



***Energie aus Wasser***







# Inhalt

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>Seite 4</b>  | Im Fokus: Erneuerbare Energien              |
| <b>Seite 6</b>  | Rückblick: Strom für München                |
| <b>Seite 8</b>  | Bayerns Plus: Flüsse und Seen               |
| <b>Seite 10</b> | SWM Wasserkraftwerke: Starke Leistung!      |
| <b>Seite 12</b> | Isarwerke, Stadtbachstufe und Maxwerk       |
| <b>Seite 14</b> | Leitzachwerke                               |
| <b>Seite 16</b> | Uppenbornwerke                              |
| <b>Seite 18</b> | Naturschutz: Lebensraum für Flora und Fauna |
| <b>Seite 20</b> | M-Natur: Ausgezeichneter Öko-Strom          |
| <b>Seite 22</b> | SWM Wasserkraft: Technische Daten           |
| <b>Seite 23</b> | Stadtwerte München: Besser leben mit M.     |

**Damit der Menschheit auch im 21. Jahrhundert noch genügend Energie zur Verfügung steht, ist es notwendig, die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern weiterzuentwickeln und nach Lösungen zu suchen, die das Leben mit viel weniger Energieaufwand als heute angenehm gestalten können.**



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

## Der weltweite Stromverbrauch steigt, aber auch der Anteil erneuerbarer Energiequellen: Öko-Strom liegt global im Trend!

### **Gesellschaft unter Strom**

Abends gemütlich auf der Couch kuscheln, eingepackt in die Lieblingsdecke ein Buch lesen, Musik hören oder fernsehen – wer tut das nicht gerne. Ohne elektrische Energie wäre dies kaum möglich. Denn die brauchen wir nicht nur, um Geräte zu betreiben. Auch die Herstellung der Kuscheldecke, des Buchs, der CD oder der Fernbedienung erfordert hohen Energieeinsatz. Unser gesamter Lebensstandard hängt von Unmengen Energie ab, daran wird sich auch in Zukunft nichts ändern.

Mit zunehmender Technisierung und steigendem Wohlstand hat der Weltenergiebedarf in den letzten 25 Jahren um fast 60 Prozent zugenommen. Diese Zahl wird, gefördert durch das Bevölkerungswachstum, in den kommenden Jahren sicher weiter steigen. Deutschland gehört zu den sechs Ländern mit dem größten Energiebedarf. In einem Jahr nutzen wir so viel Energie, wie sie im Verbrennungsprozess von rund 500 Millionen Tonnen Steinkohle entstehen würde. Diese Kohlemenge – auf die Bahn verfrachtet – würde einen Zug mit einer Länge von 400.000 km ergeben. Eine Strecke, die fast zehnmals um die Erde reicht. Weltweit werden jedoch heute bereits rund 13 Prozent des Strombedarfs durch regenerative Energiequellen gedeckt.

### **Intelligenter Energiemix**

Die Erzeugung von Energie hat nachhaltige Auswirkungen auf Umwelt und Klima. Die Stadtwerke München sind sich dieser Verantwortung bewusst. Umweltschutz und Ressourcenschonung haben höchste Priorität. Daher setzen sie auf einen intelligenten Mix aus energieeffizienter Kraft-Wärme-Kopplung (Nutzung der bei der Stromproduktion anfallenden Abwärme als Fernwärme) und regenerativen Energien. Sie erreichen so minimale

Emissionswerte, sparen eine Menge CO<sub>2</sub> ein (insgesamt über eine Million Tonnen pro Jahr) und nutzen die eingesetzte Energie maximal aus.

Heute können rund 140.000 Haushalte mit regenerativ erzeugter Energie aus Wasser- und Windkraft, Biogas, Geothermie und Sonnenenergie versorgt werden. Diese gewinnen die SWM in folgenden Anlagen:

#### ▶ **Geothermie-Anlage Riem**

Die Geothermie-Anlage Riem nutzt Erdwärme, um die Messestadt Riem mit Wärme zu versorgen. Dadurch sparen die SWM rund 12.000 t CO<sub>2</sub> pro Jahr ein.

#### ▶ **Biogas-Anlage im Tierpark Hellabrunn**

Aus dem Tiermist und den Grünabfällen des Tierparks wird mittels Gärung Biogas erzeugt, das CO<sub>2</sub>-neutral verbrannt wird. Mit dieser umweltschonenden Energieerzeugung werden weitere 190 t CO<sub>2</sub> eingespart.

#### ▶ **Photovoltaik-Anlagen Pasing Fabrik**

Als eines der zahlreichen Münchner „Solarkraftwerke“ mit einer Modulfläche von 316 m<sup>2</sup> speist diese Anlage jährlich 33.000 kWh elektrische Energie ins SWM Netz ein.

#### ▶ **Windkraft-Anlage Fröttmaning**

Die Windkraft-Anlage auf dem ehemaligen Fröttmaninger Müllberg gilt als Münchens Öko-Wahrzeichen Nummer eins. Jedes Jahr produziert sie Öko-Strom für ca. 1.000 Haushalte und spart so 2.230 t CO<sub>2</sub> ein.

Doch das Ziel liegt weitaus höher: Bis 2015 sollen 800.000 Münchner Privathaushalte, bis 2025 sogar ganz München mit regenerativer Energie im Volumen von rund 7,5 Milliarden Kilowattstunden versorgt werden. Mit der



Ausbauoffensive Erneuerbare Energien engagieren sich die SWM bereits jetzt umfassend lokal, regional und europaweit. Beispielweise mit dem Bau weiterer Erzeugungsanlagen und über Beteiligungen an Off- und Onshore-Windparks, an Solaranlagen im sonnenreichen Spanien. Weitere Projekte sind geplant.



(o.) Photovoltaik-Anlagen Pasinger Fabrik.  
(u.) Biogas-Anlage im Tierpark Hellabrunn.







# Rückblick Strom für München

Während die meisten Münchner die „Innovation Strom“ sofort begrüßten, gab es auch Bürger, die den Fortschritt mit aller Kraft hemmen wollten.

## München leuchtet!

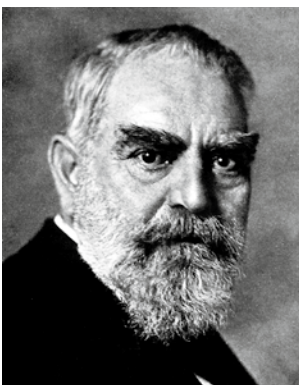
Was muss damals für ein „Aaah“ und „Ooh“ durch die Menschenmassen gegangen sein, als 1882 bedeutende Straßen Münchens zum ersten Mal im elektrischen Licht erstrahlten. Und besonders die Laternenanzünder mit ihren Leitern müssen geschluckt haben, als der Hebel umgelegt wurde und Briener, Arcis-, Karl- und Sophienstraße in Sekundenbruchteilen von Glühbirnen erleuchtet wurden ... eine Sensation!

Urheber dieses Wandels war Oskar von Miller, ein 26-jähriger Mann, der im Jahr zuvor von einer „Electrizitätsausstellung“ aus Paris zurückgekehrt war. Er überredete die Stadtverwaltung und das zuständige Ministerium dazu, in München eine ähnliche Ausstellung zu inszenieren. Allerdings war ihm die bloße Präsentation von Maschinen, Aggregaten und Lampen zu trocken. Er verblüffte sein Publikum mit einem spannenden Experiment: In Miesbach ließ er einen Dynamo von einer Wasserturbine antreiben. Der produzierte Strom wurde über eine Telegrafenteleleitung in den Münchner Gaspalast geleitet und trieb hier einen Springbrunnen an. Bürger und Stadtrat rieben sich die Hände. Alles Menschenmögliche wollten sie für die Weiterentwicklung des elektrischen Stroms in München in die Wege leiten.

Berichte über von Millers Leistung drangen aber auch nach Berlin. Er verließ München 1883 mitten in den Planungsarbeiten, um die dortigen Elektrizitätswerke einzurichten. Jedoch hatte er die Weichen in München gestellt und die Verantwortlichen in heller Begeisterung für den Strom zurückgelassen. So schritten auch ohne ihn die Pläne voran. Bei Maria Einsiedel wurde ein Grundstück zum Kraftwerksbau gekauft, weitere Werke wurden geplant: bei der Großhesseloher Brücke, in der Westenriederstraße und unterhalb der Maximiliansbrücke. Doch plötzlich hieß es „Stopp!“. Die Gasbeleuchtungsgesellschaft pochte auf ihr Recht, die Straßen der Stadt alleine beleuchten zu dürfen.

Die Entwicklung der Münchner Erzeugungsanlagen kam zum Erliegen. Vor Gericht wurde Einspruch eingelegt, neue Verhandlungen wurden veranlasst. Diese brachten zumindest beschränkte Befugnisse: Bis zum Ablauf der Verträge mit der Gasbeleuchtungsgesellschaft, so hieß es, dürfe man Beleuchtungsanlagen für das Rathaus und den Stadtkern errichten. So entstanden 1891 das Wasserkraftwerk in der Westenriederstraße und zwei Jahre später das Muffatwerk in der Zweibrückenstraße. Theater, Bahnhöfe und öffentliche Gebäude erstrahlten bald in neuem Licht. Allerdings musste München

Oskar von Miller bot München eine „elektrisierende“ Show.



Innovator für München: Friedrich Uppenborn.

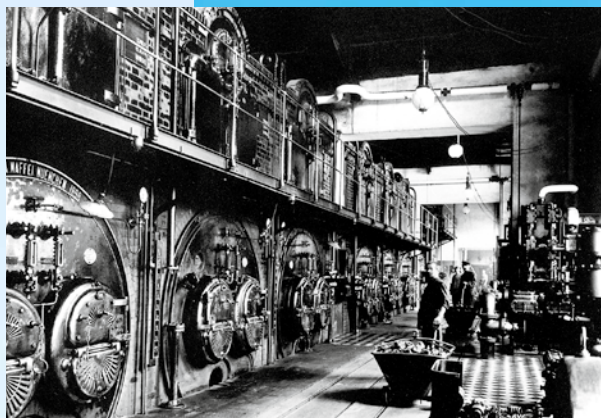


Das alte Uppenbornwerk 1907.





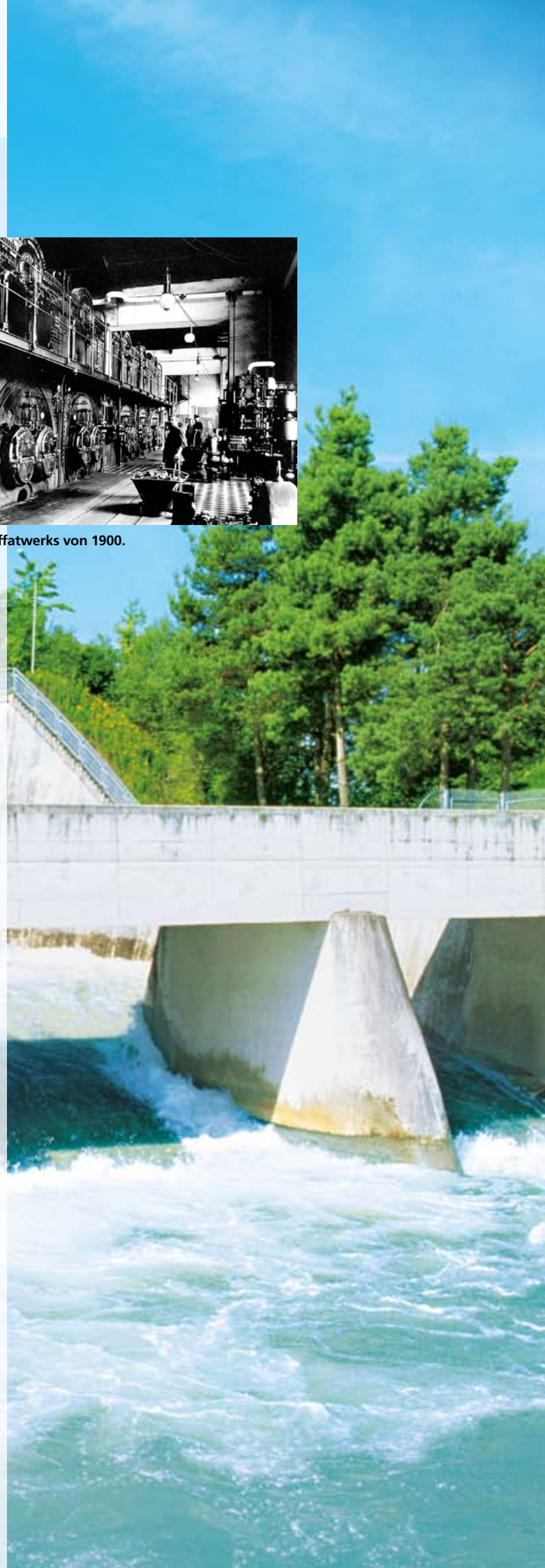
Das Muffatwerk um 1900.



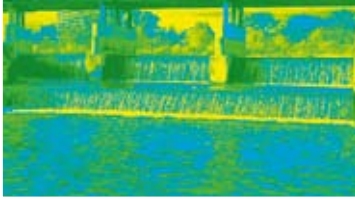
Kesselhaus des Muffatwerks von 1900.

unzählige Einzelanlagen zur Stromerzeugung und -umwandlung bauen, denn nach dem Vertrag mit der Gasbeleuchtungsgesellschaft durften Leitungen nicht über die Straße gelegt werden. Wichtigster Mann für den Münchner Strom zu dieser Zeit war Friedrich Uppenborn. 1894 ernannte man ihn zum städtischen Elektrotechniker. Er gründete das „Beleuchtungsamt“ und trieb die Entwicklung der Elektrizität in München schnell voran. Als dann 1899 endlich der Vertrag der Gasanstalt mit der Stadt auslief, hatte Uppenborn schon alle wichtigen Vorbereitungen getroffen: Münchens erstes Dampfkraftwerk übernahm die Stromversorgung, unterstützt durch kleinere Wasserkraftwerke wie das Maxwerk.

Als die elektrische Straßenbahn ans Netz ging, erhöhte Uppenborn die Leistung des Muffatwerks. Jedoch war abzusehen, dass die bestehenden Kraftwerke den explosionsartig steigenden Stromverbrauch nicht lange decken würden. So war Uppenborn gezwungen, sich nach weiteren Standorten zur Stromerzeugung umzusehen. Bald fand er eine geeignete Stelle unterhalb von Moosburg und ließ hier ein Kraftwerk errichten mit einer noch nie da gewesenen Spannung von 50.000 Volt! Das Werk wurde am 6. Juli 1907 eingeweiht. Im Andenken an den verstorbenen Schöpfer erhielt das Kraftwerk seinen Namen. Das alte Uppenbornwerk ist nicht mehr in Betrieb – zwei Nachfolge-Kraftwerke flussabwärts liefern heute aber Strom für Moosburg und Umgebung sowie für München.







Weltweit spielt die Wasserkraft eine sehr große Rolle unter den regenerativen Energien – auch bei den Stadtwerken München.

## **Der Freistaat Bayern baut auf Wasser!**

Weltweit deckt Wasserkraft bereits die Energie, die sonst durch 400 Kernkraftwerke erzeugt werden müsste. Asien führt die Rangliste vor Europa, Nord- und Mittelamerika an. Deutschland glänzt mit rund 20 Milliarden kWh Strom jährlich. Von dieser Menge könnten umgerechnet vier Millionen Familien mit zwei Kindern jedes Jahr ihren Haushalt betreiben.

Eine Vorreiterrolle in Deutschland hat dabei Bayern. Seine natürlichen Gegebenheiten – Speicherkraftwerke in den Alpen und viele Flüsse – werden bestens genutzt: Rund 13,6 Prozent des Stroms werden hier aus Wasserkraft erzeugt. Zum Vergleich: In Gesamtdeutschland sind es nur etwa vier Prozent. Zehn Wasserkraftwerke werden von den SWM betrieben, einige davon sogar mitten in der Stadt! Da bei der Stromherstellung kein CO<sub>2</sub> anfällt, entlasten diese Wasserkraftwerke das Klima beträchtlich: Rund 131.000 t CO<sub>2</sub>-Emissionen werden so jedes Jahr eingespart. Das schont die Umwelt.

## **Wasserkraftwerke: genial konzipiert**

Wasserkraft wird seit mehreren Tausend Jahren zur Verrichtung von Arbeit genutzt. Aus den ursprünglich eingesetzten einfachen Wasserrädern entwickelten sich im Laufe der Zeit die heutigen Turbinen. Ein Wasserkraftwerk besteht aus mindestens einer Turbine und einem Generator, um Strom erzeugen zu können. Um die natürlichen Gegebenheiten an Flüssen und Seen optimal auszunutzen, sind die Kraftwerke auf ihren jeweiligen Einsatzort zugeschnitten. Die SWM nutzen sowohl Pumpspeicher- als auch Laufwasserkraftwerke in der Region um München für die Erzeugung von regenerativem Strom.

## **▶ Laufwasserkraftwerke**

Laufwasserkraftwerke wie die Isarwerke der SWM nutzen das Wasserdargebot und das natürliche Gefälle zur kontinuierlichen Energiegewinnung. Das Prinzip ist einfach: Fließt Wasser durch eine Turbine, dreht diese sich. Die Drehbewegung der Turbine wird auf den Generator übertragen. Der Generator wandelt diese Bewegungsenergie in elektrische Energie um.

## **▶ Pumpspeicherkraftwerke**

Pumpspeicherkraftwerke befinden sich immer zwischen zwei Seen, die häufig künstlich angelegt werden. Das aus einem Fluss zufließende Wasser wird zunächst im oberhalb des Kraftwerks gelegenen See gespeichert. Dieser See wird als Oberbecken bezeichnet. Bei Strombedarf wird das Wasser über eine Fallrohrleitung an die Turbinen des Kraftwerks geführt. Die Turbinen geben, wie schon beim Laufwasserkraftwerk, die Drehbewegung an die Generatoren weiter, welche Strom erzeugen. Nachdem das Wasser durch die Turbinen geflossen ist, gelangt es in den unterhalb des Kraftwerks gelegenen See, das Unterbecken. Aus diesem wird das Wasser wieder in den Fluss geleitet.

Bei niedrigem Strombedarf, zum Beispiel nachts, ist es möglich, mit einem Pumpspeicherwerk elektrische Energie zu speichern. Mithilfe von Pumpen gelangt das Wasser über das gleiche Fallrohr, über das es tagsüber vom Oberbecken in die Unterbecken floss, wieder aus den Unterbecken nach oben. Im Oberbecken steht es dann wieder bereit, um bei Bedarfsspitzen tagsüber Strom zu erzeugen. Südlich von München betreiben die SWM mit den Leitzachwerken solche Pumpspeicherwerke. Die Leitzachwerke nutzen dabei Wasser aus drei Flüssen und sammeln es im Seehamer See.



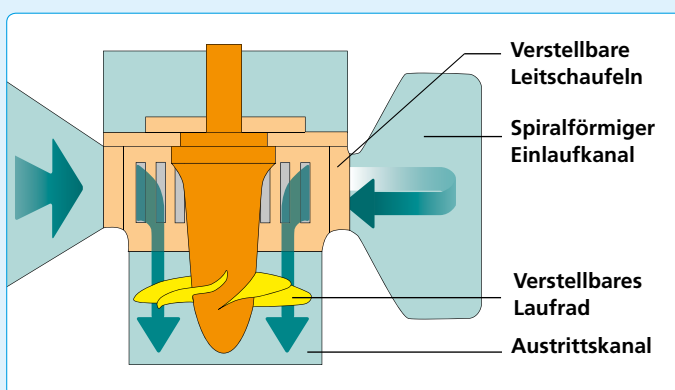
Pumpspeicherkraftwerke sind auch für den Ausbau der regenerativen Energieerzeugung insgesamt unverzichtbar. Sie können die überschüssig produzierte Energie in Schwachlastzeiten in großen Mengen zwischenspeichern. Da diese Energie dem Netz auf Abruf wieder zugeführt werden kann, wirkt das Pumpspeicherkraftwerk wie eine überdimensionale Batterie für regenerative Kraftwerke.

### ► Turbinen

Herzstück jedes Wasserkraftwerks ist die Turbine. Je nach Fallhöhe und Wassermenge werden verschiedene Arten eingesetzt. Am weitesten verbreitet sind die Francis- und die Kaplan-Turbine. Francis-Turbinen sind ideal für Standorte mit ständig gleichbleibender Fallhöhe und Wassermenge. An Gewässern, an denen sich Fallhöhe und Wassermenge stark ändern, sind Kaplan-Turbinen vorteilhaft. Durch ein verstellbares Laufrad können diese sich auf die geänderten Betriebsbedingungen besser einstellen. Hierdurch bleibt der Wirkungsgrad trotzdem über ein weites Band gut.

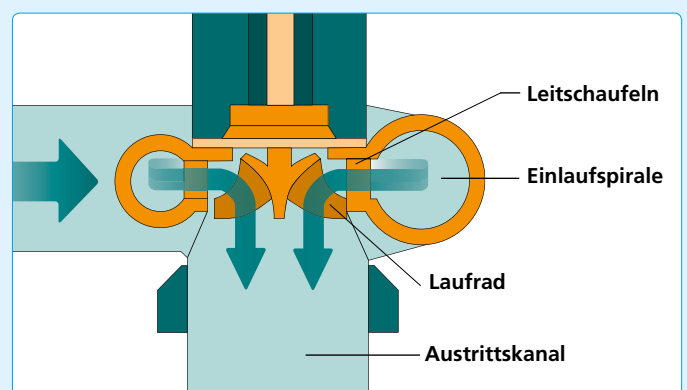


## Die zwei wichtigsten Turbinentypen



### Kaplan-Turbine:

Für veränderliche Wassermengen und Fallhöhen wurde die Kaplan-Turbine entwickelt. Bei ihr lassen sich sowohl die Schaufeln des Laufrades (ähnlich einem Schiffspropeller) als auch die Zuleitung durch die Leitschaufeln verstellen.



### Francis-Turbine:

Bei der Francis-Turbine wird das Wasser durch verstellbare Leitschaufeln auf die gegenläufig gekrümmten Schaufeln des Laufrades (innen) gelenkt.



# SWM Wasserkraftwerke Starke Leistung!

Zehn Wasserkraftwerke nutzen die Stadtwerke München zur Erzeugung von regenerativem und somit klimaschonendem Strom für München. Weitere Wasserkraftwerke sind in Planung. Die Standorte im Überblick:

## Isarwerke

Unterhalb von Baierbrunn wird der Werkkanal von der Isar abgeleitet. Etwas oberhalb der Großhesseloher Brücke geht

er in den Besitz der SWM über. Hier befinden sich die drei Isarwerke, die mit Wasser aus diesem Kanal gespeist werden.

## Standorte der Energieanlagen (ohne Kernkraftbeteiligung Isar 2 in Ohu)



\* mit SWM Beteiligung, Stand 05/2008





**Das Wasser in den Becken der Leitzachwerke wird nach Bedarf öfter verwendet.**

### **Maxwerk**

Am Auer Mühlbach, kurz vor der Einmündung in die Isar, wurde das Maxwerk errichtet. Hier diktierte der königliche Hof, der vor über hundert Jahren den Grund zur Verfügung stellte, die Architektur: Das Kraftwerk wurde im Stil eines Lustschlösschens gebaut.

### **Leitzachwerke**

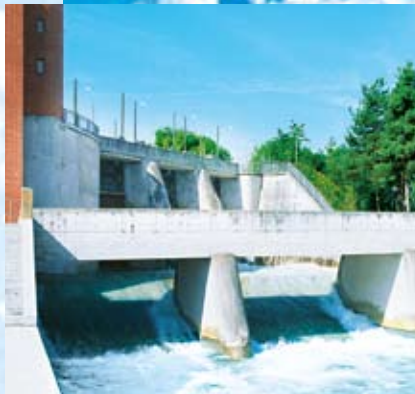
Die Leitzachwerke nutzen das Wasserdargebot der Flüsse Mangfall, Leitzach und Schlierach. Das Wasser wird im Seehamer See gespeichert und den Leitzachwerken bei Bedarf zugeführt. Nachdem es über die Turbinen geflossen ist, wird es wieder in die Mangfall eingeleitet. Als Unterbecken dienen drei künstliche Becken in Vagen. Von hier kann das Wasser zum Energiespeichern in den Seehamer See zurückgepumpt werden.

### **Uppenbornwerke**

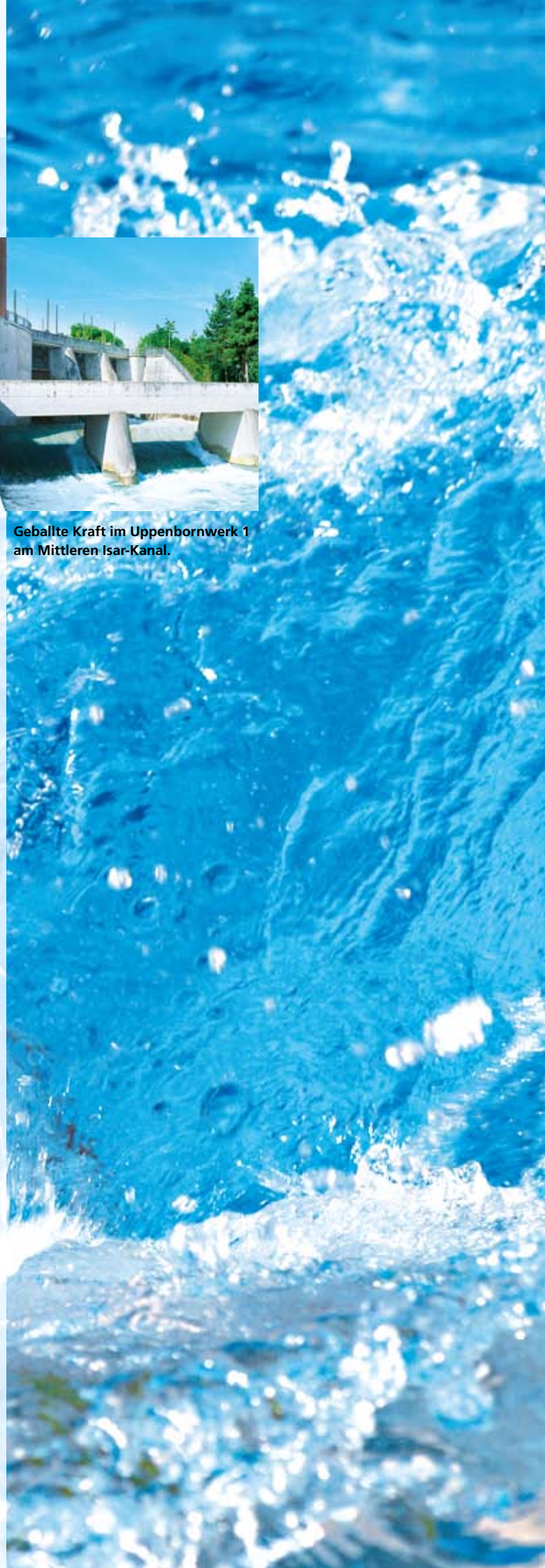
Rund 60 km nördlich von München zwischen Moosburg und Landshut gelegen, nutzen die beiden Kraftwerke den Mittleren Isar-Kanal zur Stromproduktion.

### **BoB: Ökologisch und ökonomisch zugleich**

Um die Wirtschaftlichkeit der Wasserkraft sicherzustellen, haben die SWM alle Anlagen in den letzten Jahren modernisiert und auf einen „Betrieb ohne Beaufsichtigung“ (BoB) umgerüstet. Ein modernes Leitsystem steuert und überwacht seither den vollautomatischen Betrieb der Anlagen.



**Geballte Kraft im Uppenbornwerk 1 am Mittleren Isar-Kanal.**







# SWM Wasserkraftwerke Isarwerke, Stadtbachstufe und

Als erstes Wasserkraftwerk am Werkkanal im Bereich der Stadt München erbaute der Architekt August Blößner in den Jahren 1906 bis 1908 das Isarwerk 1. Seit 1993 steht es unter Denkmalschutz. In den Jahren 1920 bis 1923 wurden unter Ausnutzung des noch zur Verfügung stehenden Isargefälles die Laufwasserkraftwerke Isarwerk 2 und Isarwerk 3 errichtet. Oberhalb des Isarwerks 1 werden die Floßblände und unterhalb der Auer Mühlbach aus dem Werkkanal gespeist. Dort befindet sich das älteste Wasserkraftwerk der SWM, das 1895 errichtete Maxwerk.

## Isarwerk 1

Etwa 1,8 km unterhalb der Wehranlage Großhesselohe liegt das Laufwasserkraftwerk Isarwerk 1 – am Werkkanal, der unterhalb von Baierbrunn von der Isar ausgeleitet wird. Bei einem Gefälle von ca. 5,75 m können seine Turbinen maximal 65 m<sup>3</sup>/s Wasser verarbeiten. Die gesamte Leistung wird auf drei Maschinensätze (Turbine/Generator) aufgeteilt. Jeder der drei Drehstrom-Synchrongeneratoren wird von einer Francis-Doppelzwillingturbine mit horizontaler, in

Flussrichtung angeordneter Welle angetrieben. Im Durchschnitt erzeugt das Kraftwerk pro Jahr 15 Millionen kWh Öko-Strom.

## Isarwerk 2

Das Laufwasserkraftwerk Isarwerk 2 wurde rund 2,2 km unterhalb des Isarwerks 1 am Werkkanal erbaut. Bis Frühjahr 2009 standen zwei Francis-Doppelzwillingturbinen mit Heberkessel im Krafthaus. Bei einem Gefälle von 4,2 m und einer maximalen Wassermenge von 37,4 m<sup>3</sup>/s bei jedem Turbinensatz leisteten die Turbinen bisher jeweils 1,1 MW. Die durchschnittliche Jahresproduktion lag bei zehn Millionen kWh. Links und rechts des 1976 umgebauten Leerschusses sind Saugheber eingebaut. Diese unterstützen die Wasserführung bei Bedarf selbsttätig. Über zwei sogenannte Entlastungsschütze kann Wasser aus dem Werkkanal in die Isar geleitet werden.

Bis Februar 2010 werden die beiden aus den Zwanzigerjahren stammenden Francis-Turbinen durch vier Kaplan-

Turbinen ersetzt. Ziel war die Verbesserung des Wirkungsgrades und die Erhöhung der Energiegewinnung im Isarwerk 2. Dadurch kann die Jahresarbeit um ca. 18 Prozent gesteigert und noch mehr regenerative Energie erzeugt werden.

## Isarwerk 3

Das Laufwasserkraftwerk Isarwerk 3 wurde direkt unterhalb der Braunauer Eisenbahnbrücke am Ende des Werkkanals erbaut. Anfangs waren zwei Ma-



### Isarwerk 1

► Baujahr: 1906 – 1908;  
3 Francis-Doppelzwillingturbinen; Wasserdurchfluss: bis 3 x 21,5 m<sup>3</sup>/s; Leistung: 3 x 0,8 MW; mittl. jährl. Erzeugung: 15 Mio. kWh.



### Isarwerk 2

► Baujahr: 1921 – 1923;  
4 Kaplan-Turbinen geplant  
Das Isarwerk 2 befindet sich gerade im Umbau.



### Isarwerk 3

► Baujahr: 1921 – 1923;  
2 Kaplan-Rohrturbinen;  
Durchfluss: 2 x 32,5 m<sup>3</sup>/s;  
Leistung: 2 x 1,6 MW;  
mittl. jährl. Erzeugung: 17 Mio. kWh.



### Maxwerk

► Baujahr: 1895; Propellerturbine;  
Leistung: 0,41 MW; mittl. jährl. Erzeugung: 2,7 Mio. kWh.



### Stadtbachstufe

► Wasserschnecke am Stadtbach vor der Einhausung zugunsten des Schallschutzes; mittl. jährl. Erzeugung: 0,4 Mio. kWh.



# Maxwerk

schinensätze mit unterschiedlichen Fallhöhen in der Isarstufe und der Stadtbachstufe installiert. Durch Auflassen eines Großteils der Münchner Stadtbäche sank der Wasserbedarf auf derzeit  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Aus diesem Grund wurde das Kraftwerk 1977 umgebaut. In das alte Gebäude installierte man zwei Kaplan-Rohrturbinen mit einer Leistung von je  $1,6 \text{ MW}$ . Bei einem Durchfluss von insgesamt  $65 \text{ m}^3/\text{s}$  nutzen sie das Gefälle zur Isar von ca.  $5,70 \text{ m}$  aus. Die mittlere Jahresproduktion liegt bei 17 Millionen kWh.

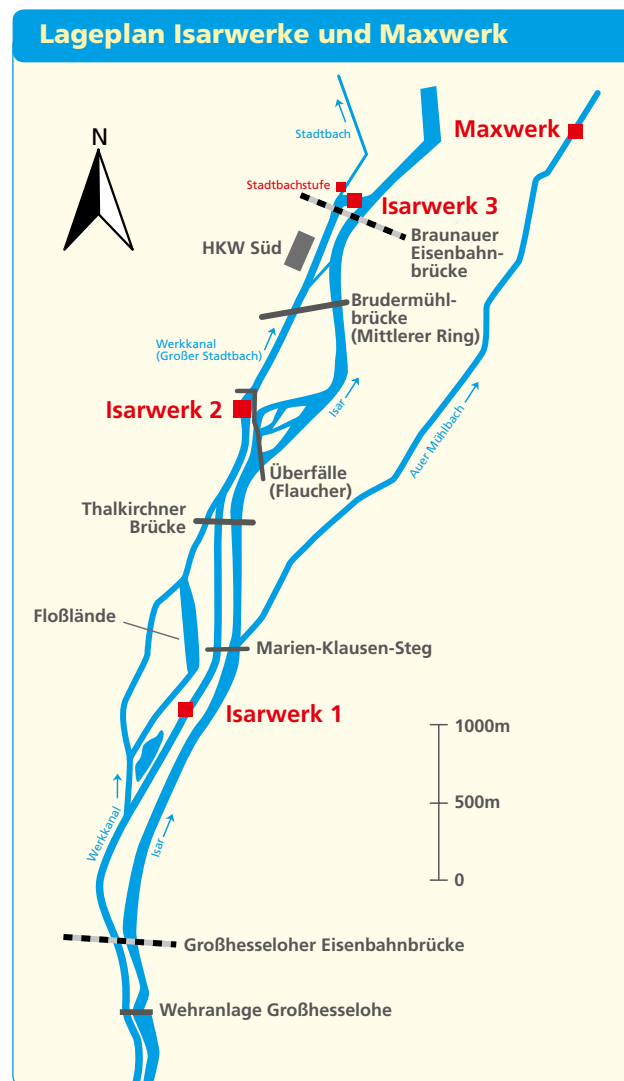
## Stadtbachstufe

Um die Gefällestufe des Stadtbachs in Höhe des Isarwerks 3 zu nutzen, bauten die SWM 2006 ihr derzeit jüngstes Wasserkraftwerk, die Stadtbachstufe, nach dem Prinzip der Archimedischen Schraube (Wasserschnecke). Bei einer nutzbaren Wassermenge von ca.  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  und einer mittleren Fallhöhe von  $2,9 \text{ m}$  werden hier durchschnittlich  $50 \text{ kW}$  erzeugt.

## Maxwerk

Am Auer Mühlbach, kurz vor der Mündung in die Isar, wurde das Maxwerk im Stil eines barocken Gartenschlösschens errichtet. Ursprünglich speisten zwei über Francis-Turbinen angetriebene Gleichstromgeneratoren die erzeugte Energie in das Dampfkraftwerk Muffatwerk ein. Der Gleichstrom diente dem Trambahnbetrieb und der Straßenbeleuchtung.

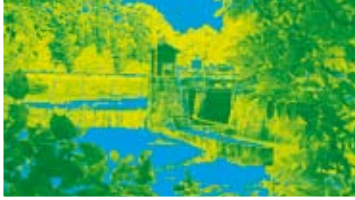
Die maschinentechnischen Einrichtungen wurden mehrmals umgebaut und erneuert. 1976 baute man den Gleichstromgenerator ab. Eine Propellerturbine aus dem Jahr 1953 treibt seitdem einen Drehstrom-Asynchron-Generator an. Aus dem konstanten Wasserdargebot von  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  wird bei einem Gefälle von  $4,8 \text{ m}$  eine Leistung von  $0,41 \text{ MW}$  gewonnen. Jährlich ergibt das rund 2,7 Millionen kWh erzeugt. Zum Schutz gegen Überflutung unterstützen ein Leerschuss und eine Stauklappe die Wasserführung.



## Klima- und Naturschutz im Einklang:

### Wasserkraftnutzung und Isar-Renaturierung

Modernisierung und Betrieb der Isarkraftwerke berücksichtigen auch die Isar-Renaturierung: Mit ihren modernen Turbinen kann auch bei niedrigem Wasserstand eine höhere elektrische Leistung als bei Turbinen älterer Bauart gefahren werden. Damit stellen die SWM sicher, dass die renaturierte Isar auch nach ökologischen Gesichtspunkten ausreichend Wasser führt und die Flusslandschaft eine attraktive Freizeitoase bleibt. Selbstverständlich wird dabei die Sensibilität des Ökosystems berücksichtigt, notwendige Eingriffe erfolgen möglichst umweltschonend.



# SWM Wasserkraftwerke

## Leitzachwerke

Die Leitzachwerke 1 und 2 sind Pumpspeicherkraftwerke mit zusammen drei Maschinensätzen und einer Gesamtleistung von ca. 100 MW. Sie nutzen die dargebotene Wassermenge der Flüsse Leitzach, Mangfall und Schlierach. Als Oberwasserspeicher dient der Seehamer See mit einer Fläche von ca. 1,1 km<sup>2</sup>. Das Unterwassersystem besteht aus drei miteinander verbundenen künstlichen Becken mit einer Fläche von 0,5 km<sup>2</sup>. Die Pendelwassermenge von zwei Millionen m<sup>3</sup> kann in diesen Seen gespeichert werden. Der Zufluss ist durch das Fassungsvermögen der Überleitungsstollen begrenzt und beträgt maximal 24 m<sup>3</sup>/s.

### Leitzachwerk 1

In den Jahren 1980 bis 1983 entstand anstelle des alten Kraftwerkes das Leitzachwerk 1 neu. Im Krafthaus wurde eine Pumpturbine mit vertikaler Welle installiert. Die Turbinenleistung beträgt 49 MW, die Pumpleistung liegt bei 45,4 MW. Der Turbinenbetrieb verarbeitet bei Volllast 46,9 m<sup>3</sup>/s Triebwasser, im Pumpbetrieb werden 32,6 m<sup>3</sup>/s Wasser hochgepumpt. Die Triebwasserleitung mit einem Durchmesser von 4 m verläuft unterirdisch, für den Druckausgleich bei den Anfahr- und Abstellvorgängen dient ein sogenanntes Wasserschloss.



#### Leitzachwerk 1

► Baujahr: 1983;  
1 Pumpturbine; Gefälle:  
128 m; Drehzahl: 333,3 U/min;  
Wasserdurchfluss: 46,9 m<sup>3</sup>/s;  
Leistung: 49 MW;  
mittl. jährl. Erzeugung:  
85,9 Mio. kWh.



#### Leitzachwerk 2

► Baujahr: 1960, 2 Francis-Spiralturbinen/Hochdruck-Speicherpumpen; Gefälle:  
128 m; Drehzahl: 428 U/min;  
Wasserdurchfluss: 21,7 m<sup>3</sup>/s;  
Leistung: 24,6 MW;  
mittl. jährl. Erzeugung:  
56,1 Mio. kWh.



#### Leitzachwerk 3

► Baujahr: 1965; 2 Kaplan-Rohrturbinen; Gefälle: 2 – 4,8 m;  
Drehzahl: 253/760 U/min;  
Wasserdurchfluss:  
6,9 – 9,0 m<sup>3</sup>/s; Leistung:  
0,1 – 0,38 MW; mittl. jährl.  
Erzeugung: 1,7 Mio. kWh.

### Leitzachwerk 2

In den Jahren 1958 bis 1960 entstand das Leitzachwerk 2. In seinem Krafthaus sind zwei Maschinensätze mit horizontaler Welle aufgestellt. Die Nennleistung pro Maschinensatz beträgt 24,6 MW, die Pumpleistung liegt bei 18,4 MW. Bei Volllast werden pro Maschine 21,7 m<sup>3</sup>/s Triebwasser verarbeitet, bei Pumpbetrieb können maximal 13,1 m<sup>3</sup>/s hochgepumpt werden. Ein Maschinensatz besteht aus Turbine, Generator bzw. Motor, Kupplung und Pumpe. Im Turbinenbetrieb ist die Pumpe abgekuppelt. Im Pumpbetrieb wird der Motor über die Turbine auf Drehzahl gebracht, bevor er an das Stromnetz geschaltet werden kann. Anschließend wird das Wasser in der Turbine mit Druckluft ausgeblasen, und die Turbine dreht die Luft ohne nennenswerten Widerstand mit. Die Triebwasser-





(l.) Die Maschinenhalle im Leitzachwerk 2.

(r.) Blick auf die Leitzachwerke mit Speichersee.

leitung mit einem Durchmesser von 4 m verläuft teilweise unterirdisch. Auch hier dient für den Druckausgleich bei den Anfahr- und Abstellvorgängen ein Wasserschloss.

### Leitzachwerk 3

Um das von 2 bis 4,8 m schwankende Gefälle am Auslauf der Unterwasserbecken in die Mangfall auszunutzen, errichtete man von 1963 bis 1965 das Leitzachwerk 3 als Laufwasserkraftwerk mit zwei Kaplan-Rohrturbinen. Es hat die Aufgabe, die den Flüssen Mangfall, Leitzach und

Schlierach während eines Tages entnommene Wassermenge kontrolliert in die Mangfall einzuleiten.

### Seehamer See

Der Seehamer See und die Unterwasserbecken dienen als Brut- und Rastplätze für viele Zug-, Streich- und Standvögel. In mehreren beruhigten Zonen entstand ein Landschaftsschutzgebiet von übergeordneter Bedeutung. Der See und seine angrenzenden Ufer- und Moorbereiche stehen seit 1960 unter Landschaftsschutz.



Beeindruckende Naturidylle am Seehamer See.



# SWM Wasserkraftwerke Uppenbornwerke

Uppenbornwerk 1 und 2 sind Laufwasserkraftwerke, die den Mittleren Isar-Kanal zur Stromproduktion nutzen. Das Uppenbornwerk 1 ging 1930 in Betrieb. Seitdem sind die baulichen Anlagen, Turbinen und Generatoren im Wesentlichen unverändert geblieben. Das Uppenbornwerk 2 wurde in den Jahren 1949 bis 1951 etwa 8 km unterhalb des ersten Werkes erbaut. Beide Uppenbornwerke leisten zusammen 44 MW.

## Uppenbornwerk 1

Auf dem Kraftwerksgelände befinden sich gleich neben dem Hauptgebäude mit den drei Maschinensätzen auch der Leerschuss und eine 110-kV-Schaltanlage. Jeder der drei Maschinensätze leistet 8,8 MW. Der einzelne Maschinensatz besteht aus einer Kaplan-Turbine mit stehender Welle und dem darüber angeordneten Generator. Turbine und Generator sind fest miteinander verbunden und drehen sich mit 125 U/min. Der gesamte Maschinensatz ist 21 m hoch. Die Schenkelpol-Generatoren haben eine Spannung von 5.000 V. Von den Generatoren fließt die elektrische Energie in die 5-kV-Schaltanlage. Ein 5/110-kV-Transformator überträgt den Strom in die

110-kV-Schaltanlage. Von dort transportieren Freileitungen die elektrische Energie nach Moosburg und München. Das Wasser fließt am Kraftwerkseinlauf zuerst durch den Rechen, der Fische und groben Schmutz zurückhält. Es strömt dann in den spiralförmigen Raum rund um die Kaplan-Turbine. Die 24 verstellbaren Leitschaufeln der Turbine führen die Wasserströmung weiter im optimalen Anström-Winkel auf die ebenfalls verstellbaren fünf Laufschaufeln. Unterhalb der Turbine verlässt das Wasser durch den Saugschlauch das Kraftwerk.

## Uppenbornwerk 2

Das Uppenbornwerk 2 liegt 8 km unterhalb des Uppenbornwerks 1 am Ende der Kraftwerkstreppe des Mittleren Isar-Kanals. Es ist für eine Wassermenge von 200 m<sup>3</sup>/s und einem maximalen Gefälle von 10,6 m ausgelegt. Wie im Uppenbornwerk 1 wurden hier drei Kaplan-Turbinen mit senkrechter Welle und darüber angeordnetem Generator installiert. Das Uppenbornwerk 2 hat die Aufgabe, das in Oberführung der Isar entnommene Wasser wieder gleichmäßig an den Fluss zurückzugeben. Aus diesem Grund ist jeder Turbine eine sogenannte Leerschusschürze zugeord-

### Uppenbornwerk 1

► Baujahr: 1928 –1930; 3 Kaplan-Turbinen; Gefälle: 8,8 –14,5 m;  
Drehzahl: 125 U/min; Wasserdurchfluss: 3 x 89.4 m<sup>3</sup>/s;  
Leistung: 3 x 8,8 MW; mittl. jährl. Erzeugung: 87 Mio. kWh.



### Uppenbornwerk 2

► Baujahr: 1949 –1951; 3 Kaplan-Turbinen; Gefälle: 7,7 –10,6 m;  
Drehzahl: 136,3 U/min; Wasserdurchfluss: 3 x 66.7 m<sup>3</sup>/s;  
Leistung: 3 x 6 MW; mittl. jährl. Erzeugung: 76 Mio. kWh.







net, die sich beim Ausfall der Turbine automatisch öffnet und dann genau die Wassermenge freigibt, die vorher durch die Turbine floss.

**Umweltschutz hat Priorität**

Die Speicherseen bieten Lebensraum für eine artenreiche Tierwelt. In ihrem Bereich wurden bereits mehr als 180 Vogelarten beobachtet, darunter viele selten gewordene Exemplare. Der Echinger Speichersee ist Rastplatz für

zahlreiche durchziehende Wattvögel und Brutrevier für viele bedrohte Vogelarten. Die SWM laden ihre gefiederten Gäste mit dem Bau von Brutinseln ein. Beide Speicherseen werden auch von Fischern genutzt. Sie sind mit Karpfen, Schleie, Zander und Hecht besetzt.

(o.) Der Turbinenauslauf beim Uppenbornwerk 1.  
(u.) Die Pumpstation Apoig.





# Naturschutz Lebensraum für Flora und Fauna

Stromerzeugung aus Wasserkraft und Naturschutz – das geht zusammen! Der Erfolg der Stadtwerke München mit ihrem Konzept der umweltverträglichen Bebauung beweist es.

## Aus der Natur – für die Natur

Der Bau eines Wasserkraftwerkes greift in die Natur ein, das ist klar. Stauseen, Kanäle, Wehranlagen müssen angelegt und die neuen Wasserläufe mit Dämmen und Uferbefestigungen gesichert werden. Die SWM haben sich immer bemüht, bauliche Maßnahmen der örtlichen Umgebung umweltverträglich anzupassen. Im Laufe der Jahre sind in den Anlagen auch wichtige Lebensräume für bedrohte Tierarten entstanden.

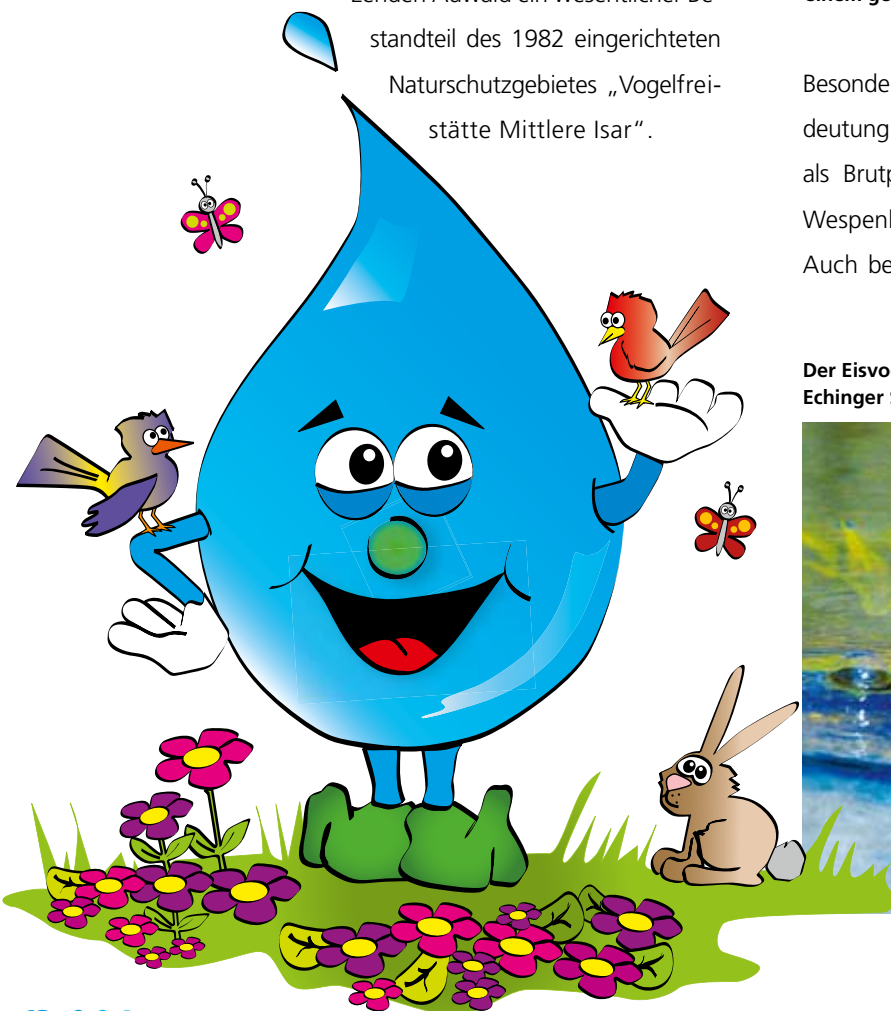
Mit den Uppenbornwerken wurden der Moosburger und der Echinger Speichersee angelegt. Sie sind mit dem angrenzenden Auwald ein wesentlicher Bestandteil des 1982 eingerichteten Naturschutzgebietes „Vogelfreistätte Mittlere Isar“.



Die Speicherseen der Uppenbornwerke sind zu einem geschützten Biotop geworden.

Besonders der Echinger Speichersee hat überregionale Bedeutung als Rastquartier für durchziehende Wattvögel und als Brutplatz für bedrohte Vogelarten wie Schwarzmilan, Wespenbussard, Gänsesäger, Eisvogel und Raubwürger. Auch bei den Leitzachwerken entstand mit dem Seehamer

Der Eisvogel gehört zu den bedrohten Vogelarten, die am Echinger Speichersee eine optimale Zuflucht gefunden haben.





See als Oberwasserspeicher ein Naherholungsgebiet für die gesamte Region. Der See und seine angrenzenden Ufer- und Moorbereiche stehen seit 1960 unter Landschaftsschutz.

In den Seen legten die SWM in Absprache mit der Naturschutzbehörde zusätzlich Vogelinseln für die stark bedrohte Flusseeeschwalbe an. Die Uferbefestigungen und Dammböschungen wurden mit Wasserbausteinen aus der Region (Raibler Kalk, Dolomit) errichtet. So konnte die Natur hier problemlos Einzug halten. Eine bunte Pflanzenvielfalt hat sich an den Kanälen angesiedelt, zum Beispiel die Hummelragwurz, eine sehr seltene Orchideenart. Und die Böschungen sind heute Heimat für viele bedrohte Tierarten wie Feldhase, Ringelnatter und Zauneidechse.

### **Sauberer Flusslauf**

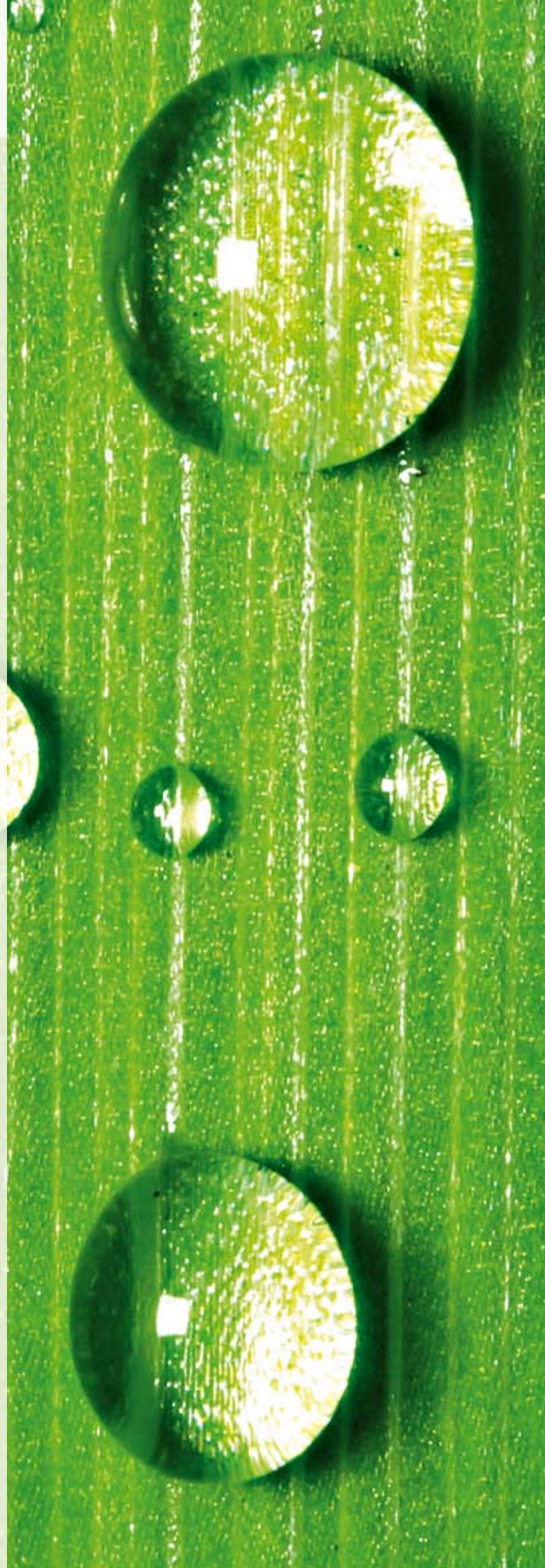
Die Wasserkraftwerke der SWM halten Isar, Leitzach und andere Gewässer im Münchner Umland sauber. Das dem Wasserlauf entnommene Schwemmgut enthält neben natürlichem Material wie Laub, Gras und Ästen oft Glas- und Plastikflaschen, Tüten, Schaumstoffreste und Blechdosen. Auch Matratzen, Möbelstücke, Einkaufswagen, Fahrräder und Kleidungsstücke sind keine Seltenheit. Das angesammelte Schwemmgut wird an den Rechenanlagen der Wasserkraftwerke herausgenommen und fachgerecht entsorgt. Organisches Material landet auf dem Kompost.



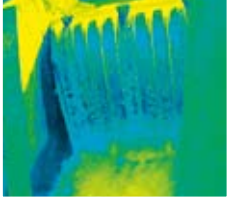
**An den Kanälen der SWM zu Hause: die seltene Hummelragwurz.**



**Der Echinger Speichersee bietet ein optimales Brutrevier für seltene Vogelarten wie den Schwarzmilan.**







M-Natur

# Ausgezeichneter Öko-Strom

M-Natur – ein gutes Zeichen für Energiegewinnung im Einklang mit der Natur. Und ein Bekenntnis aller umweltbewussten Münchner, die dabei auf ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis nicht verzichten wollen.



München wird von den SWM mit ausgezeichnetem Öko-Strom beliefert.

Rund 6.300 Privat- und Gewerbekunden haben sich bereits für M-Natur entschieden. Auch viele Geschäftskunden wie das Tollwood Festival, der Deutsche Alpenverein und über die Hälfte der Aussteller und Wirte auf dem Oktoberfest setzen mit M-Natur ein Zeichen.

## Das Öko-Strom-Angebot der SWM

Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung zählen zu den Unternehmensleitlinien der SWM. Die Energie für München wird mit modernster Technik und nach hohen Umweltstandards erzeugt. M-Strom ist ein Energiemix aus umweltschonenden Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und regenerativen Energiequellen wie Wasser, Sonne, Wind oder Biomasse. M-Natur, das Öko-Strom-Angebot der SWM, ist das Optimum in Sachen Umweltschutz.

## Die SWM Garantie

M-Natur Kunden erhalten zu 100 Prozent Strom aus regenerativen Energiequellen. Die SWM investieren den Aufpreis von 1,82 Cent je kWh Öko-Strom ebenfalls zu 100 Prozent in den weiteren Ausbau der regenerativen Energieerzeugung. Viele gute Gründe, jetzt auf M-Natur umzusteigen.

## EMAS – geprüftes Umweltmanagement

Die SWM unterziehen sich der EG-Öko-Audit-Verordnung, kurz EMAS (Eco Management and Audit Scheme), einem der erfolgreichsten Umweltmanagementsysteme in Deutschland. EMAS ist das System mit den höchsten Anforderungen an die Betriebe und deren Umweltleistung.

Bei den SWM sind bereits alle Energieerzeugungsanlagen (sie waren die Vorreiter), alle Wassergewinnungsanlagen, alle M-Bäder sowie alle Netze EMAS-zertifiziert.







Die Kraft des Wassers – in München ökologisch bestmöglich genutzt.





# SWM Wasserkraft Technische Daten

|                                | Isarwerk 1   | Isarwerk 2                            | Isarwerk 3                      | Maxwerk  | Stadtbachstufe                          |
|--------------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------|--|---|
| <b>Baujahr</b>                 | 1906 – 1908  | 1921 – 1923<br>Teilerneuerung<br>2009 | 1921 – 1923<br>1977 – 1978 ern. | 1895<br>1927 umgebaut<br>1953 saniert<br>1976 erneuert | 2006                                    |
| <b>Anzahl der Maschinen</b>    | 3  | 4 geplant                             | 2                               | 1  | 1                                       |
| <b>Gefälle</b>                 | ca. 5,6 m  | ca. 4,2 m geplant                     | ca. 5,7 m                       | ca. 4,8 m  | ca. 2,9 m                               |
| <b>Turbinenart</b>             | Francis-Doppelzwillingturbine mit horizontaler Welle | Kaplan-Turbinen mit vertikalen Wellen | Kaplan-Rohrturbine              | Propellerturbine                                       | Archimedische Schraube (Wasserschnecke) |
| <b>Durchfluss</b>              | 3 x 21,5 m³/s  | 70 m³/s geplant                       | 2 x 32,5 m³/s                   | 10 m³/s  | 2,5 m³/s                                |
| <b>Leistung</b>                | 3 x 800 kW   | 4 x 630 MW geplant                    | 2 x 1,6 MW                      | 410 kW   | 50 kW                                   |
| <b>Drehzahl Turbine</b>        | 150 U/min  | 158 U/min                             | 157 U/min                       | 180 U/min  | 28 U/min                                |
| <b>mittl. jährl. Erzeugung</b> | 15 Mio. kWh  | 15 Mio. kWh geplant                   | 17 Mio. kWh                     | 2,7 Mio. kWh   | 0,4 Mio. kWh                            |

|                                   | Leitzachwerk 1 (neu) | Leitzachwerk 2  | Leitzachwerk 3     |
|-----------------------------------|----------------------|---|--------------------|
| <b>Baujahr</b>                    | 1983                 | 1960  | 1963 – 1965        |
| <b>Anzahl der Maschinen</b>       | 1                    | 2   | 2                  |
| <b>Fall- bzw. Förderhöhe</b>      | 128 m                | 128 m   | 2 – 4,8 m          |
| <b>Turbinenart</b>                | Pumpturbine          | Francis-Spiralturbine/<br>Hochdruck-Speicherpumpe<br>(zweiflutig/einstufig) | Kaplan-Rohrturbine |
| <b>Betriebsdurchfluss Turbine</b> | 46,9 m³/s            | 21,7 m³/s   | 6,9 – 9 m³/s       |
| <b>Betriebsdurchfluss Pumpe</b>   | 32,6 m³/s            | 13,1 m³/s   |                    |
| <b>Turbinenleistung</b>           | 49 MW                | je 22 MW  | 0,1 – 0,38 MW      |
| <b>Pumpenleistung</b>             | 45,4 MW              | 18,4 MW   |                    |
| <b>Drehzahl Turbine</b>           | 333,3 U/min          | 428 U/min   | 253 U/min          |
| <b>Drehzahl Pumpe</b>             | 333,3 U/min          | 428 U/min   |                    |
| <b>mittl. jährl. Erzeugung</b>    | 85,9 Mio. kWh        | 56,1 Mio. kWh   | 1,7 Mio. kWh       |

|                                | Uppenbornwerk 1                  | Uppenbornwerk 2                    |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Baujahr</b>                 | 1928 – 1930                      | 1949 – 1951                        |
| <b>Anzahl der Maschinen</b>    | 3                                | 3                                  |
| <b>Gefälle</b>                 | 8,8 m – 14,5 m                   | 7,7 m – 10,6 m                     |
| <b>Turbinenart</b>             | Kaplan-Turbine                   | Kaplan-Turbine                     |
| <b>Durchfluss</b>              | 3 x 89,4 m³/s (bei 12 m Gefälle) | 3 x 66,7 m³/s (bei 10,6 m Gefälle) |
| <b>Leistung</b>                | 3 x 8,8 MW                       | 3 x 6 MW                           |
| <b>Drehzahl</b>                | 125 U/min                        | 136,3 U/min                        |
| <b>mittl. jährl. Erzeugung</b> | 87 Mio. kWh                      | 76 Mio. kWh                        |



„M“ wie München. Einer der attraktivsten Wirtschaftsstandorte in Europa bietet seinen Bürgern eine geradezu sprichwörtliche Lebensqualität – gewährleistet auch durch die Leistungen der Stadtwerke München.

Als größtes kommunales Infrastruktur-Unternehmen Deutschlands tragen die Stadtwerke München im Zeichen des großen „M“ zu dieser Lebensqualität aktiv bei. Beispielsweise mit günstigem M-Strom, sicherem M-Erdgas oder zuverlässiger M-Wärme. Oder mit der MVG, die mit U-Bahn, Bus und Tram in München eines der besten Nahverkehrsnetze der Welt bietet. Und M-net, dem lokalen Telekommunikationsanbieter und Netzbetreiber für die Isarmetropole.

Außerdem versorgen die SWM die Münchner Haushalte mit quellfrischem M-Wasser aus dem bayerischen Voralpenland – ein Plus, von dem auch die 18 modernen Hallen- und Freibäder der Stadt, die M-Bäder, profitieren. Services wie die M//Card, die Kundenkarte der SWM, machen das Leben in München leichter – und günstiger, denn in vielen Geschäften erhalten SWM Kunden damit exklusive Rabatte und sammeln Bonuspunkte.

Auch Münchner Geschäftskunden profitieren von den zahlreichen M-Produkten. Sie erhalten wettbewerbsfähige und zeitgemäße Infrastruktur- und Serviceleistungen, die weit über die Versorgung mit Strom, Wärme und Wasser hinausgehen. So leisten wir neben der Lebensqualität auch unseren Beitrag zur Standortsicherung.

**SWM – Besser leben mit M.**



## **Mehr Information über uns:**

Möchten Sie mehr erfahren? Rufen Sie an.

Sie erreichen uns unter Tel. 0 89/23 61-20 20.

Oder senden Sie eine E-Mail: [meixner.gabriele@swm.de](mailto:meixner.gabriele@swm.de).

---

### **Impressum**

Herausgeber:  
Stadtwerke München GmbH

Emmy-Noether-Straße 2  
80287 München  
Infoline: 0 89/23 61-20 20  
E-Mail: [meixner.gabriele@swm.de](mailto:meixner.gabriele@swm.de)  
Internet: [www.swm.de](http://www.swm.de)

Konzeption, Redaktion und Gestaltung:  
ABW Agentur für Kommunikation GmbH  
München 2010

Fotos:  
Stadtwerke München, Felix L. Steck,  
Marcus Schlaf, [Fotonatur.de](http://Fotonatur.de), [istockphoto.com](http://istockphoto.com)