO-Netzwerk, 2011a; Granitza, 2011; http://www.aqualibre.at/index.php?article_id=3&clang=0 2011-12-12).

Potenzial

Aufgrund der Fließgeschwindigkeiten wird das Potenzial der Strömungskraftwerke im Donaukanal gering eingeschätzt. Im Zuge einer überschlägigen Berechnung soll trotzdem das in etwa zu erwartende Potenzial ermittelt werden.

Betrachteter Bereich:

Länge in etwa: 1,7 km (überschlägig ein Zehntel der Länge)

Breite in etwa: 15 m

*Fläche: $A = 1700 * 15 = 25500$ m²*

Bsp. Stromboje Aqualibre 1,50 m Durchmesser

Platzbedarf etwa 44 m² (<http://www.strategiepartei.de/wasserkraft.html> 2011-12-07)

*⇒ 580 Strombojen je ca. $P = \frac{1}{2} * c_p * \rho * A * v^3 = \frac{1}{2} * 0,59 * 1000 * 1,50^2 * \pi / 4 * 1,0^3 = 521$ W bei $v = 1,0$ m/s ⇒ 302 kW bei 7400 h/a = 2,3 GWh/a, bei 4000 kWh/a pro Haushalt Energie für 560 Haushalte.*

Die vorstehende Überschlagsrechnung ist als theoretische Betrachtung zu sehen. Hinsichtlich Wassertiefe, Strömungsgeschwindigkeit, Leistung, verfügbarer Platz und Platzbedarf der Anlagen wurden Richtwerte herangezogen, die jedenfalls zur Bildung einer Entscheidungsgrundlage detailliert zu erheben sind.

2 Laufwasserkraft

2.1 Technische Grundlagen

Bei einem Laufwasserkraftwerk wird die potenzielle Energie des Wassers, die aus dem Durchfluss und dem Höhenunterschied resultiert, durch eine Turbine, Wasserrad etc. geleitet und so in mechanische Energie umgewandelt. Durch die Kopplung an einen Generator wird aus der mechanischen Energie elektrische Energie.

Bei der Laufwasserkraft wird im Gegensatz zur Speicherkraft das Betriebswasser nicht gespeichert.

Um die potenzielle Energie durch Vergrößerung der Fallhöhe und des Durchflusses zu erhöhen, erfolgt bei einem Laufkraftwerk meist ein Aufstau mit einem Querbauwerk, einer Wehranlage. Oberwasserseitig befindet sich der Rückstauraum.

Die Leistung P des Kraftwerks errechnet sich aus der Wassermasse (Durchfluss Q * Dichte ρ) multipliziert mit der Fallhöhe h und der Erdbeschleunigung g.

$$P = \rho * g * Q * h \text{ [W]}$$

(Patt, Gonsowski 2011)

2.2 Arten von Kraftwerken

2.2.1 Stau- und Ausleitungskraftwerke

Man unterscheidet bei der Laufwasserkraft Anlagen, bei denen ein Flusslauf aufgestaut wird (Staukraftwerke) und Anlagen, bei denen das Wasser aus dem ursprünglichen Flussbett ausgeleitet wird und durch einen Triebwasserkanal dem Krafthaus zugeleitet wird (Ausleitungskraftwerke). (Patt, Gonowski, 2011)

2.2.2 Nieder-, Mittel- und Hochdruckanlagen

Eine weitere Einteilung von Wasserkraftwerken erfolgt nach der Nutzfallhöhe. Bei einer Fallhöhe von mehr als 200 m spricht man von Hochdruckanlagen, zwischen 200 und etwa 30 m von Mitteldruck- sowie unter 30 m von Niederdruckanlagen. (Patt, Gonowski, 2011)

2.3 Arten von Wasserkraftmaschinen

Wasserkraftmaschinen wandeln die im Wasser gespeicherte potenzielle und/oder kinetische Energie in Arbeit um.

2.3.1 Wasserrad

Obwohl Wasserräder in vielen Ländern nur noch historische Bedeutung haben, stellen sie dennoch eine Möglichkeit zur nachhaltigen Nutzung des Wassers dar. Sie haben meist geringe Leistungen im ein- bis zweistelligen Kilowattbereich. Sie können bei Fallhöhen von 2,5 m bis 10 m und Durchflüssen bis zu 2 m³/s eingesetzt werden und eignen sich gut für den Betrieb bei starken Durchflussschwankungen.

2.3.2 Wasserturbinen

Bei den Wasserturbinen unterscheidet man zwischen Überdruck- (Francis- und Kaplan-) und Freistrahlturbinen (Pelton- und Durchströmturbinen). Mit Turbinen können Höhenunterschiede von bis zu 1800 m genützt werden. Der Einsatzbereich der Pelton- und Durchströmturbine ist vor allem im Hochdruckbereich, Francis im Mittel- und Hochdruckbereich und Kaplan und Durchström im Mittel- und Niederdruckbereich. Mit Wasserturbinen können Wirkungsgrade von 90 %, teilweise bis zu 96 %, erreicht werden. (Patt, Gonowski, 2011)

2.3.3 Wasserkraftschnecke

Mit der Wasserkraftschnecke können geringe Wassermengen von bis zu 5 m³/s und geringe Fallhöhen von bis zu 10 m zur Energieproduktion genutzt werden. Sie hat die Form einer großen Schraube und liegt schräg im Flussbett. Sie wird vom

einströmenden Wasser in eine Drehbewegung versetzt, die wiederum von einem Generator in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

2.3.4 Wasserwirbelkraftwerk

Das Wasserwirbelkraftwerk besteht aus einem runden Staubecken mit zentralem Abfluss, in dem sich beim Ausströmen ein Wirbel bildet. Durch den Wirbel wird eine langsam laufende Turbine angetrieben. Das Wasserwirbelkraftwerk eignet sich bereits für geringe Fallhöhen von 0,7 m und geringe Wassermengen von 100 l/s. Durch die Belüftung des Beckens aufgrund des Wirbels werden außerdem die Wasserqualität und der Lebensraum für Fische, Wasserlebewesen und Wasserpflanzen verbessert.

2.4 Potenzial in Wien

2.4.1 Donaukanal

Der Donaukanal ist ein über 17 km frei fließendes Gewässer mit einem Gefälle von 0,38 ‰ und geregelten Durchflüssen von 120 – 200 m³/s. (Hernegger, 2011; http://www.energyprojects.at/details.php?lang_id=1&proj_id=56 2011-12-06) Die mit der im Wasser vorhandenen potenziellen Energie theoretisch erzielbare Leistung (berechnet mit dem Durchfluss des Kraftwerks Nussdorf $Q = 132 \text{ m}^3/\text{s}$ und Sohlgefälle = Wasserspiegelgefälle) $P = \rho * g * Q * h = 1000 * 10 * 132 * 17000 * 0,00038 = 8,5 \text{ MW}$. Dieser Wert ergibt sich jedoch aus der vollständigen Nutzung des Höhenunterschiedes zwischen Nussdorf und Freudenau, die rein hypothetisch entweder mit einem Aufstau des Donaukanals in dieser Höhe vor der Mündung und dementsprechend hohen Dämmen, oder einer entsprechenden Wehranlage in Nussdorf und einer Ausleitung des Donaukanals in einem Triebwasserkanal verbunden wäre. Abgesehen von diesen mächtigen baulichen Eingriffen würde die Energieerzeugung des Kraftwerks Nussdorf durch die Wasserspiegelerhöhung beschränkt.

2.4.2 Wienfluss

Der Wienfluss entspringt im Wienerwald, in der Nähe von Rekawinkel. Der Wienfluss hat zahlreiche Nebenbäche und Graben im Wienerwald, die in ihn münden. Ursprünglich waren es 124, heute sind die Zuflüsse des Wiener Stadtgebiets größtenteils verrohrt und Teil der Kanalisation. Durch die zunehmende Siedlungsdichte am Flussufer waren die Folgen von Wienflusshochwässern für die Stadt verheerend, weshalb Ende des 19. Jahrhunderts mit dem Bau des Hochwasserschutzes begonnen wurde.

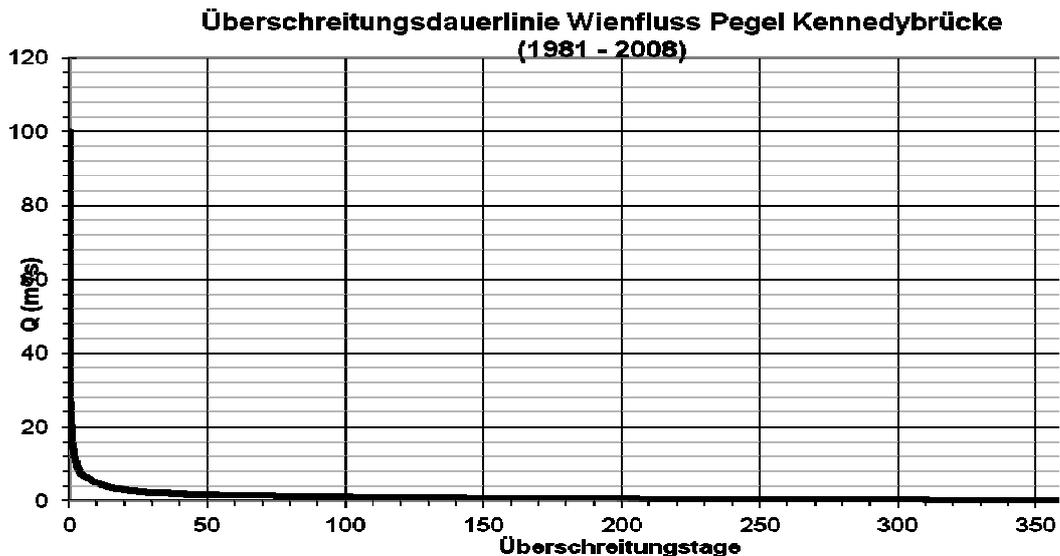


Abbildung 6 Überschreitungsdauerlinie Wienfluss Pegel Kennedybrücke

Wie in der Abflussdauerlinie des Wienflusses beim Pegel Kennedybrücke ersichtlich ist, weist der Wienfluss den größten Teil des Jahres geringe Abflüsse von unter $1 \text{ m}^3/\text{s}$ auf. Die Abflussspitzen bei den im Messzeitraum aufgetretenen Hochwässern liegen jedoch bei $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Eine Stauanlage für ein Kraftwerk mit einem Ausbaudurchfluss von beispielsweise $1 \text{ m}^3/\text{s}$ muss so dimensioniert werden, dass sie einem hundertjährigen Bemessungshochwasser standhält. Durch die Anhebung des Wasserspiegels im Rückstauraum sind außerdem umfangreiche Uferverbauungen notwendig, was insbesondere im Stadtgebiet zu wesentlichen Beeinträchtigungen führen würde. Im Bereich der Hochwasserrückhaltebecken wäre die Ausbildung des Rückstauraumes zwar prinzipiell möglich, jedoch wird der Hochwasserschutz beeinträchtigt, weil dann die Rückhaltebecken bereits bei Beginn der Hochwasserwelle durchflossen wären und nicht der volle Rückhalteraum zur Verfügung stünde. Im Oberlauf des Wienflusses, der noch weitgehend unverbaut ist, steht noch weniger Abfluss zur Verfügung. Eine Wasserkraftnutzung wird dort also weder ökologisch noch ökonomisch sinnvoll sein.

3 Kleine Pumpspeicher

3.1 Technische Grundlagen

Mit Pumpspeicherkraftwerken kann Wasser aus einem Reservoir unter Energieeinsatz in einen hochgelegenen Speicher gepumpt werden, um später wieder hinuntergelassen und zur Energieproduktion mit Turbinen genutzt zu werden. Da sowohl die Pumpen als auch die Turbinen einen Wirkungsgrad besitzen, ist der Gesamtwirkungsgrad geringer als bei Kraftwerken ohne Pumpbetrieb. Der Pumpspeicherwirkungsgrad (Energieeinsatz für die Pumpe im Verhältnis zur Energieabgabe der Turbine) kann bestenfalls 78 % betragen. (Patt, Gonowski, 2011)

Die Maschinenausrüstung dieser Kraftwerke kann dreiteilig sein (Pumpe – Motor/Generator – Turbine), beziehungsweise gibt es auch zweiteilige Anordnungen, bei denen die Turbine invers als Pumpe funktioniert. (Patt, Gonowski, 2011)

3.2 Beispiel

Das folgende theoretische Beispiel behandelt die Anwendung eines Pumpspeicherkraftwerkes zur Speicherung einer Wochenproduktion einer Photovoltaik-Anlage in einem Wasserspeicher auf einem Hochhaus.

Geometriedaten Annahme TechGate Vienna (www.wien.gv.at/stadtplan 2011-12-12)

Stromproduktion mit Solaranlage:

Dachfläche:	ca. 900 m ²
Davon zurzeit geeignet lt. Solarpotenzialkataster Wien Umweltgut:	ca 500 m ²
Pro 1 kWp 10 m ² (Hirschl et al, 2011)	⇒ 50 kWp installierte Leistung
Volllaststunden pro Jahr:	900 h
Ertrag pro Jahr:	50 kW * 900 h = 45 MWh/a
Durchschnittsertrag einer Woche:	45 MWh / 52 = 865 kWh/w

Erforderlicher Wasserspeicher:

Höhe:	75 m
$E_{\text{pumpe}} = 1 / (3,6 * 10^6) * \rho * g * V * h * 1/\eta$	$V = 865 * 3,6 * 10^6 * 0,8 / (1000 * 10 * 75) = \mathbf{3322 m^3}$
Speichermasse/ -volumen:	3322 t => 3322 m³
Speicherhöhe:	3322 / 900 = 3,7 m
Flächenlast des Speichers:	3700 kg/m ² (37 kN/m ²)

Energieabgabe durch die Turbine:

$E_{\text{turbine}} = 1 / (3,6 * 10^6) * \rho * g * V * h * \eta$	$E_{\text{turbine}} = 1 / (3,6 * 10^6) * 1000 * 10 * 3322 * 75 * 0,8 = \mathbf{554 kWh}$
Leistung der Turbine für Abgabe der gespeicherten Energie in 2 Tagen:	554 kWh / 48 h = 11,5 kW

Vergleich der Speicherung in einem Blei-Akku:

Energiedichte Pb-Akku:	0,11 MJ/kg
Energie in MJ:	554 * 3,6 * 10 ⁶ = 1994 MJ
Masse des Akkus:	1994 MJ / 0,11 MJ/kg = 18,1 t
Flächenlast des Akkus:	18100 kg / 900 m ² = 20 kg/m ² (0,2 kN/m ²)

Für die Pumpen- sowie die Turbinenleistung wurde jeweils ein Wirkungsgrad von 80 % angesetzt. Der Gesamtwirkungsgrad der Pumpspeichieranlage ergibt sich damit zu 64 %.

Aus dem Beispiel ist ersichtlich, dass für die Speicherung einer Wochenproduktion Strom aus einer 500 m²-Photovoltaikanlage ein Wasserspeicher von 3322 m³ auf einer Höhe von 75 m notwendig wäre. Das gleiche Volumen ist als Gegenspeicher im Keller des Hochhauses notwendig. Abgesehen von dem Raumbedarf ist die

Unterbringung einer derartigen Last auf dem Dach eines Hochhauses bezüglich Statik und Erdbebensicherheit bedenklich. Die umfangreiche Ausrüstung (Pumpen, Turbinen, Leitungen, Elektronik), die dafür notwendig ist sowie der niedrige Wirkungsgrad machen diese Art der Speicherung unwirtschaftlich. Bei der Speicherung derselben Energiemenge in einem Blei-Akku sind nur 18 t Akkus notwendig, im Vergleich zu 3322 t Wasser und bei einer Dichte von $11,3 \text{ g/cm}^3$ haben sie einen Raumbedarf von $1,6 \text{ m}^3$.

4 Trinkwasserleitung

4.1 Technische Grundlagen

Mit Trinkwasserkraftwerken können in Trinkwasserversorgungssystemen vorhandene Höhen- bzw. Druckunterschiede zur Energieproduktion genutzt werden. Die Minderung des Wasserdrucks bei Quelfassungen ist notwendig, um Schäden an Leitungssystemen zu verhindern. (Moser, 2010; Papp, 2008)

Es kommen nicht nur Hochgebirgsregionen in Frage, sondern bereits 50 m Höhenunterschied und 500 l/min können ausreichend sein. (Papp, 2008)

Trinkwasserkraftwerke können in verschiedenen Bereichen zum Einsatz kommen:

- Nutzung der Höhendifferenz zwischen Quellsammler und Hochbehälter
- Nutzung der Höhendifferenz zwischen verschiedenen Versorgungsnetzen
- Reduktion des für das Versorgungssystem zu hohen Wasserdrucks
- Nutzung der Überschusswassermenge

Die Turbinen für Trinkwasserkraftwerke müssen wie bei Wasserkraftwerken entsprechend der Gegebenheiten bezüglich Durchfluss und Fallhöhe fallspezifisch ausgewählt werden. Es werden unter anderem Pelton-turbinen, Francisturbinen, rückwärtslaufende Pump-turbinen (RLPT) und speziell für diese Anwendung entwickelte Gegendruck-Pelton-turbinen (GDPT) verwendet. (Moser, 2010)

4.2 Situation der Stadt Wien

Die Versorgung der Stadt Wien mit Trinkwasser erfolgt zum größten Teil mit Quellwasser aus den steirischen und niederösterreichischen Kalkalpen. Das Wasser fließt im freien Gefälle (ohne Pumpen) über die I. und II. Wiener Hochquellwasserleitung nach Wien.

Zur Minderung des Wasserdrucks auf für das Rohrnetz erforderliche Verhältnisse werden von den Wiener Wasserwerken (MA 31) bereits 13 Trinkwasserkraftwerke entlang der Hochquellwasserleitungen betrieben. Diese erzeugen im Jahr 65 Millionen kWh Strom, was zur Versorgung einer 50000-Einwohner-Stadt wie beispielsweise St. Pölten geeignet wäre.

(http://www.tinavienna.at/Trinkwasserleitungskraftwerk_2011-12-12/)

Das Potenzial für ein weiteres Trinkwasserkraftwerk an den Hochquellwasserleitungen wird überprüft (<http://www.wien.gv.at/politik/strategien-konzepte/regierungsuebereinkommen-2010/umwelt-klimaschutz/> 2011-12-13)

Der Einsatz von Trinkwasserkraftwerken bietet sowohl ökologische als auch ökonomische Vorteile. Die bei der ohnehin notwendigen Druckminderung vernichtete

Energie kann zur Stromerzeugung genutzt werden. Der Wasserversorger kann die erzeugte Energie für den Eigenverbrauch nutzen beziehungsweise Überschüsse einspeisen. Bereits vorhandene Druckminderungsstationen können mit relativ geringem Aufwand umgerüstet werden. Die ökologischen Probleme wie Kontinuumsunterbrechung und Restwasserdotation, die bei Wasserkraftwerken auftreten, sind hier nur in geringem Maße bis gar nicht vorhanden, weil sich das bereits genutzte Trinkwasser in geschlossenen Leitungen befindet. (Papp, 2008)

5 Schlussfolgerungen

Den größten Teil der Energieerzeugung aus der erneuerbaren Energiequelle Wasser macht in Wien die Nutzung der Energie der Donau durch das Kraftwerk Freudenu aus. Dabei wird die potenzielle Energie des Wassers genutzt.

Die kinetische Energie der Wasserströmung kann mit Strömungskraftwerken ebenfalls zur Energieerzeugung genutzt werden. Diese Technologie funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie Windkraftanlagen. Für die Energieausbeute ist die Strömungsgeschwindigkeit von entscheidender Bedeutung. Außerdem ist eine gewisse Mindestwassertiefe erforderlich, damit das Strömungskraftwerk arbeiten kann. In Wien kommen aufgrund dieser Rahmenbedingungen nur die Donau sowie der Donaukanal für eine Nutzung mit Strömungskraftwerken in Frage.

Bei der Donau beschränkt sich der nutzbare Bereich auf die Unterwasserseite des Kraftwerks, weil oberhalb aufgrund des Rückstaubereichs nur geringe Fließgeschwindigkeiten herrschen. Unterhalb ist allerdings die Wassertiefe der begrenzende Faktor, sowie die Rücksichtnahme auf Ufernutzung und Schifffahrt. Im Donaukanal herrschen aufgrund des geringeren Gefälles kleinere Fließgeschwindigkeiten, die die Energieausbeute beeinträchtigen. Außerdem ist hier ebenfalls auf eine Verträglichkeit mit den Ufernutzungen und der Schifffahrt zu achten.

Für die klassische Staukraftwerksnutzung sind umfangreiche Bauwerke für Stau- und Kraftwerksanlagen notwendig. Diese sind mit wesentlichen Eingriffen in das Umland und die Natur verbunden. Die Auswirkungen solcher Anlagen müssen ihrem Nutzen gegenübergestellt werden. Für Wien wurden die Gewässer Wienfluss und Donaukanal betrachtet. Die anderen Fließgewässer sind teilweise bereits sehr stark durch die Verbauung beeinträchtigt und weisen geringe Abflüsse auf. Ein wichtiges Thema im Zusammenhang mit der Nutzung von Fließgewässern im bebauten Gebiet ist die Hochwassersicherheit. Beim Wienfluss ist die Problematik, dass er die meiste Zeit des Jahres eine geringe nutzbare Wasserführung hat, die Hochwässer jedoch eine sehr hohe Wassermenge fördern, der die Bauwerke standhalten müssten. Der Donaukanal andererseits verfügt bereits über eine Wasserkraftnutzung, deren Ertrag durch eine weitere Wasserkraftanlage geschmälert werden würde. Bei beiden Flüssen würden durch die Wasserspiegelanhebungen im Staubereich wesentliche Änderungen der Uferverbauungen und des Hochwasserschutzes ergeben.

Eine erneuerbare Ressource zur Energiegewinnung in Wien stellt die Trinkwasserversorgung dar. Die Druckunterschiede zwischen Quell- und Versorgungsgebiet können energetisch genutzt werden, ohne dass große Eingriffe in

die Natur notwendig sind. Diese Energie wird bereits mit 14 Trinkwasserleitungskraftwerken entlang der Hochquellenwasserleitung genutzt, weiteres Potenzial wird untersucht.

Die Speicherung von Energie mit dem Medium Wasser wird in großen Pumpspeicherkraftwerken zum Ausgleich der zeitlichen Unterschiede zwischen Produktion und Verbrauch durchgeführt. Insbesondere die volatilen regenerativen Energien, die vermehrt eingesetzt werden, bedürfen einer Form der Speicherung. Für den städtischen Bereich wurde ein theoretisches Beispiel der Energiespeicherung mit Wasser untersucht. Die dafür notwendigen Volumina sind aber so groß und die Wirkungsgrade der Zurückgewinnung klein, dass ein Einsatz in kleiner Ausführung im städtischen Bereich nicht sinnvoll erscheint.

6 Literatur

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2009): Hydrographisches Jahrbuch 2007. 115. Band.

Granitza, Eckart (2011): Unendlich viel Strom. Energiegewinnung durch Flussmühlen. Wiener Zeitung, Feuilleton, Mi, 2. November 2011.

Herrnegger, Matthew (2007): Historische Hydromorphologie und Geländetopographie der Wiener Donauauen. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.

Hirschl, Bernd et al. (2011): Potenziale erneuerbarer Energien in Berlin 2020 und langfristig – Quantifizierung und Maßnahmengenerierung zur Erreichung ambitionierter Ausbauziele. Langfassung der Studie zum Berliner Energiekonzept (Anlage 6). Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin.

http://www.aqualibre.at/index.php?article_id=3&clang=0 2011-12-12

http://www.energyprojects.at/details.php?lang_id=1&proj_id=56 2011-12-06

<http://www.strategiepartei.de/wasserkraft.html>, 2011-12-07

<http://www.tinavienna.at/Trinkwasserleitungskraftwerk> 2011-12-12

<http://www.wien.gv.at/politik/strategien-konzepte/regierungsuebereinkommen-2010/umwelt-klimaschutz/> 2011-12-13

<http://www.wien.gv.at/stadtplan> 2011-12-12

Moser, Harald (2010): Potentiale von Trinkwasserkraftwerken im Land Salzburg. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.

NEMO-Netzwerk (2011a): Energy Floater Flusskraftwerk, Produktdatenblatt. NEMO-Netzwerk Technologiekompetenz Fluss-Strom. www.flussstrom.de 2011-12-02

NEMO-Netzwerk (2011b): River Rider Flussmühle, Produktdatenblatt. NEMO-Netzwerk Technologiekompetenz Fluss-Strom. www.flussstrom.de 2011-12-02

Papp, Erich Johann (2008): Trinkwasserkraftwerke. Forum Gas Wasser Wärme 4/2008.

Patt, Heinz; Gonsowski, Peter (2011): Wasserbau. Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Bauwerken und Anlagen. 7., aktualisierte Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Ruprecht, Albert (2010): Strömungsturbinen ohne Aufstau. Vortrag RENEXPO Salzburg.

Rus, S. (2006): Übersichtskarte, Flussbauliches Gesamtprojekt Donau östlich von Wien, Umweltverträglichkeitserklärung.

Valenti, B. (2006b): Fachbeitrag Oberflächengewässer Grafiken, Flussbauliches Gesamtprojekt Donau östlich von Wien, Umweltverträglichkeitserklärung.

via donau [Hrsg.] (2005): Handbuch der Donauschifffahrt. Wien.