



**El suministro de agua potable**

**Taller 1: Aspectos de la eficiencia energética**

# Eficiencia energética en el funcionamiento de instalaciones de suministro y distribución de agua

## Temas:

- *Breve presentación de la empresa de servicios públicos de Memmingen*
- *Suministro de agua en Alemania y Baviera*
- *Requisitos legales y auditoría energética*
- *Asistencia de sistemas de regulación técnica (vigilancia y mediciones)*
- *Ejemplos prácticos de los servicios públicos de Memmingen*
  - Red de tuberías y línea de llenado del tanque elevado DN 600*
  - Sistema fotovoltaico para bombas de pozo*
  - Apagón y generador de emergencia*
  - Reducir las pérdidas en la red*
  - Aumentar la eficiencia del funcionamiento de la bomba*
  - Reemplazo prematuro de una bomba*
  - Recuperación de energía por medio de turbinas*
- *Conclusión*

# *Suministro de agua en Memmingen*

- Operador: Stadtwerke Memmingen (operación municipal, 47 empleados)
- Producción: 3.4 millones de m<sup>3</sup> al año (no se requiere tratamiento de agua potable)
- Campos de negocio de los servicios municipales: suministro de agua, suministro de gas natural (650 millones de kWh/a), Estacionamientos, energías renovables, gestión técnica del SA (suministro de agua)



# *El suministro de agua en Alemania*

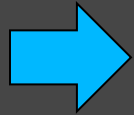


*Población:* 125 millones  
*Superficie:* 1,972,550 km<sup>2</sup>  
*Ciudad + grande:* México 21.6 millones

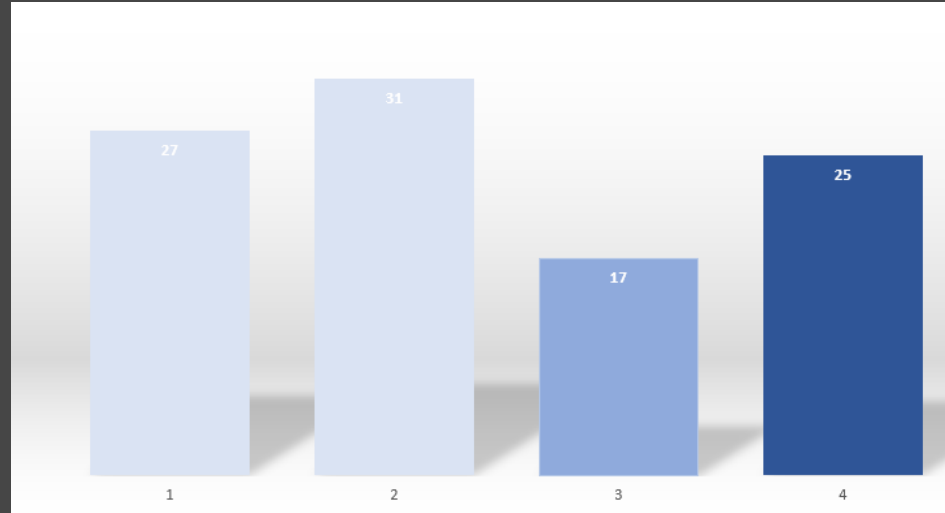
*82 millones*  
*357,000 km<sup>2</sup>*  
*Berlín 3,6 millones*

## *Participación Formas de empresa (después del impuesto sobre el agua)*

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Asociaciones con fines especiales                                    | 27% |
| Operación/establecimiento propio y derecho público de la corporación | 31% |
| Mezcla de empresas públicas y privadas                               | 17% |
| Empresas de derecho privado; SA/SRL                                  | 25% |

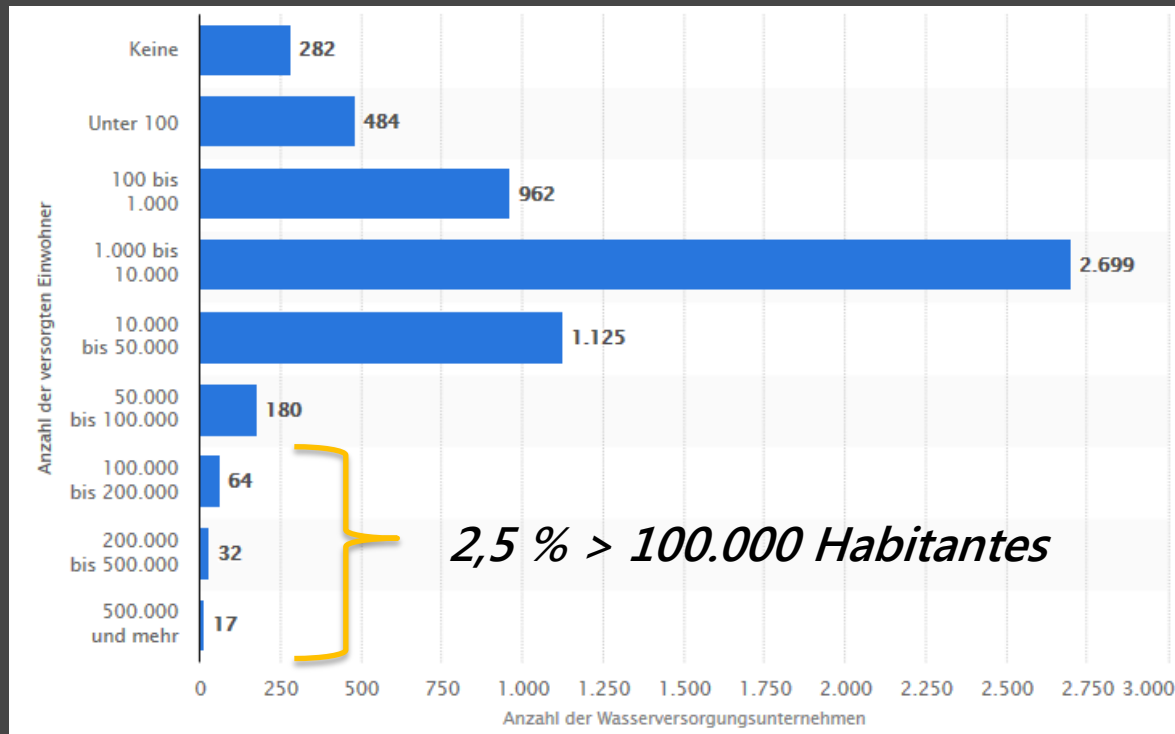
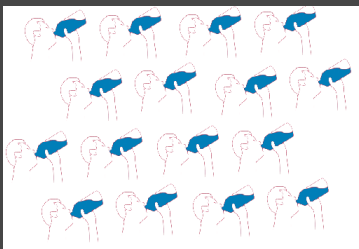
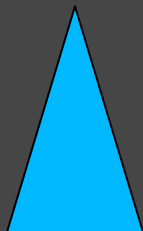
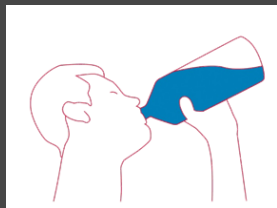


*60-70 % de propiedad municipal*



Fuente: Industria alemana del agua 2020

*Número de empresas según los habitantes abastecidos: ¡aproximadamente 5000!*



Fuente: BDEW

# Extracción de agua según los tipos de agua en Baviera



|                                                    | Pozos | Manantiales | Lagos |
|----------------------------------------------------|-------|-------------|-------|
| <b>Cantidad:</b>                                   | 4.300 | 4.100       | 3     |
| <b>Extracción:</b>                                 |       |             |       |
| Bombas                                             | si    | no          | no    |
| Se necesita energía                                | si    | no          | no    |
| <b>Calidad:</b>                                    |       |             |       |
| Calidad del agua                                   | +/-   | +/-         | -     |
| Se requiere procesamiento<br>(=Consumo de energía) | +/-   | +/-         | si    |

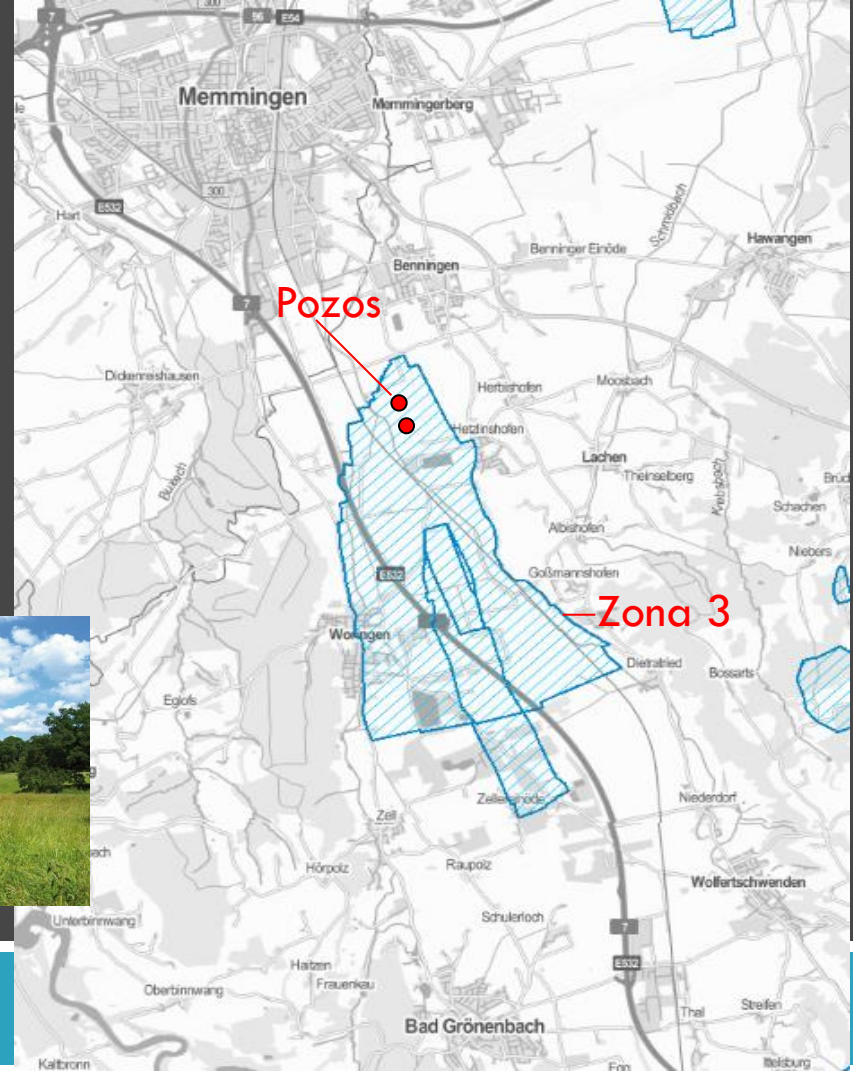
Fuente: Wikipedia, Oficina Estatal de Baviera para el Medio Ambiente

# Área protegida del agua

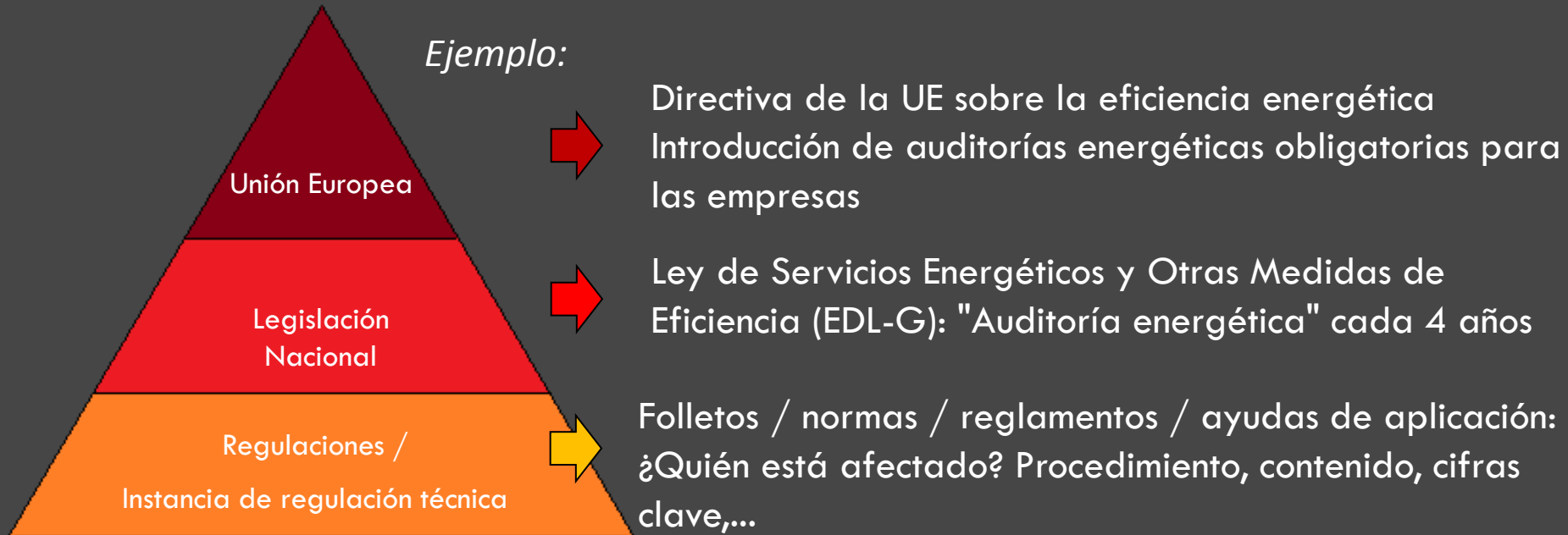
Zona 1 Área de explotación

Zona 2 Área de protección más cercana

Zona 3 Otras áreas protegidas



# La jerarquía de la estructura jurídica y su influencia en las empresas de servicios públicos



# *Auditoría energética*

## **Monitoreo**

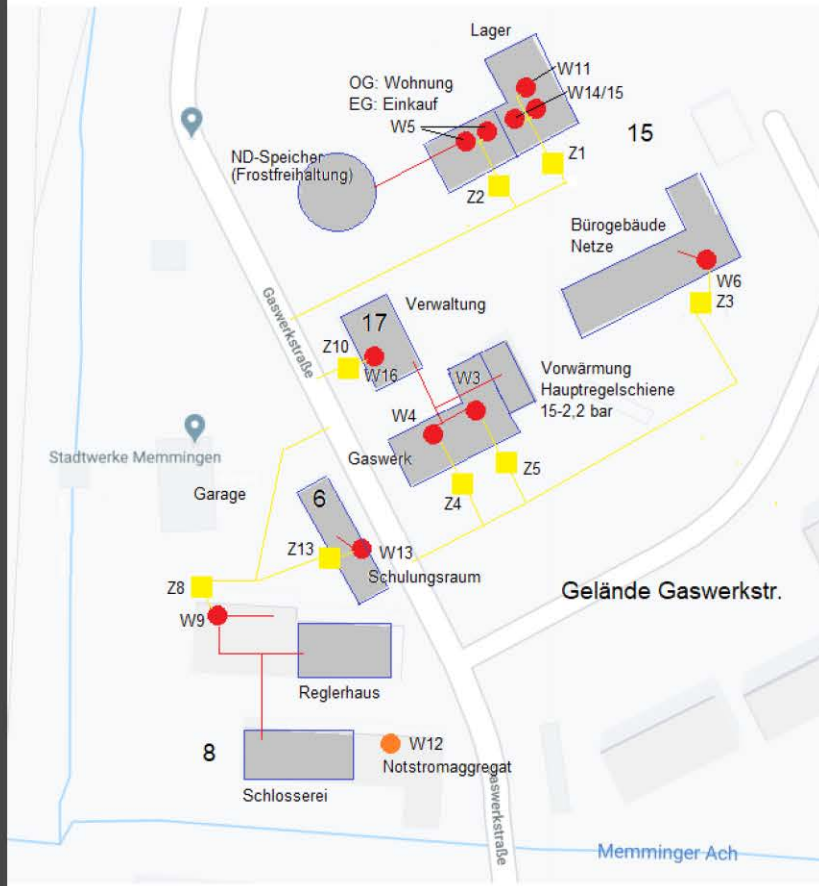
investigación y visualización sistemática de todos los flujos y consumos de energía

- Demanda de combustible/gas natural/electricidad
- consumidores eléctricos y térmicos
- Evaluación de las curvas de carga anual (electricidad)
- Consideración de los puntos energéticos débiles de la superficie del edificio

**Implementar medidas de optimización, estimación aproximada de los costos y el tiempo de amortización**

**Frecuencia de observación: 4 años**

**Objetivo: Mejora continua / Utilizar el potencial de ahorro**



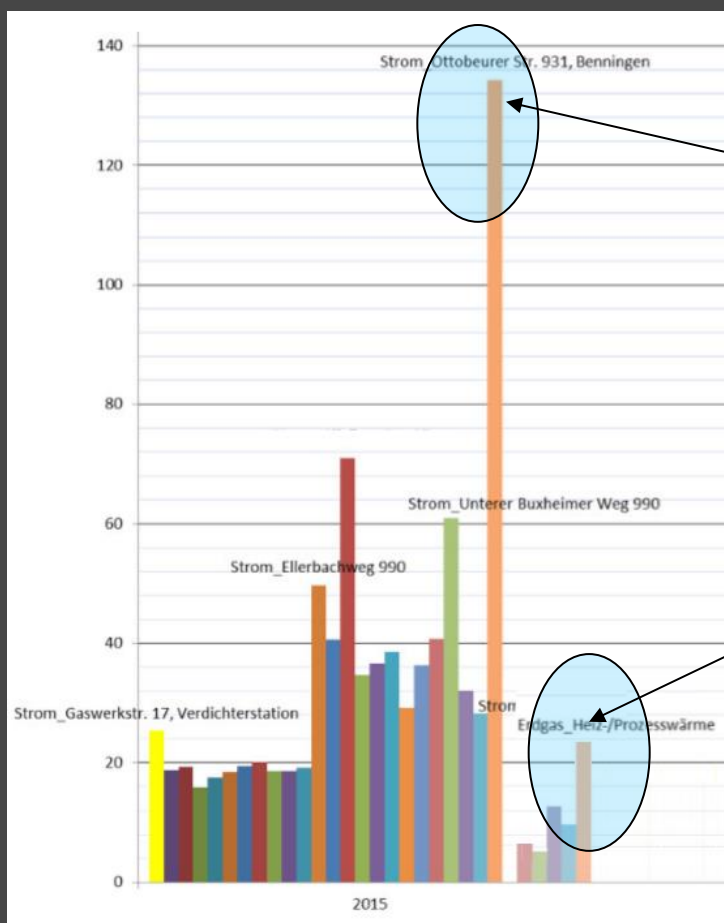
- Gaszähler Z
- Gasleitung
- Erdgasverbraucher W
- Wärmeleitung
- Sonst. Verbraucher W
- Wärmeverwendung / beheizte Flächen

- W3 Spitzenlastkessel 226 kW
- W4 BHKW Gaswerk 4 kW elektr. / 15 kW therm.
- W5 2 x Niedertemp.Kessel je 75 kW BJ 1993
- W6 Brennwertkessel 17 kW
- W7 2 Erdgaskessel je 92 kW BJ 1986
- W8 2 Erdgaskessel je 90 kW BJ 2004
- W9 Erdgaskessel 30 kW BJ 1992
- W10 Erdgaskessel 35 kW BJ 1995
- W11 Dunkelstrahler Lager 15 kW therm.
- W12 Notstromaggregat Diesel, 280 kW elektr.
- W13 Erdgaskessel Viessmann 1988 24 kW
- W14 Erdgaskessel Hydrotherm 45 kW, BJ 1993
- W15 direktbeheizter WW-Kessel Vaillant 7,25 kW 160 L
- W16 Kochgas / Warmwasser
- W17 Notstromaggregat Strüwer Brunnen 250 kW
- W18 Notstromaggregat Strüwer Wasserwerk 30 kW

- Z1 Nr. 10457769
- Z2 Nr. 5351296
- Z3 Nr. 7982487
- Z4 Nr. 10408807 (BHKW)
- Z5 Nr. 2217273 (im Reglerhaus)
- Z6 Nr. 3916694
- Z7 Nr. 3169669
- Z8 Nr. 910882
- Z9 Nr. 637934
- Z10 Nr. 37935
- Z13 Nr. 4322467



## Consumo de energía y Costos de la energía



Electricidad para las bombas  
de abastecimiento en el pozo

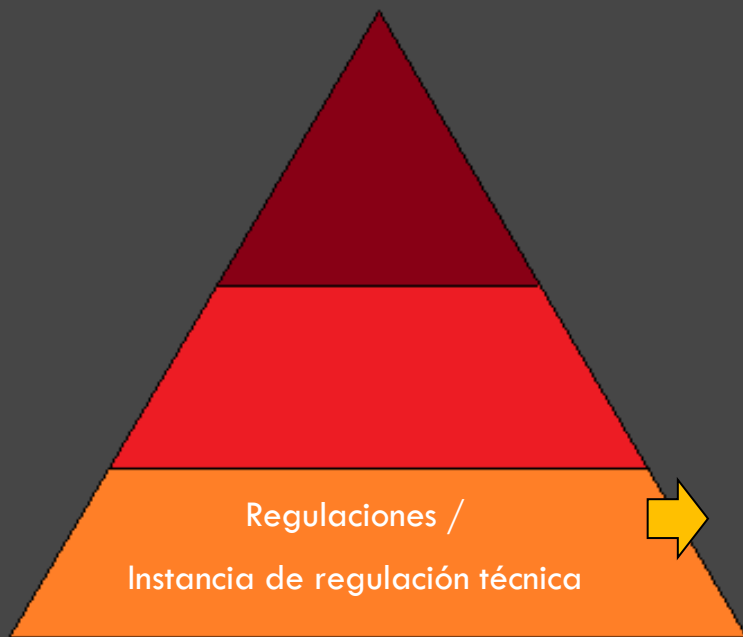


¡Derivar medidas a tomar!



Gas natural para  
precalentamiento

# Instancia de regulación técnica de la DVGW (Asociación Técnica y Científica Alemana para el Gas y el Agua)



Información sobre el agua No. 77

Hoja de instrucciones W 1100-2

Hoja de trabajo W 610

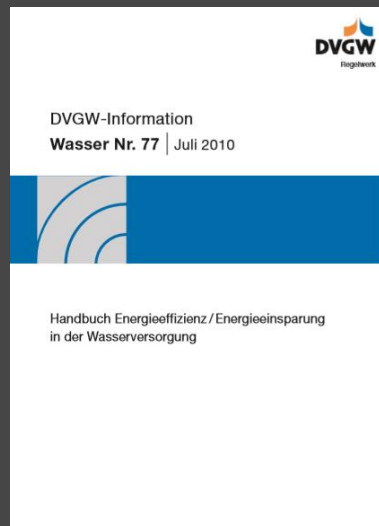
Hoja de trabajo W 630

Hoja de instrucciones W 618

Hoja de instrucciones W 616 2020-01

...

## DVGW Info Nr. 77



¿Qué cifras y datos clave deben registrarse?

### Explotación:

- **Electricidad:** Capacidad [kW] y consumo [kWh] de todos los sistemas
- **Caudales:** Caudales de suministro/volumen de las bombas [l/s]
- **Presiones:** alturas de suministro [bar] ó bien [m]
  - ➔ Calcular el grado de efectividad de las bombas  
Consumo energético kWh/m<sup>3</sup>
- El nivel del agua de reposo y el embudo de asentamiento para el bombeo del pozo
- Horas de funcionamiento, temperaturas de los motores de las bombas
- Medición de mantenimiento (por ejemplo, valores de resistencia del embobinado del motor)
- ¿El punto de operación es correcto? ¿Control de velocidad?

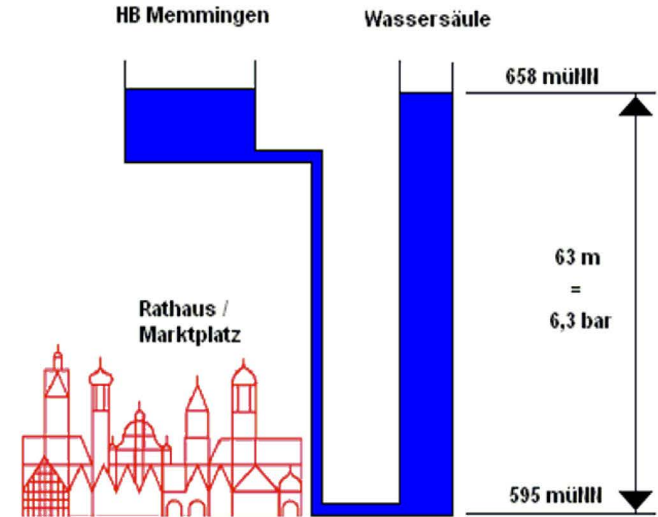
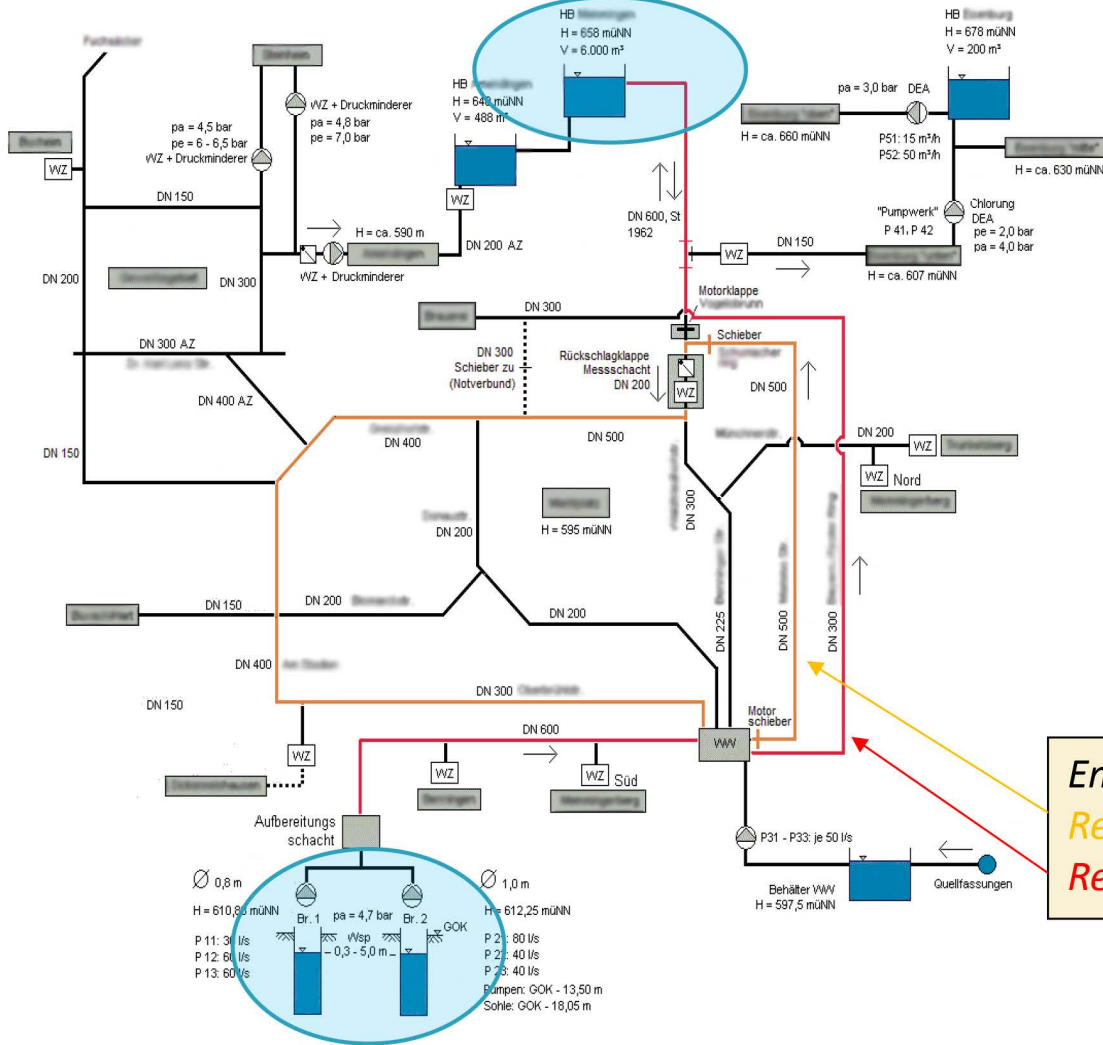
Tratamiento: ....

Distribución: ...

**Importante: registros instantáneos y observación a largo plazo (tendencia/desarrollo)**

# Ejemplos prácticos Suministro de energía de la empresa de servicios públicos de Memmingen

- Red de tuberías y línea de llenado del tanque elevado DN 600
- Sistema fotovoltaico para bombas de pozo
- Apagones y generador de emergencia
- Reducir las pérdidas de la red
- Aumentar la eficiencia del funcionamiento de la bomba
- Reemplazo prematuro de una bomba
- Recuperación de energía por medio de turbinas

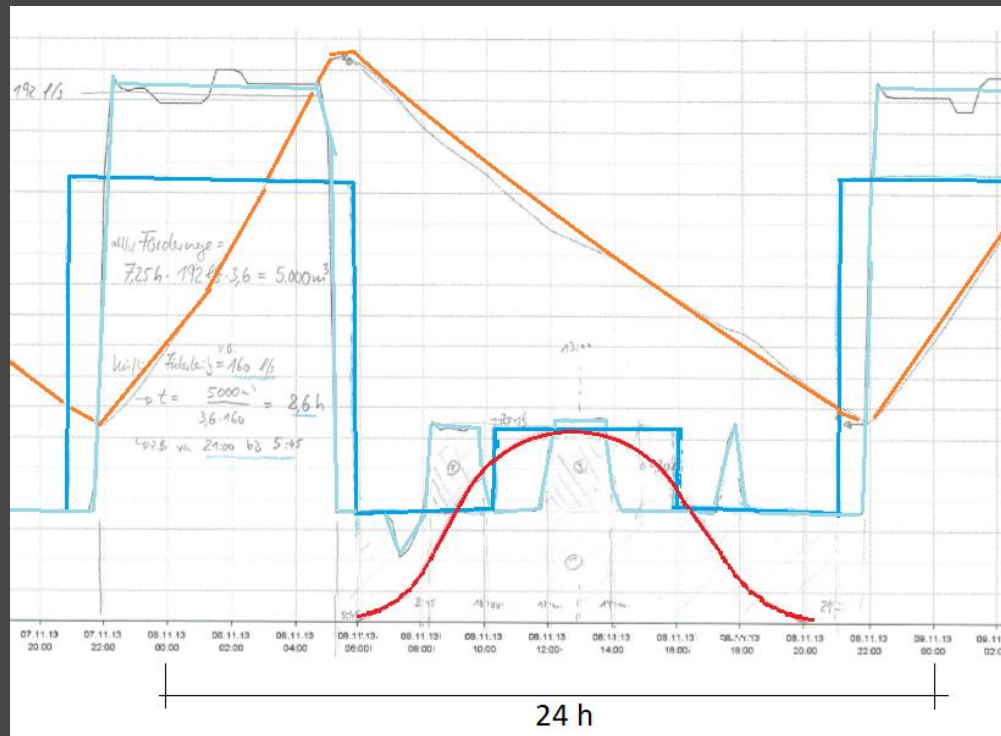
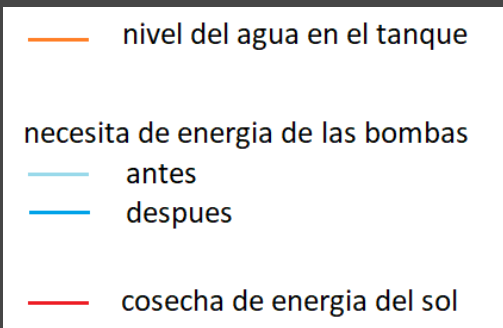


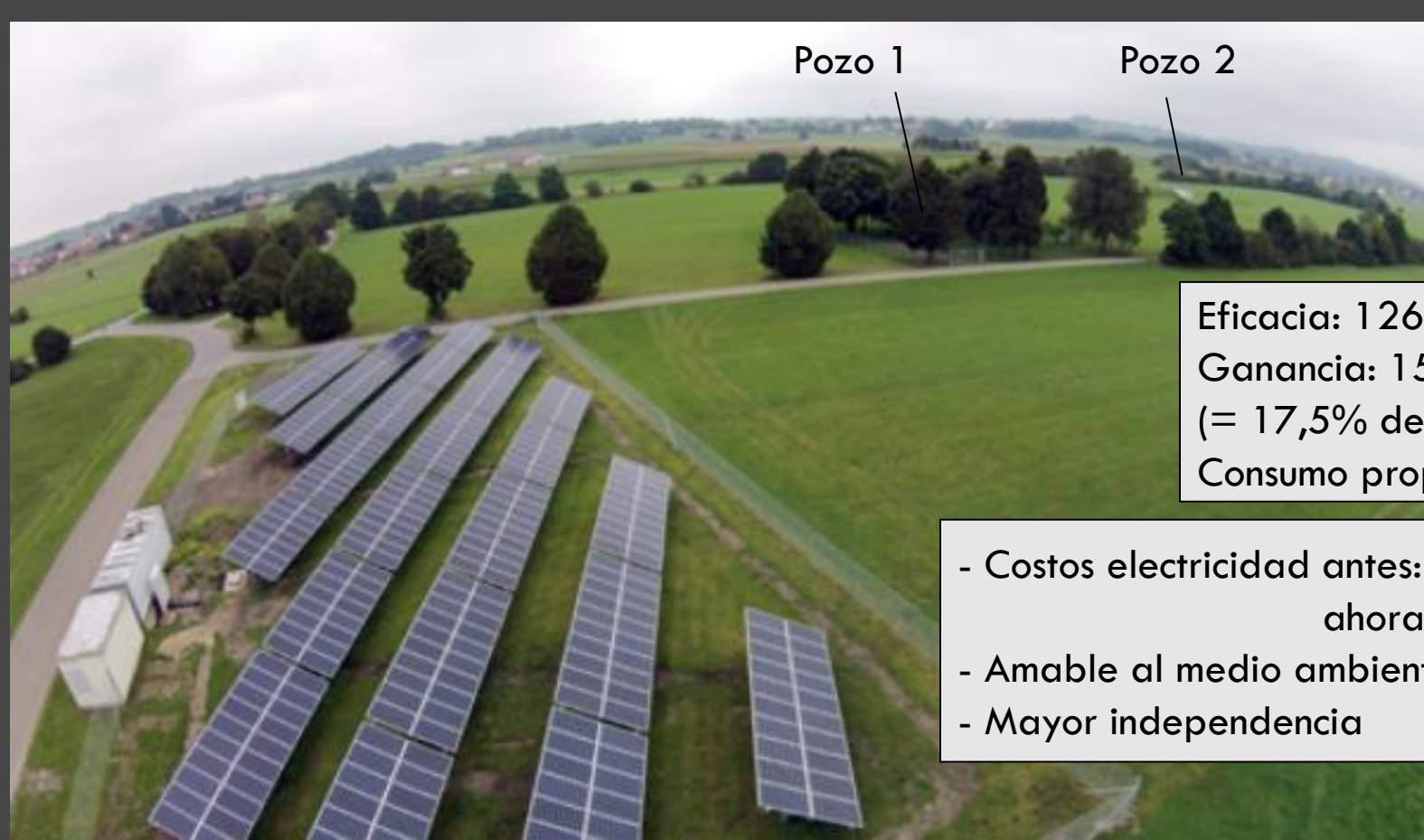
*Empresa de servicios públicos de Memmingen:*  
**Red circular DN 300-500**  
**Red de llenado contenedor en alto DN 600**

# Generación propia de electricidad mediante un sistema fotovoltaico

el mayor consumidor de energía:  
Bombas de pozo (850 MWh/a)

Idea: Producción de electricidad a través  
de la energía fotovoltaica





Pozo 1

Pozo 2

Eficacia: 126 kWp

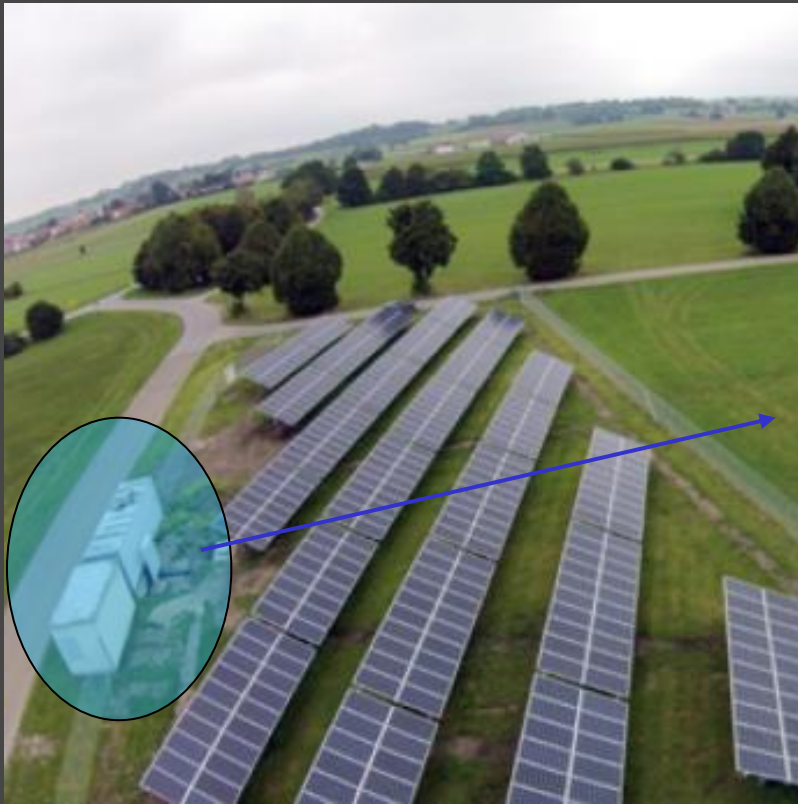
Ganancia: 150.000 kWh/a  
(= 17,5% de lo requerido)

Consumo propio: 100%

- Costos electricidad antes: 18,9 ct/kWh  
ahora: 10,6 ct/kWh
- Amable al medio ambiente
- Mayor independencia

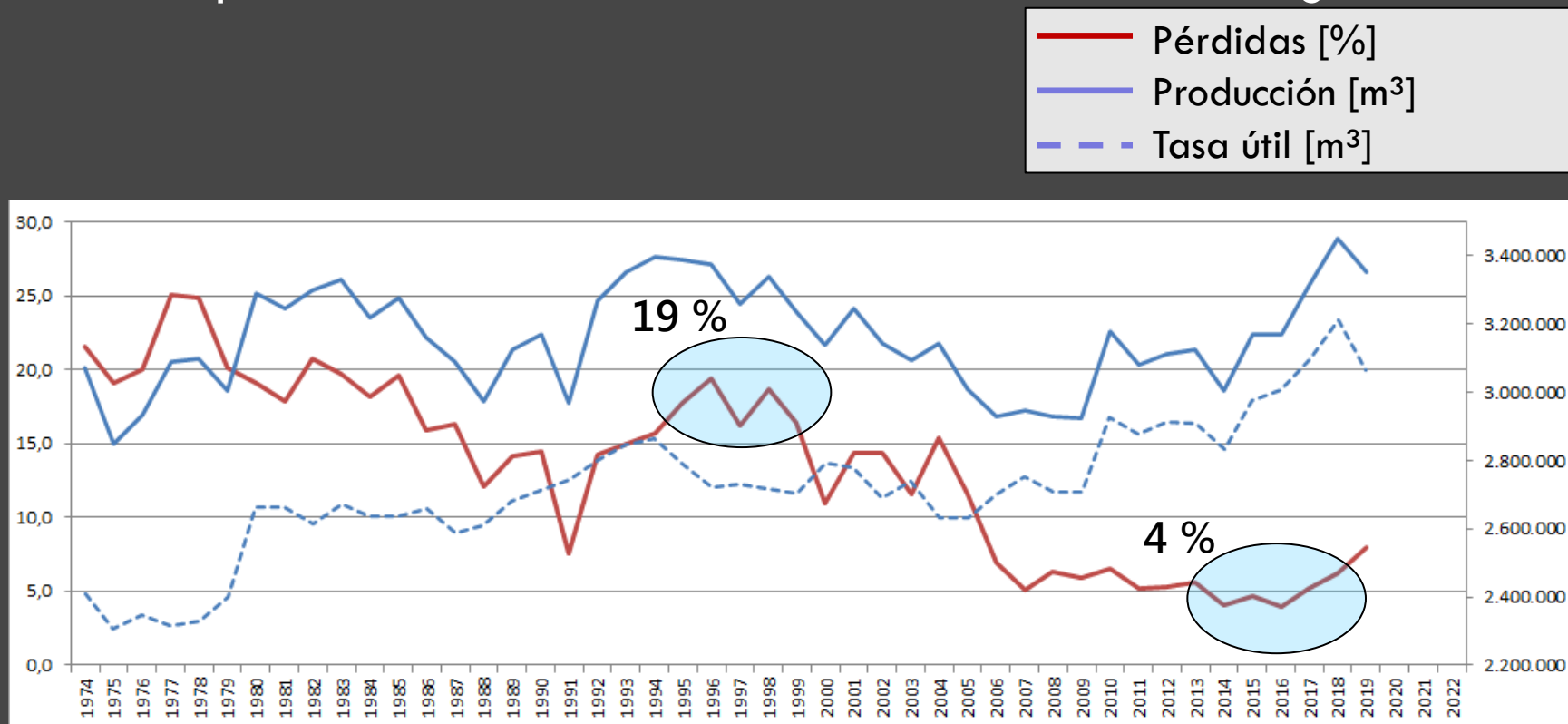


# Planta de emergencia

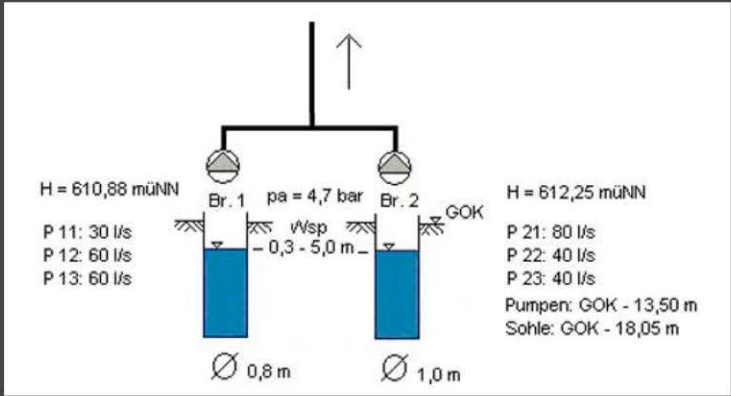
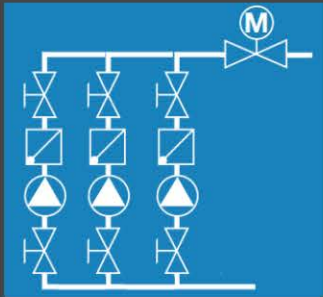


200 kVA  
1.600 Litros de Diésel  
3,5 días en apagón  
ininterrumpidos

# Menores pérdidas en la red = menor demanda de energía



# Funcionamiento en paralelo de las bombas



# Medición de la eficiencia óptima

|    |        |        |        |        |        |        | Förderleistung |          | Leistungsaufnahme  |            |            |       |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|----------|--------------------|------------|------------|-------|
|    | P 1.1  | P 1.2  | P 1.3  | P 2.1  | P 2.2  | P 2.3  | Angabe         |          | Angabe             |            |            |       |
| Q  | 30 l/s | 60 l/s | 60 l/s | 80 l/s | 40 l/s | 40 l/s | Hersteller     | gemessen | gemessen           | Hersteller | Abweichung |       |
| KW | 27,5   | 52,0   | 53,0   | 85,0   | 37,0   | 37,0   | l/s            | l/s      | kwh/m <sup>3</sup> | KW         | %          |       |
| 1  | X      |        |        |        |        |        | 30             | 29       | 0,2511             | 26,2       | 27,5       | 0,00  |
| 18 |        | X      | X      |        |        |        | 120            | 109      | 0,2900             | 113,8      | 105,0      | 15,49 |

0,25 kWh/m<sup>3</sup>

|            |        |        |        |        |        |        | Förderleistung |          | Leistungsaufnahme  |            |            |       |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|----------|--------------------|------------|------------|-------|
|            | P 1.1  | P 1.2  | P 1.3  | P 2.1  | P 2.2  | P 2.3  | Angabe         |          | Angabe             |            |            |       |
| Hersteller | Wilo   | Wilo   | Wilo   | Wilo   | Wilo   | Wilo   | Hersteller     | gemessen | gemessen           | Hersteller | Abweichung |       |
| Q          | 30 l/s | 60 l/s | 60 l/s | 80 l/s | 40 l/s | 40 l/s | l/s            | l/s      | kwh/m <sup>3</sup> | KW         | %          |       |
| KW         | 27,5   | 52,0   | 53,0   | 85,0   | 37,0   | 37,0   | l/s            | l/s      | kwh/m <sup>3</sup> | KW         | %          |       |
| 1          | 44     |        |        |        |        |        | 30             | 29       | 0,2511             | 26,2       | 27,5       | 0,00  |
| 2          | 44     |        |        |        |        |        | 70             | 70       | 0,539              | 66,7       | 64,5       | 1,12  |
| 3          |        |        |        |        |        |        | 40             | 42       | 0,561              | 38,7       | 37,0       | 2,00  |
| 4          |        |        |        |        |        |        | 60             | 62       | 0,589              | 57,8       | 53,0       | 3,12  |
| 5          |        |        |        |        |        |        | 40             | 44       | 0,595              | 41,1       | 37,0       | 3,36  |
| 6          |        |        |        |        |        |        | 80             | 90       | 0,648              | 85,8       | 85,0       | 5,45  |
| 7          |        |        |        |        |        |        | 100            | 103      | 0,651              | 98,3       | 90,0       | 5,58  |
| 8          |        |        |        |        |        |        | 80             | 84       | 0,660              | 80,4       | 74,0       | 5,93  |
| 9          | 42     |        |        |        |        |        | 110            | 113      | 0,680              | 109,0      | 112,5      | 6,74  |
| 10         |        |        |        |        |        |        | 100            | 100      | 0,681              | 96,5       | 90,0       | 6,77  |
| 11         |        |        |        |        |        |        | 100            | 98       | 0,702              | 95,3       | 89,0       | 7,61  |
| 12         | 44     | 94     |        |        |        |        | 90             | 84       | 0,719              | 82,2       | 79,5       | 8,28  |
| 13         |        |        |        |        |        |        | 120            | 128      | 0,741              | 126,3      | 122,0      | 9,16  |
| 14         |        |        |        |        |        |        | 60             | 57       | 0,758              | 56,6       | 52,0       | 9,85  |
| 15         | 42     |        |        |        |        |        | 90             | 84       | 0,778              | 84,0       | 80,5       | 10,63 |
| 16         | 41     | 92     |        |        |        |        | 130            | 118      | 0,819              | 119,8      | 116,5      | 12,27 |
| 17         | 42     |        |        |        |        |        | 130            | 120      | 0,825              | 125,1      | 117,5      | 12,53 |
| 18         |        |        |        |        |        |        | 120            | 109      | 0,2900             | 113,8      | 105,0      | 15,49 |
| 19         | 89     | 98     |        |        |        |        | 160            | 145      | 0,911              | 151,9      | 142,0      | 15,91 |
| 20         |        |        |        |        |        |        | 160            | 157      | 0,931              | 165,6      | 159,0      | 16,71 |
| 21         |        |        |        |        |        |        | 180            | 170      | 0,999              | 183,5      | 175,0      | 19,41 |
| 22         |        |        |        |        |        |        | 220            | 201      | 0,947              | 220,4      | 212,0      | 21,33 |
| 23         | 40     | 88     | 99     |        |        |        | 150            | 123      | 0,954              | 135,2      | 132,5      | 21,64 |
| 24         | 38     | 84     |        |        |        |        | 210            | 178      | 0,959              | 196,0      | 201,5      | 21,82 |
| 25         |        |        |        |        |        |        | 200            | 174      | 0,982              | 193,0      | 190,0      | 22,73 |
| 26         | 37     | 84     | 99     |        |        |        | 190            | 155      | 0,986              | 172,2      | 169,5      | 22,89 |
| 27         | 38     | 86     | 99     |        |        |        | 190            | 155      | 0,996              | 172,8      | 169,5      | 23,31 |
| 28         | 37     | 84     | 99     | 136    |        |        | 230            | 181      | 0,923              | 212,1      | 217,5      | 28,92 |
| 29         |        |        |        |        |        |        | 220            | 179      | 0,930              | 211,3      | 210,0      | 31,82 |
| 30         |        |        |        |        |        |        | 240            | 181      | 0,940              | 229,4      | 227,0      | 35,70 |

0,34 kWh/m<sup>3</sup>

135 % !

## *Sustitución de una bomba - ejemplo de cálculo*

*Bomba vieja: 0,288 kWh/m<sup>3</sup>*

*Bomba nueva: 0,251 kWh/m<sup>3</sup>*

*-> ahorro: 0,037 kWh/m<sup>3</sup>*

*Año de construcción 2012, Lebenserwartung 20 Jahre*

*Inversión + Instalación: 15.000,- €*

*Tasa anual de flujo: 500.000 m<sup>3</sup>*

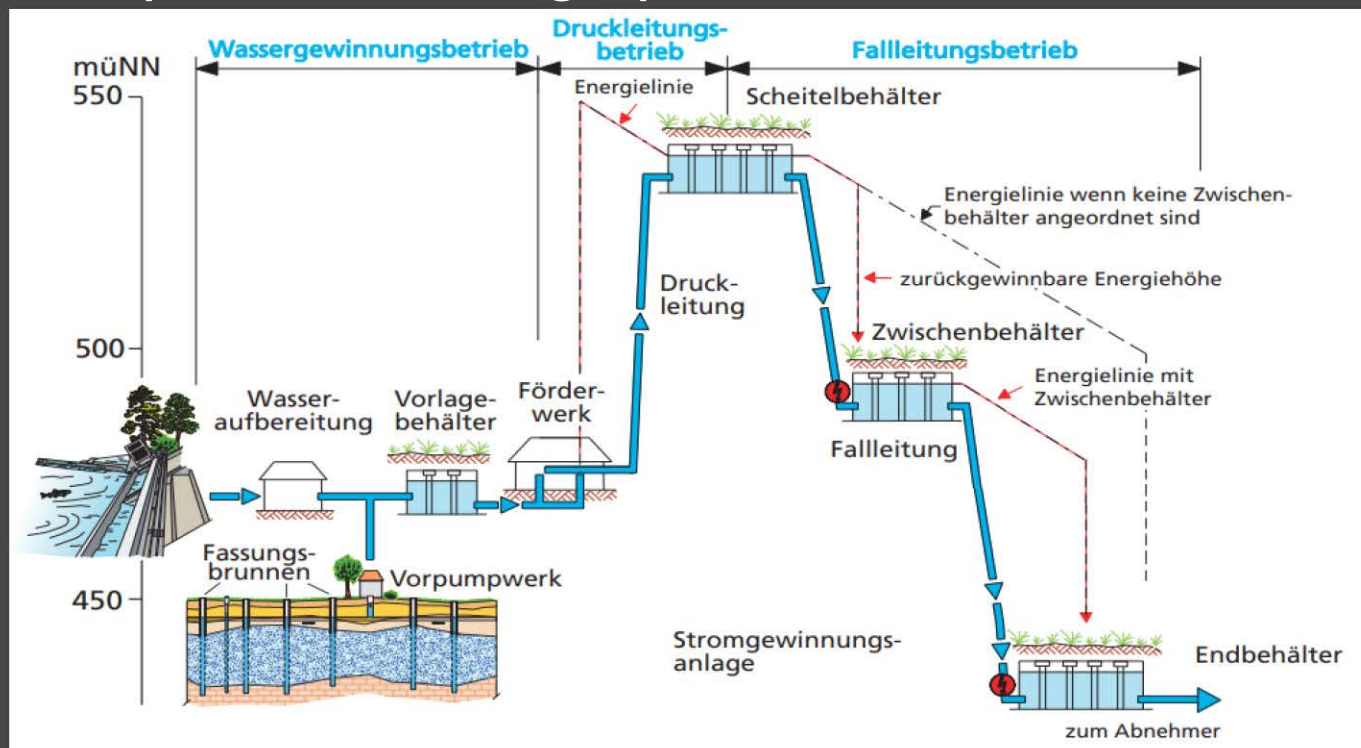
*Ahorro: 500.000 x 0,037 = 18.500 kWh/a*

*18.500 kWh/a x 0,19 ct/kWh = 3.500,- €/a*

*Hecho: ¡La nueva bomba ya se ha pagado sola después de 4.3 años!*

*Se recomienda el reemplazo prematuro de la bomba.*

# Recuperación de energía por medio de turbinas



Fuente: Serie de publicaciones de LW 2017, Landeswasserversorgung Langenau (Suministro de agua de Langenau)



*Ejemplo de Portland, EE.UU., 600,000 habitantes  
La turbina genera 1,100 MWh de electricidad al año*

*Fuente: rheinenergie.de, lucidenergy.com*

## Resumen:

- Protección de los recursos hídricos > buena calidad del agua > menos o ningún esfuerzo de tratamiento > menos o ninguna demanda de energía
- suministro en pequeña escala y municipal y aseguramiento de los recursos in situ > rutas de transporte cortas > baja demanda de energía
- Medir y visualizar los flujos de energía; derivar y documentar las cifras operacionales clave y vigilar los acontecimientos
- Optimizar el funcionamiento de la red y reducir las pérdidas de agua

Dipl.-Ing. Marcus Geske  
Stadtwerke Memmingen  
Gaswerkstr. 17  
87700 Memmingen  
Germany

[geske@stadtwerke-memmingen.de](mailto:geske@stadtwerke-memmingen.de)

tel. +49-8331-8556-115

cel. +49-175-2436934

[www.stadtwerke-memmingen.de](http://www.stadtwerke-memmingen.de)

