

# Energieerzeugung in Trinkwassertransportnetzen

In den Transportnetzen von Wasserversorgungsunternehmen stecken zum Teil erhebliche Energiepotenziale, deren Nutzung in Zeiten von Klimawandel und stetig steigenden Energiekosten zunehmendes Interesse verdient. Bei Hessenwasser wird seit 2007 der in einer Trinkwassertransportleitung anstehende hydrostatische Druck aus natürlichem Gefälle zur Energieerzeugung genutzt. Auf diese Weise werden jährlich rund 500.000 kWh Ökostrom produziert.



Kompakte Stromerzeugungsanlage im Trinkwassernetz

Schon seit Ende des 19. Jahrhunderts wird Wasser aus Gewinnungsgebieten des Vogelsbergs und Spessarts zur Versorgung der Stadt Frankfurt am Main genutzt. Das Wasser aus den Gewinnungsanlagen der Hessenwasser im Vogelsberg wird in der Aufbereitungsanlage Neudorf des Wasserverbands Kinzig (WVK), die auf 225 m ü. NN liegt, gemeinsam mit dem Grundwasser aus den Gewinnungsanlagen des WVK zu Trinkwasser aufbereitet. Von hier aus fließt es in natürlichem Gefälle über eine rund 50 Kilometer lange Transportleitung der Dimension DN 1200 dem natürlichen Gefälle folgend durch das Kinzigtal in Richtung Frankfurt. Auf dem Transportweg erfolgt bei der Gemeinde Wirtheim die Einspeisung des Wassers aus den Spessartquellen, welches zuvor in der Aufbereitungsanlage Gieserborn bei Biebergemünd zu Trinkwasser aufbereitet wurde.

Insgesamt fließen rund 8 Millionen Kubikmeter Trinkwasser pro Jahr von den Aufbereitungsanlagen in Richtung Frankfurt. Bevor das Trinkwasser die Stadt Frankfurt erreicht, wird an verschiedene Kommunen Trinkwasser abgegeben und im Einzelfall auch bezogen. In der Bilanz erreichen rund 4,3 Millionen m<sup>3</sup>/a das Übergabebauwerk Fechenheim am östlichen Stadtrand von Frankfurt (Abb. 1 + 2).

Im Bauwerk Fechenheim, dessen Höhenlage etwa 100 m ü. NN beträgt, wird der Eingangsdruck von rund 12,5 bar für das Verteilungsnetz der Mainova AG im Frankfurter Stadtgebiet auf den Druck von etwa 5,5 bar reduziert. In der Vergangenheit erfolgte diese Druckminderung über ein Ringkolbenventil. Pläne, die im Ringkolbenventil vernichtete Energie durch den Einbau einer Turbine sinnvoll zu nutzen, bestanden bereits seit Längerem. Eine erste

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

Abschätzung ergab ein theoretisch maximal nutzbares Potenzial von ca. 660.000 kWh/a. Eine unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten vorteilhafte Gelegenheit zur Umsetzung der Pläne ergab sich im Jahr 2004, da die ebenfalls im Bauwerk Fechenheim eingebaute Abrechnungsmessung erneuert werden musste. Der vorhandene magnetisch-induktive-Durchflussmesser (MID) DN 1000 musste in Anpassung an veränderte Durchflussmengen durch einen kleineren ersetzt werden. Weiterer Handlungsbedarf bestand sowohl bei dem Ringkolbenventil DN 600, welches in der Nennweite ebenfalls reduziert werden sollte, als auch bei der gesamten Bausubstanz, die einer Sanierung bedurfte. Durch die neuen, mechanisch kleineren Komponenten entstand der Platz, der für den Einbau einer Stromerzeugungsanlage benötigt wurde.

### Auslegungskriterien

Das theoretisch ermittelte Potenzial von über 600.000 kWh basiert auf einer Verstromung der gesamten anfallenden Wassermenge, was jedoch aus betriebstechnischen Gründen in der Praxis nicht vollständig realisierbar ist. Um die optimale Auslegung zu erreichen, waren diverse Randbedingungen zu beachten.

- Der minimale und maximale Durchfluss muss von der Anlage geführt werden können. Vermindert sich die Durchflussmenge, sinkt gleichzeitig der Wirkungsgrad der Turbine. Bei Unterschreitung eines unteren Wertes ist keine Stromerzeugung mehr möglich und der Generator geht in den motorischen Betrieb über. Erhöht sich der Durchfluss, wird ein Punkt erreicht, ab dem die Turbine keine weitere Steigerung der Menge mehr zulässt. Die Mehr-Menge muss über einen Bypass geführt werden.
- Die Jahresdauerlinie gab Aufschluss darüber, wie viele Tage eine bestimmte Wassermenge zur Verfügung steht. In Verbindung mit der Wirkungsgradkurve der Anlage war der Auslegungspunkt zu suchen, der den größten Ertrag gewährleistet. Zu diesem Zweck wurden die Durchflussmengen über einen Zeitraum von 41 Monaten ausgewertet (Abb. 3).
- Mit dem Verteilnetzbetreiber (VNB) musste ein Verknüpfungspunkt festgelegt werden, über den die erzeugte Leistung in das Stromnetz eingespeist werden kann. Unter Umständen sind Verstärkungsmaßnahmen an der Niederspannungseinspeisung oder in der vorgelagerten Transformatorstation notwendig.

### Pumpe als Turbine

Zur Energieerzeugung wird üblicherweise eine Turbine mit gekoppeltem Generator eingesetzt werden. Grundsätzlich eignet sich aber auch eine in umgekehrter Drehrichtung betriebene Pumpe für diesen Einsatzzweck.

Der Wirkungsgradverlauf einer speziell dafür ausgelegten Turbine ist höher als der einer Pumpe und fällt bei abnehmendem Durchsatz wesentlich weniger ab (Abb. 4). Allerdings sind die Investitionskosten und unter Umständen auch der Platzbedarf für eine Turbine erheblich höher.

In dem hier beschriebenen Fall wurde die Entscheidung zwischen Turbine oder

„rückwärts laufender Pumpe“ (RLP) noch von einem anderen Sachverhalt beeinflusst: Das östliche Stadtgebiet von Frankfurt wird im Normalbetrieb komplett oder teilweise mit Trinkwasser aus dem Vogelsberg und Spessart versorgt. Zur Versorgung des Frankfurter Stadtteils Bergen-Enkheim wird Trinkwasser aus dem Vogelsberg/ Spessart in der Hochbehälteranlage Bergen-Enkheim mit Trinkwasser aus dem dortigen Grundwasserwerk gemischt. Die Einspeisehöhe des Hochbehälters liegt auf ca. 175 m ü. NN. Damit auch im Fall einer längeren Störung an der Transportleitung aus dem Vogelsberg/Spessart die dortige Versorgung mit Trinkwasser gesichert ist, war ursprünglich die Errichtung

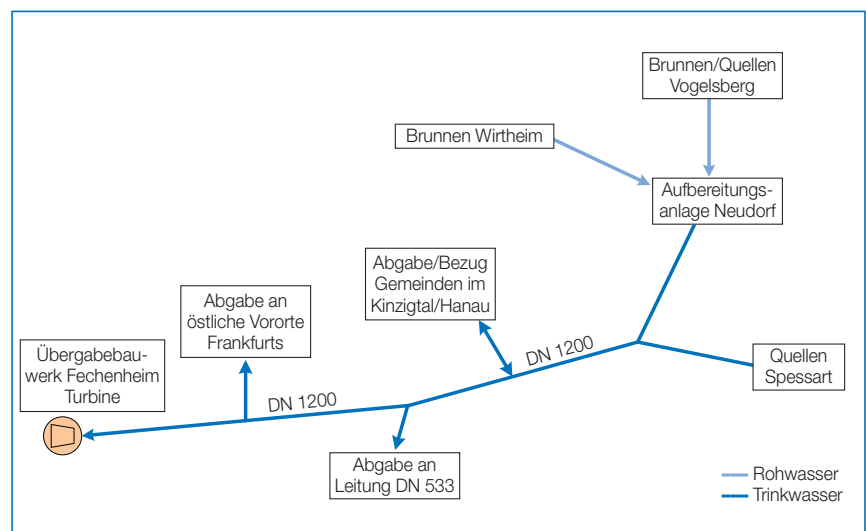


Abb. 1: Lageplan

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

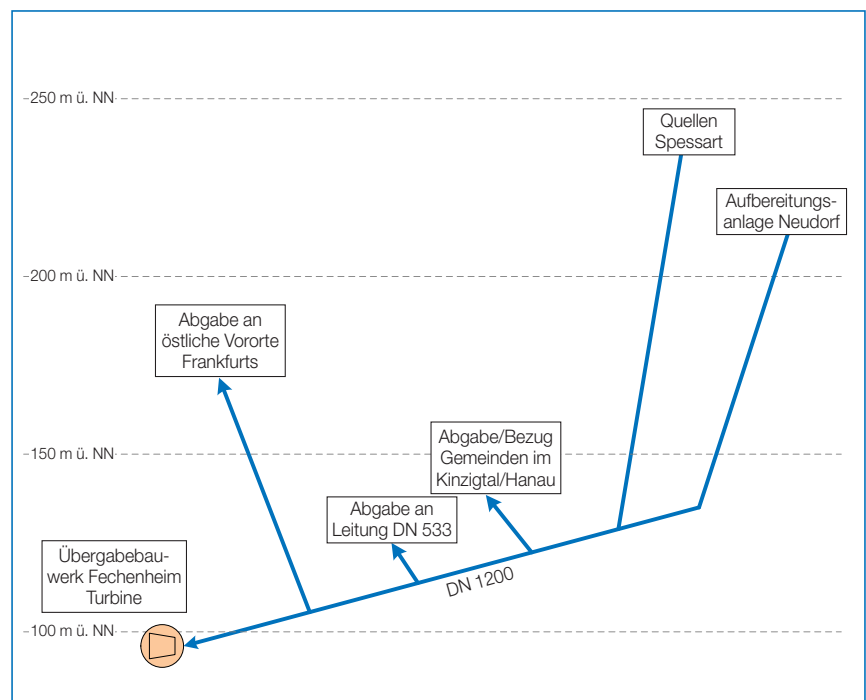


Abb. 2: Höhenschema

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

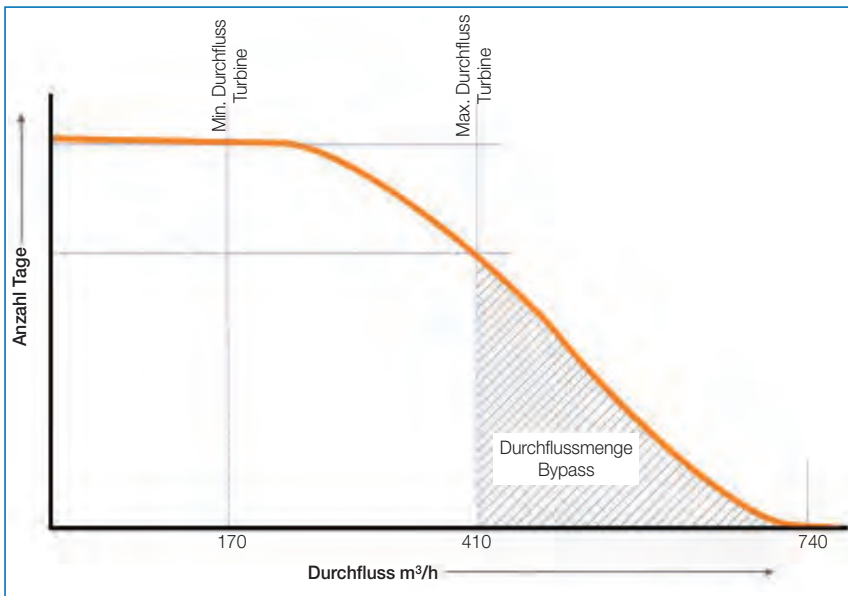


Abb. 3: Jahresdauerlinie

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

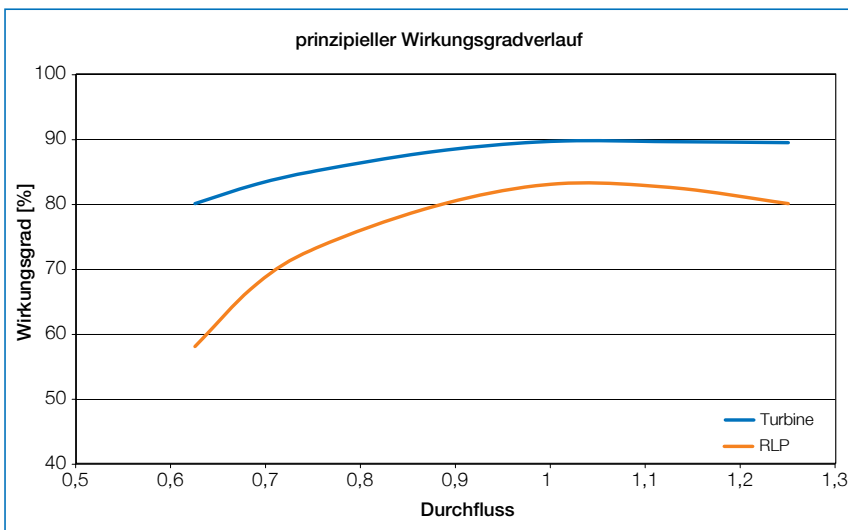


Abb. 4: Wirkungsgradverlauf

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

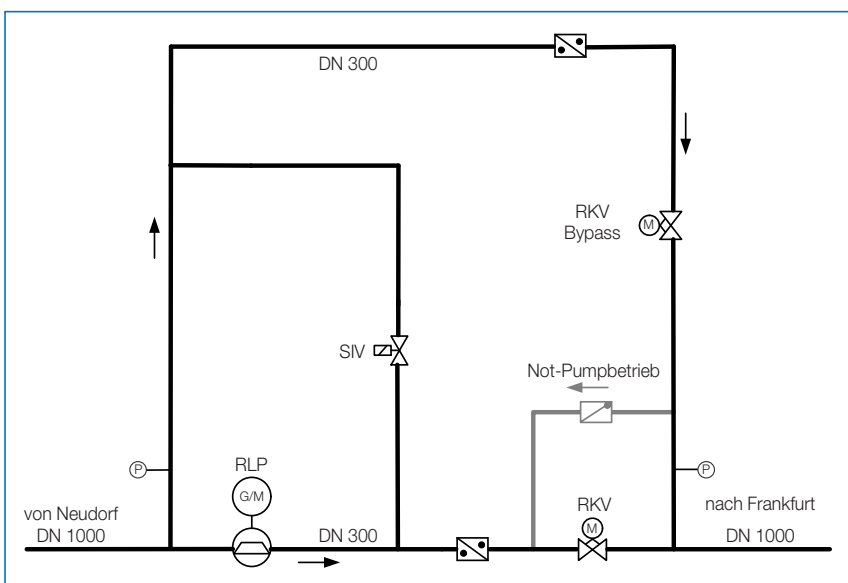


Abb. 5: R&I-Schemata

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

einer gesonderten Druckerhöhungsanlage vorgesehen, um die zusätzlich benötigte Trinkwassermenge aus dem innerstädtischen Transportleitungsnetz in den Behälter zu fördern. Von der Betriebsweise als Druckerhöhungspumpe profitieren im Störfall aber auch einige Kommunen, die vor der Stadt Frankfurt gelegen sind und direkt über die Transportleitung aus dem Vogelsberg/Spessart (teil-)versorgt werden. Dazu waren technisch lediglich eine Umschalteneinheit und ein zusätzlicher Frequenzumrichter für den motorischen Betrieb notwendig. Ein Lösung, die sowohl in betriebstechnischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht erhebliche Vorteile gegenüber den ursprünglichen Planungsansätzen bot.

### Hauptkomponenten

Die Hauptkomponenten der Anlage sind (Abb. 5 und Tab. 1 + 2):

- der „Turbinenzweig“ mit RLP und Ringkolbenventil
- der Bypasszweig mit Ringkolbenventil
- der Sicherheitsventilzweig mit schnell öffnendem Sicherheitsventil und
- der Pumpenzweig mit Rückschlagklappe für den Not-Pumpbetrieb

### Betriebszustände

Die Anlage wird normalerweise vollautomatisch im „Turbinen“- und Bypass-Betrieb gefahren. Eine Stromerzeugung ist im Bereich von 170 bis 1.000 m³/h möglich, wobei bei einem Durchfluss größer als 400 m³/h der Bypass parallel zum RLP-Zweig geöffnet wird. Bei einem Durchfluss kleiner 170 m³/h ist, wie schon beschrieben, keine Stromerzeugung möglich, weil die Wassermenge nur über den Bypass geleitet wird.

Für das Anfahren der RLP wird die Asynchronmaschine zunächst über ein Sanftanlaufgerät am Netz hochgefahren. Parallel dazu wird das Ringkolbenventil (RKV) im RLP-Zweig langsam geöffnet und das RKV im Bypasszweig langsam zugefahren, sodass die Wassermenge stoßfrei vom RLP-Zweig übernommen wird. Bei entsprechendem Durchfluss beschleunigt die Asynchronmaschine über die Synchrondrehzahl und geht in den generatorischen Betrieb über. Der beschriebene Betriebszustand als Pumpenbetrieb für die Ersatzversorgung im Störfall wird allerdings von Hand eingeleitet, da dazu gleichzeitig Netzumstellungen im Stadtgebiet Frankfurt notwendig sind. Der Motor wird dabei über einen üblichen Frequenzumrichter angesteuert.

Erwähnenswert ist noch das parallel zum RLP-Zweig eingebaute Sicherheitsventil (SV), welches zum Beispiel bei einem Netzausfall innerhalb kürzester Zeit öffnet. Bei diesem Betriebsfall fehlt der Asynchronmaschine das Gegenmoment und die RLP würde innerhalb sehr kurzer Zeit auf ihre Durchgangsdrehzahl beschleunigen. Damit verbunden wäre ein schlagartiger Rückgang des Durchflusses durch die RLP auf weniger als die Hälfte. Durch das Öffnen des Sicherheitsventils wird die fehlende Menge nachgespeist, sodass der Durchfluss insgesamt konstant bleibt und Druckstöße in der Rohrleitung vermieden werden.

### Betriebserfahrung

Die Anlage läuft seit Mitte 2007 problemlos im Dauerbetrieb. Die monatliche Stromgewinnung liegt bei über 40.000 kWh. Betriebsseitig wird darauf geachtet, dass die Anlage möglichst immer im optimalen Bereich gefahren wird.

### Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Der erzeugte Strom wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die Vergütung des eingespeisten Stroms ergibt sich aus den Regelungen des EEG, des Gesetzes für den Vorrang erneuerbarer Energien. Über die tatsächliche Vergütungsfähigkeit gemäß EEG gibt es allerdings zwischen der Hessenwasser und dem Netzbetreiber, in dessen Netz der Strom eingespeist wird, seit der Inbetriebnahme einen sachlichen Dissens, in dem eine Lösung noch aussteht. Die

**Tabelle 1: Betriebsdaten der RLP**

Typ	KSB Omega V125-365A
Durchsatz	437 m³/h
Fallhöhe	71 m
Turbinenleistung	70 kW
Wirkungsgrad	82 Prozent
Drehzahl	1.517/min

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

**Tabelle 2: Betriebsdaten Motor/Generator**

Typ	Asynchronmaschine
Leistung	75 kW
Spannung	400 V
Drehzahl	1.480/min

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

Auseinandersetzung entzündet sich an der Frage, ob das Wasser, das die Turbine (Abb. 6) antreibt, der Turbine tatsächlich rein im freien Gefälle zuströmt oder nicht. Eine Frage, die eine wesentliche Voraussetzung für die Vergütung gemäß EEG ist und die im speziellen Fall, zumindest aus Sicht des Netzbetreibers, Ansatzpunkte für unterschiedliche Interpretationen bietet. Gemäß EEG und dem dazugehörigen Leitfadens des Bundesumweltministeriums muss Strom aus Anlagen, die die potenzielle und kinetische Energie von Trinkwasser nutzen, mit einem Betrag von 9,67 Cent/kWh vergütet werden. Bislang wird für diesen ökologisch erzeugten Strom ein Erlös erwirtschaftet, der aus dem „üblichen Preis“ gemäß Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (§4, Abs. 3 Satz 3) sowie den vermiede-

nen Netzentgelten ermittelt wird. In den letzten Monaten steigen allerdings diese Vergütungssätze in Anpassung an die steigenden Energiepreise, sodass die Wirtschaftlichkeit zurzeit nicht erheblich von den Planungsansätzen abweicht.

#### Autor:

Dipl.-Ing. Reinhard Heinbuch  
 Leiter Elektro- und Maschinentechnik  
 Hessenwasser GmbH & Co. KG  
 Taunusstr. 100  
 64521 Groß-Gerau  
 Tel.: 069 25490-7105  
 Fax: 069 25490-7199  
 E-Mail: reinhard.heinbuch@hessenwasser.de  
 Internet: www.hessenwasser.de

# STRASSENKAPPEN aus Kunststoff P 123



- Temperaturbeständigkeit 240 °C
- Druckbeständigkeit bis 25 Tonnen
- patentierte Höhenarretierung
- absolut klapper- und wartungsfrei
- korrosionsbeständig und recycelbar
- millionenfach bewährt

#### Vorteile der Höhenverstellbarkeit:

- millimetergenauer Sitz
- keine Nacharbeiten
- dauerhaft schadensfreie Straßen



## Gas- und Wasserarmaturen aus Kunststoff GmbH

G + W GmbH · Industriestraße 4 · 74933 Neidenstein  
 Telefon: +49 (0)7263 919698 · Fax: +49 (0)7263 919697  
 www.gw-strassenkappen.de · E-Mail: G.u.W.Armaturen@t-online.de

