

## Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Wasserkraftanlage zwischen Wakenitz und Trave

### Anlass der Untersuchung

Im Zuge der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) soll die Durchgängigkeit von Fließgewässern wieder hergestellt werden. Dies soll für die Wakenitz durch die Errichtung einer Fischaufstiegsanlage zwischen dem Dükerkanal und der Kanal-Trave im Osten der Altstadt Lübecks erreicht werden. Um die Funktionalität der Fischaufstiegsanlage zu gewährleisten, ist die Erzeugung einer Leitströmung mittels einer separat eingeleiteten Dotationswassermenge notwendig. Hierzu wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, welche untersucht, ob eine Nutzung der Dotationswassermenge zur Energiegewinnung sinnvoll ist.

### Randbedingungen und Datengrundlage

Im Projektgebiet befindet sich derzeit ein Düker, durch welchen der Abfluss der Wakenitz unter der Kanal-Trave hindurch geleitet wird und den Krähenteich sowie den Mühlensteich speist. Der Düker stellt den einzigen Zufluss zu diesen dar und muss daher auch nach Errichtung einer Fischaufstiegsanlage bestehen bleiben. Die Durchflussmenge wird jedoch reduziert. Die Planung der Fischaufstiegsanlage unterliegt dem „Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf“. Anhand der Planungen für die Aufteilung des Abflusses der Wakenitz wird die Machbarkeitsanalyse durchgeführt. Bei der gewählten Variante handelt es sich um die in Abbildung 1 dargestellten Dauerlinien der jeweiligen Teilströme.

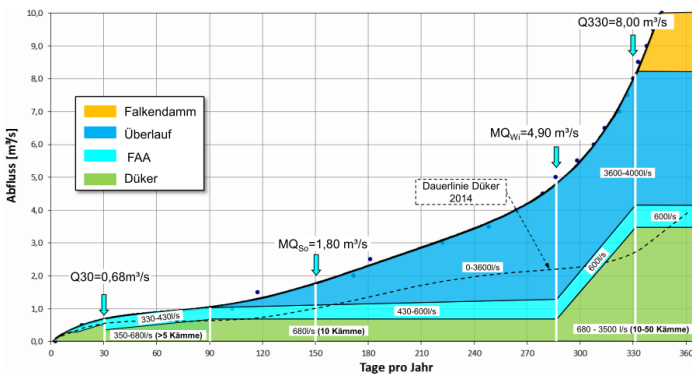


Abb. 1.: geplante Aufteilung des Abflusses der Wakenitz auf die unterschiedlichen Bauwerke (Quelle: Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf)

Es ist geplant, ab einem Durchfluss der an weniger als 90 Tagen im Jahr unterschritten wird, eine Leitströmung zu erzeugen. Daraus folgt für die mit der Dotationswassermenge zu betreibende Wasserkraftanlage, dass diese mindestens 90 Tage im Jahr nicht betrieben würde. Um das Potential einer Wasserkraftanlage an dem Standort beurteilen zu können, muss zusätzlich die hydraulische Fallhöhe bestimmt werden. Diese ergibt sich aus der Differenz des Wasserspiegels der Wakenitz und der Kanal-Trave. Beide Gewässer sind hydraulisch unabhängig voneinander. Da kein direkter Zusammenhang von Durchfluss und Fallhöhe besteht, wird die Fallhöhe mittels einer Wasserstandsdifferenzdauerlinie der beiden Fließgewässer ermittelt. Die mittlere Fallhöhe beträgt 3,25 m.

Aufgrund der vorliegenden Fallhöhendauerlinie und der geplanten Abflussdauerlinie wird eine Wasserkraftschnecke als Wasserkraftanlage gewählt. Als mögliche Alternative wird eine Durchströmturbine betrachtet.

### Durchführung

Bei Wasserkraftschnecken handelt es sich um archimedische Schrauben, welche üblicherweise als Pumpen in Klärwerken verwendet werden. Durch Umkehr der Rotationsrichtung kann jedoch Strom gewonnen werden. Wasserkraftschnecken zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad, geringen Wartungsaufwand durch eine hohe Resistenz gegenüber Verschmutzungen und eine hohe Fischfreundlichkeit aus. Für das betrachtete Projekt wird eine drehzahlvariabel geregelte Wasserkraftschnecke als Trogschnecke mit einem Außenradius von 3,11 m konzipiert. Der Entwurfspunkt wird auf  $Q_{275} = 3,38 \text{ m}^3/\text{s}$  gewählt. Da Wasserkraftschnecken das 1,2-fache der Entwurfswassermenge schadfrei abführen können, ist bei dem gewählten Entwurfspunkt keine Hochwasserschutzanlage notwendig, sondern lediglich ein Schütz zum Ein- und Ausschalten. Durch den drehzahlvariablen Betrieb wird der Wasserstand im Oberwasser konstant gehalten. Die Wasserkraftschnecke wird für den betrachteten Standort konzipiert. Daher ist es notwendig, die Verluste und damit den Wirkungsgrad der Anlage zu bestimmen. Der Wirkungsgrad variiert dabei mit dem Durchfluss. Der Wirkungsgrad der gesamten Anlage ist darüber hinaus von den Wirkungsgraden der einzelnen Anlagenkomponenten abhängig. Für Getriebe, Generator, Frequenzumrichter sowie die übrigen Anlagenteile wurde vereinfacht von einem konstanten Wirkungsgrad ausgegangen. In Abhängigkeit vom Beaufschlagungsverhältnis  $Q/Q_A$  ergibt sich die in

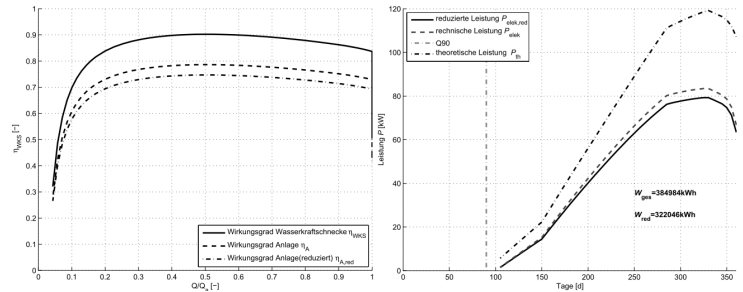
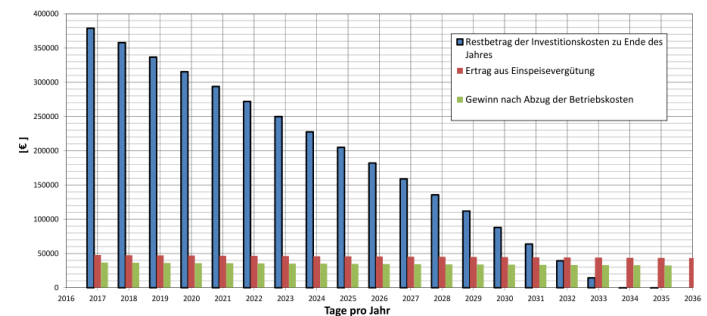


Abb. 3.: a) Wirkungsgrad b) Energiedauerlinie der Wasserkraftschnecke

Abbildung 3a) dargestellte Wirkungsgradkurve. Anhand des Wirkungsgrades, der Abflussdauerlinie und der Fallhöhendauerlinie kann eine Energiedauerlinie bestimmt werden. Diese ist in Abbildung 3b) dargestellt. Unter der Annahme, dass die Anlage 24 Stunden/Tag betrieben wird, ergibt sich rechnerisch eine Jahresenergiemenge von etwa 385.000 kWh. Dies entspricht dem Jahresverbrauch von 96 3-Personen-Haushalten im Jahr. Abbildung 3b) kann entnommen werden, dass die theoretische Leistung noch deutlich höher liegt. Eventuell wäre durch Optimierungen der Wasserkraftschneckenparameter eine noch höhere Jahresenergieproduktion möglich. Da von Schwankungen beim Durchfluss auszugehen ist, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen mit der reduzierten Energiemenge durchgeführt. Die Investitionskosten für die Wasserkraftschnecke betragen geschätzt 420.000 €, wovon 210.000 € für die Wasserkraftanlage notwendig sind. Bei der Bestimmung der jährlichen Betriebskosten wird von einer Betreuung durch eine Fremdfirma ausgegangen. Die jährlichen Betreuungskosten betragen geschätzt 11.025 €/a. Der Ertrag aus der Einspeisung des produzierten Stroms in das allgemeine Netz ergibt sich auch der Energiemenge und der Einspeisevergütung. Die Einspeisevergütung sinkt ab dem 01.01.2016 jährlich um 0,5 % ausgehend von einem Wert von 12,52 Cent/kWh. Unter der Annahme, dass der Gewinn aus der Einspeisevergütung zur Abschreibung der Wasserkraftanlage genutzt wird, amortisiert sich die Anlage nach 13-18 Jahren. Durch Reduzierung der Betriebskosten oder Verrechnung der Investitionskosten mit den eingesparten Kosten des separaten Bauwerks für die Einleitung der Dotationswassermenge kann eine frühere Amortisation erreicht werden (Abbildung 4).



Bei Verwendung einer Durchströmturbine kann nur ein geringer Teil der Dotationswassermenge genutzt werden, da die Verluste in der Rohrleitung oder der Durchmesser der Druckrohrleitung zu groß würden. Hierdurch wird ein separates Gerinne zur Einleitung der Restwassermenge und den Abstieg von Fischen notwendig, wodurch die Investitionskosten steigen. Da in den Berechnungen ein maximaler Durchfluss von  $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$  genutzt werden konnte, ist die Jahresenergiemenge entsprechend gering. Obwohl die Investitionskosten und die Betriebskosten geringer als bei der Wasserkraftschnecke sind, stellt sich eine Amortisation aufgrund der geringen Jahresenergieproduktion erst nach 34 bis 37 Jahre ein. Die Errichtung einer Durchströmturbine wäre daher nicht wirtschaftlich.

### Fazit

Die Errichtung einer Wasserkraftanlage ist bei Verwendung einer Wasserkraftschnecke im betrachteten Projekt sinnvoll. Insbesondere in Anbetracht steigender Energiepreise sowie der notwendigen Reduzierung des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes sollte jede Möglichkeit zur Nutzung regenerativer Energiequellen genutzt werden. Da zudem eine Investition für die Einleitung der Dotationswassermenge notwendig wäre, wäre es leichtsinnig, das vorhandene Potential zur Wasserkraftnutzung an dieser Stelle nicht zu nutzen. Die Verwendung einer Durchströmturbine wäre hingegen nicht sinnvoll, da die produzierte Energiemenge im Vergleich zu den Investitionskosten zu gering ist.