



Technische Hochschule
Ingolstadt

Fakultät für Maschinenbau

*Zukunft in
Bewegung*



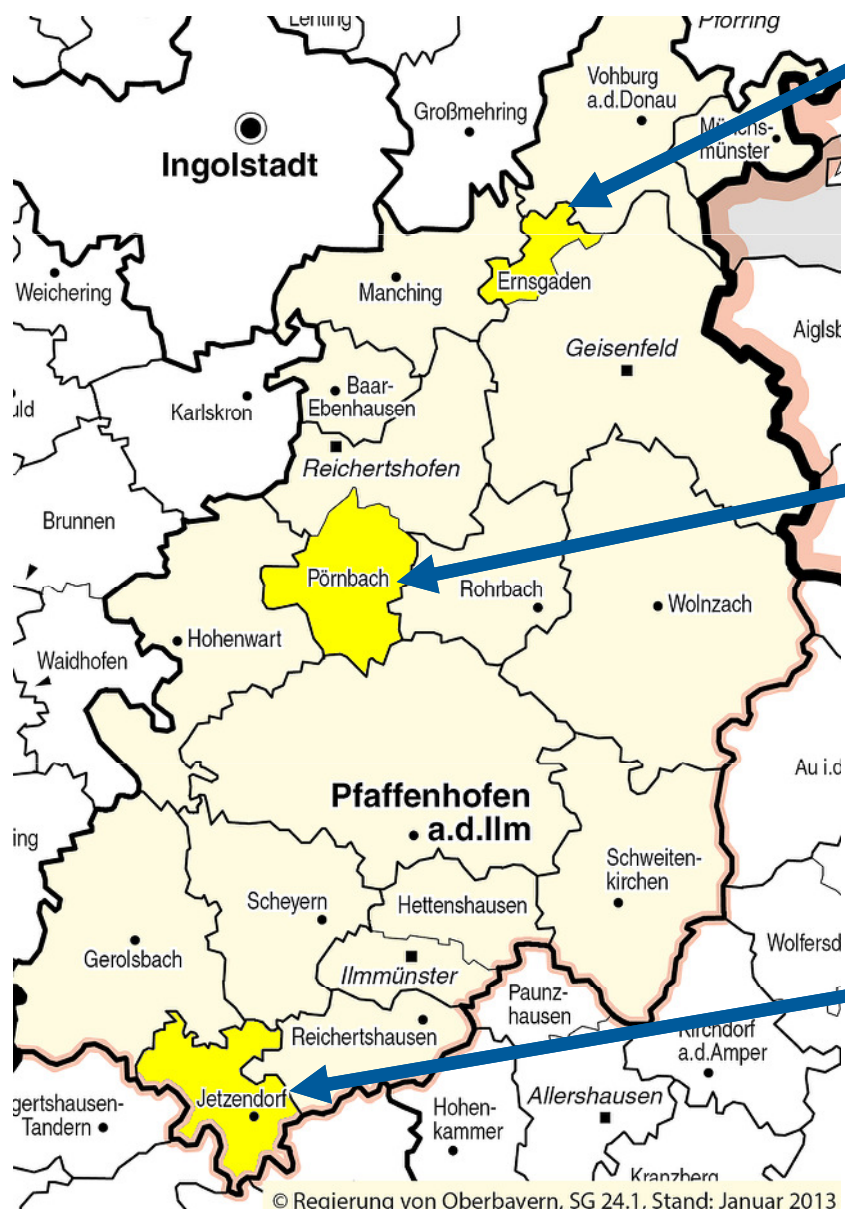
Kleine Maßnahmen zeigen Wirkung

Möglichkeiten der Energieeinsparung und
Effizienzsteigerung in Ernsgaden, Jetzendorf
und Pörnbach

Prof. Dr. Peter Weitz
Technische Hochschule Ingolstadt

Einleitung

Gemeinde Energiekonzept



© Regierung von Oberbayern, SG 24.1, Stand: Januar 2013

Ernsgraben

Abwasserentsorgung:

- Stromverbrauch der Vakuumpumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Pörsbach

Wasserversorgung:

- Stromverbrauch der Pumpen in Puch senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

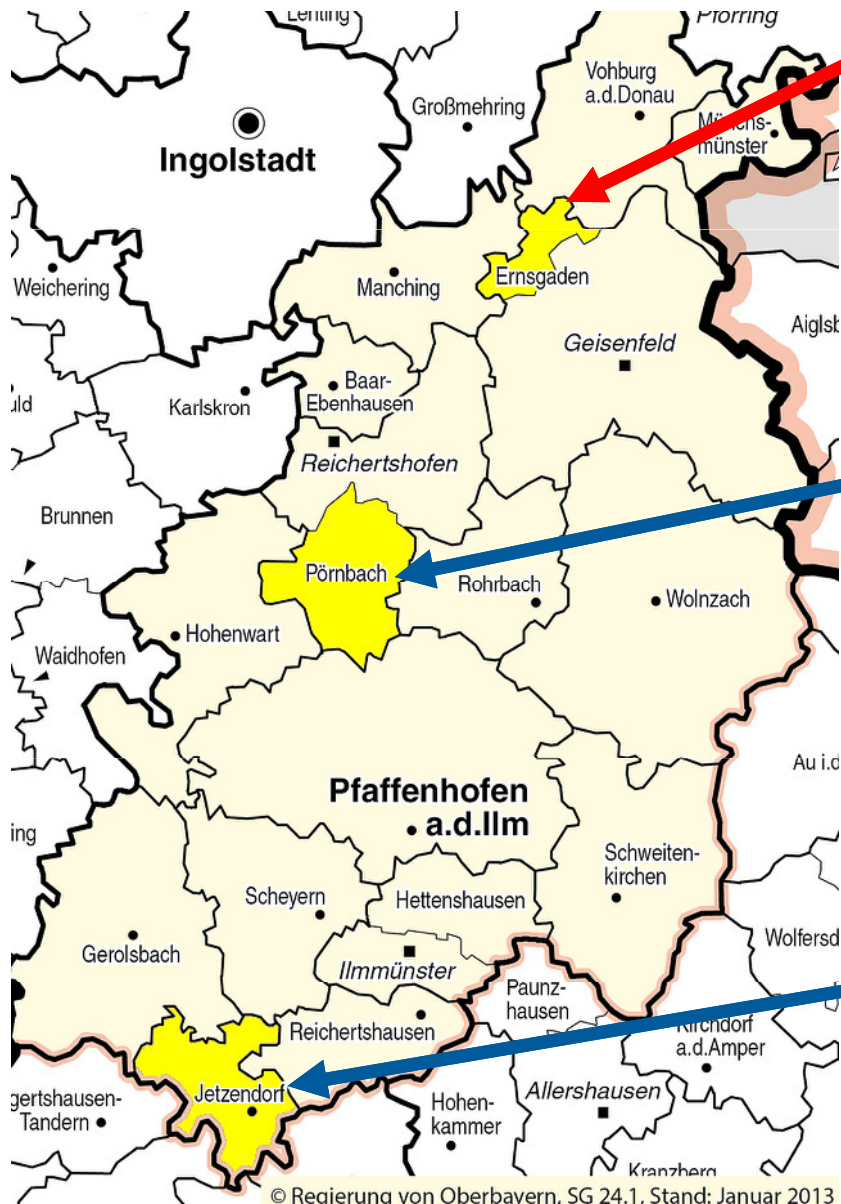
Jetzendorf

Wasserversorgung:

- Stromverbrauch der Pumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Einleitung

Gemeinde Energiekonzept



Ernsgraben

Abwasserentsorgung:

- Stromverbrauch der Vakuumpumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Pörsbach

Wasserversorgung:

- Stromverbrauch der Pumpen in Puch senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

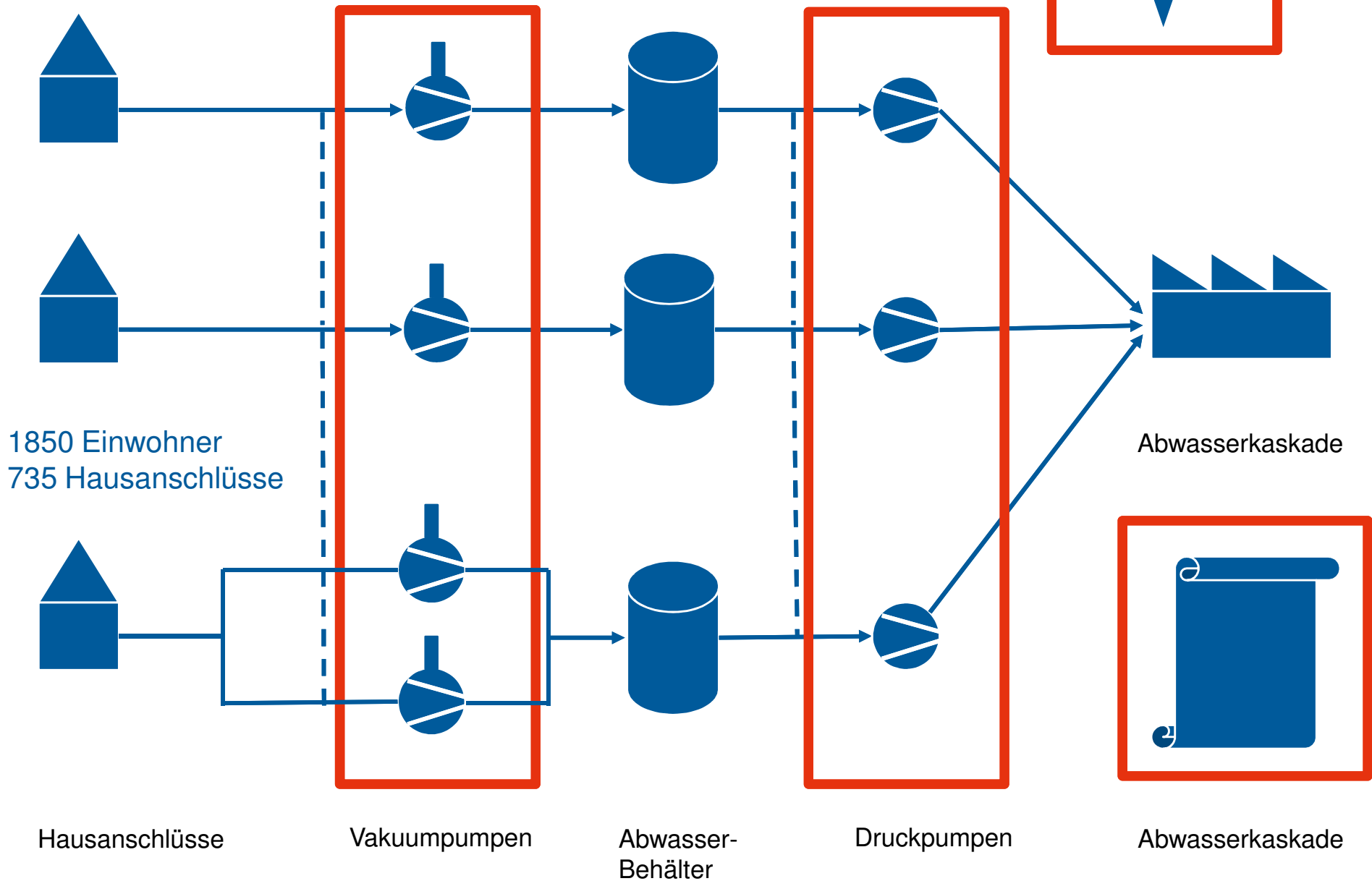
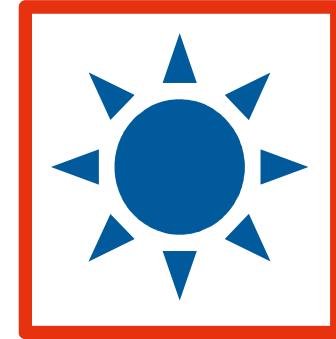
Jetzendorf

Wasserversorgung:

- Stromverbrauch der Pumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Vakuumpumpstation Ernsgaden

Übersicht & Potentialfelder



Vakuumpumpstation Ernsgaden

Stromtarif



	2016	2017 (Puch + Jetzendorf)	2017 neuer Tarif (Ernsgaden)
Arbeitspreis Netz	4,25 ct/kWh	6,22 ct/kWh	1,57 ct/kWh
KWK	0,45 ct/kWh	0,44 ct/kWh	0,44 ct/kWh
§19	0,38 ct/kWh	0,39 ct/kWh	0,39 ct/kWh
Offshore	- 0,04 ct/kWh	- 0,03 ct/kWh	- 0,03 ct/kWh
§ 18	0,01 ct/kWh	0,01 ct/kWh	0,01 ct/kWh
EEG	6,35 ct/kWh	6,88 ct/kWh	6,88 ct/kWh
Arbeitspreis	4,28 ct/kWh	4,28 ct/kWh	4,28 ct/kWh
Stromsteuer	2,05 ct/kWh	2,05 ct/kWh	2,05 ct/kWh
Kommunalrabatt	- 0,61 ct/kWh	- 0,69 ct/kWh	- 0,53 ct/kWh
Summe	17,20 ct/kWh	19,55 ct/kWh	15,05 ct/kWh
Stromkosten inklusive MwSt	20,47 ct/kWh	23,26 ct/kWh	17,91 ct/kWh
Leistungspreis	-	-	115,65 €/kW
Jahresstromkosten	40 930,52 €	46 519,58 €	41 333,80 €
Kostenersparnis			5 185,78 €/a

Vakuumpumpstation Ernsgaden

Stromdaten Vakuumpumpstation



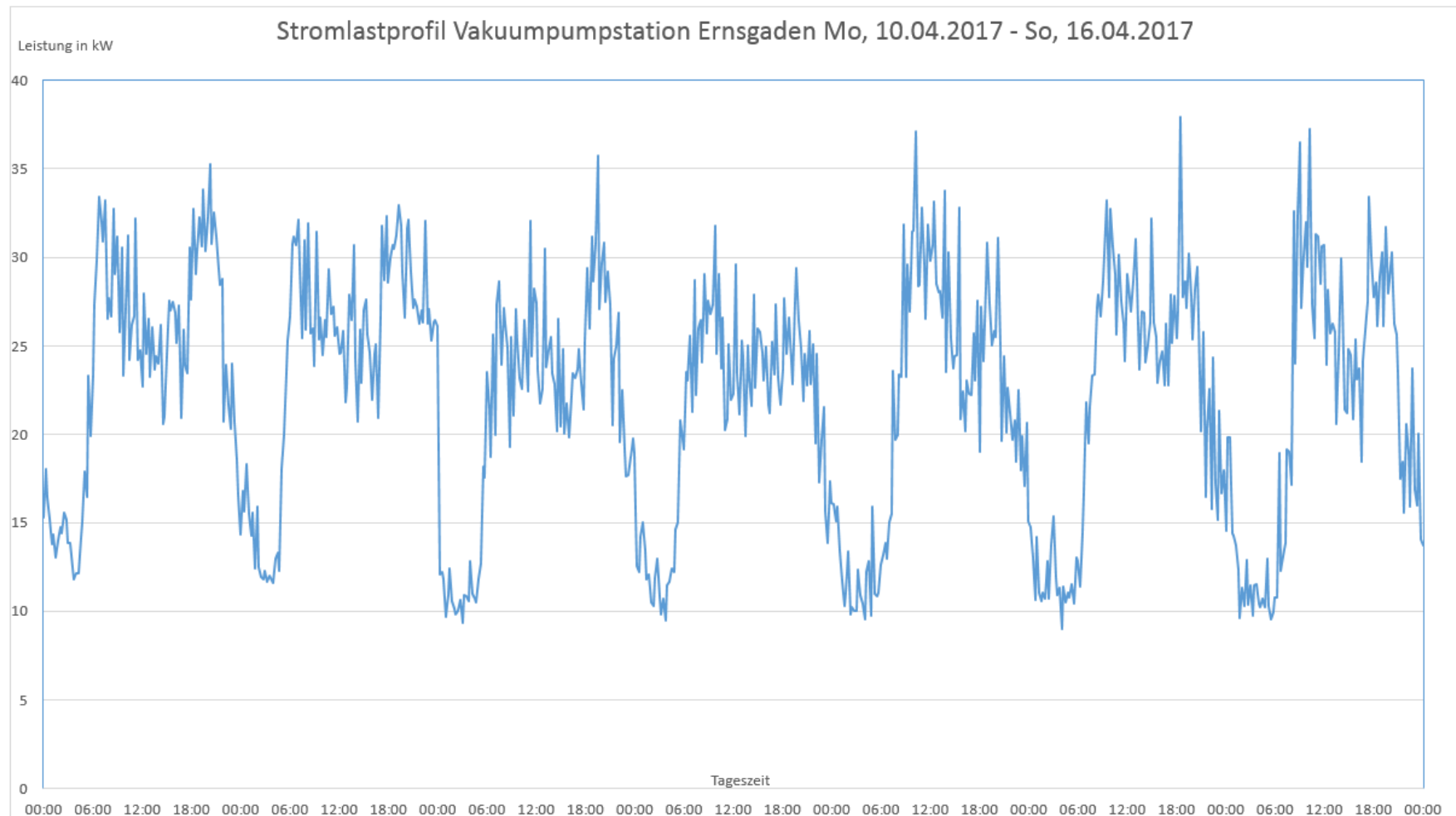
68% Vakuumpumpen

11% Druckpumpen

17% Klimaanlage

4% undefinierter Rest

■ **Jahresstromverbrauch: 204 000 kWh/a**



- Anzahl : 4
- Leistung: 5,5kW
- Hersteller: Becker
- Anteil am Gesamtenergiebedarf: 68% → 138 688 kWh/a
- Aktivierung: Unterdruckabhängig (550 – 650 mbar), in Stoßzeiten

Mehrmals in der Minute

- Keine Frequenzregelung
- Laufzeiten:
 - Pumpe 1 & 2: je 4500 h/a
 - Pumpe 3 & 4: je 8000 h/a
- Wartungskosten **2500€** pro Pumpe und Jahr



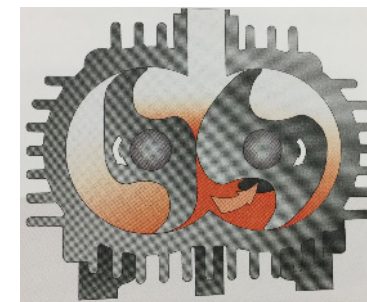
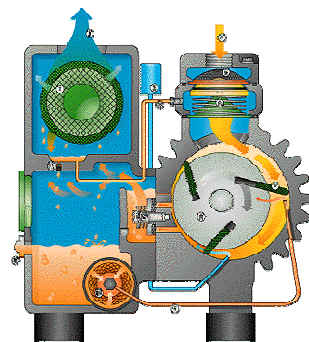
- **Momentaner Unterdruckbereich: 550 mbar – 650 mbar**
- **Neu eingestellter Druckbereich: 500 mbar – 550 mbar an Pumpen 1 & 2**
- **Durchgeführtes Experiment lässt vermuten, dass bei einer Druckabsenkung bzw. konstant niedrigerem Druck durch eine Frequenzregelung die angesaugte Luftmenge reduziert werden kann.**

	Vakuumpumpe 1	Vakuumpumpe 2
Laufzeit während des Experiments	0,17 h	0,06 h
Erwartete Laufzeit	0,205 h	0,138 h
Prozentuale Ersparnis	16,3 %	56,66%

→ **Hochgerechnete Energieeinsparung von 20 % bei einem Wechsel zu einer frequenzgeregelten Vakuumpumpe und einem Unterdruckintervall von konstant 550mbar**

Vakuumpumpstation Ernsgaden

Pumpenvergleich



Kennwert	Aktuelle Pumpe	Neue Pumpe
Pumpentyp	Becker/ Drehschieber	Busch/ Klauen
Benötigte Pumpen	4	2
Leistung im Betrieb	5,9 kW	8,2 kW
Regelung	-	Frequenzregelung
Wartungskosten pro Pumpe	2 500 €/a	1 250 €/a
Maximale Saugleistung	235 m³/h	500 m³/h
Saugleistung im Betrieb	235 m³/h	425 m³/h
Spezifische Saugleistung	39,9 m³/kW	52 m³/kW
Energieeinsparung durch Effizienzsteigerung	-	23 %
Energieeinsparung durch Frequenzregelung	-	20%
Sicherheitsfaktor	-	0,95
Energieeinsparung gesamt	-	49 025 kWh/a
Energieeinsparung in Euro	-	10 212 €/a
Einsparung Wartungskosten	-	7 500 €/a

Vakuumpumpstation Ernsgaden

Einsparungsübersicht



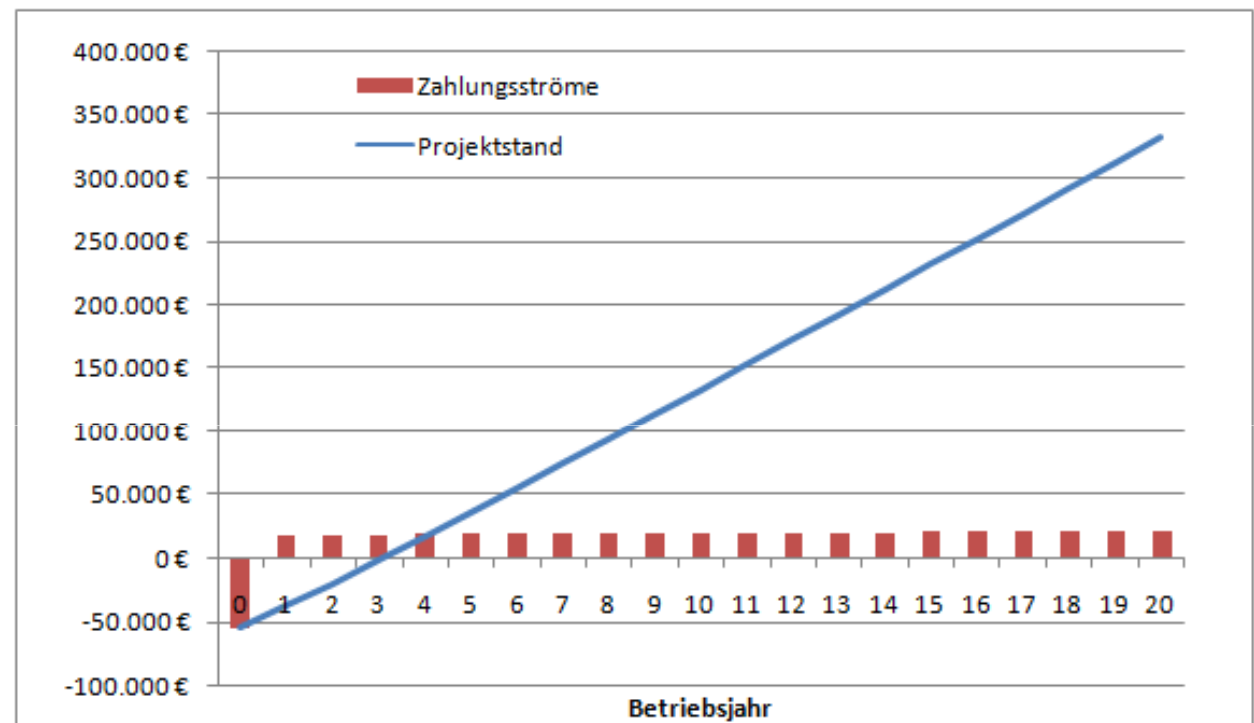
Investitionssumme	55 218 €
Interner Zinsfuß	32,88 %
ROI	3,1 Jahre
Projektstand nach 20 Jahren	311 870 €
Mittlere Ersparnis pro Jahr	19 427 €
Ersparnis im ersten Jahr	17 712 €

Investitionssumme bestehend aus:

- 2 x 22 609 € Pumpenkosten + FU
- 1 x 10 000 € Installationskosten

Einsparung:

- 7 500 €/a Wartungskosten
- 10 212 €/a Stromkosten (jährlich leicht steigend)

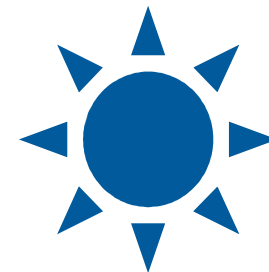




- Jahresstromverbrauch aktuell von 204 000 kWh/a
- Energieeinsparung durch Pumpentausch von 49 025 kWh/a
- Jahresstromverbrauch nach dem Pumpentausch 154 975 kWh/a

Fragestellung: Sind die restlichen 154 975 kWh/a selbst erzeugbar?

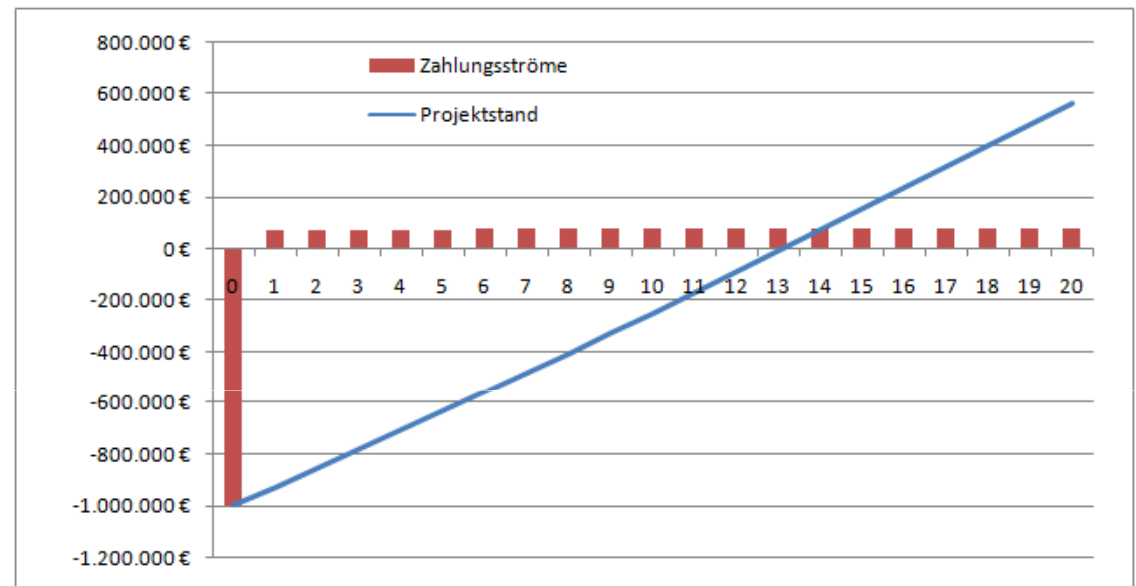
Durch günstig gelegene Flächen ist Photovoltaik
der rentabelste Weg!



Konzept 1: 1.000 kWp Anlage selbst errichten und verwalten

Investitionssumme	1.000.000 €
Interner Zinsfuß	4,62 %
ROI	13,2 Jahre
Projektstand nach 20 Jahren	566.035 €
Mittlerer Bruttoüberschuss pro Jahr	81.905 €
Bruttoüberschuss im ersten Jahr	81.212 €
Produzierter Strom im ersten Jahr	1.014 MWh
Eigenverbrauch	7,2 %

Investitionssumme bestehend aus:
Kosten für Module (inkl. Montage,
Wechselrichter, Kabel usw.) ca. 900 €/kWp netto

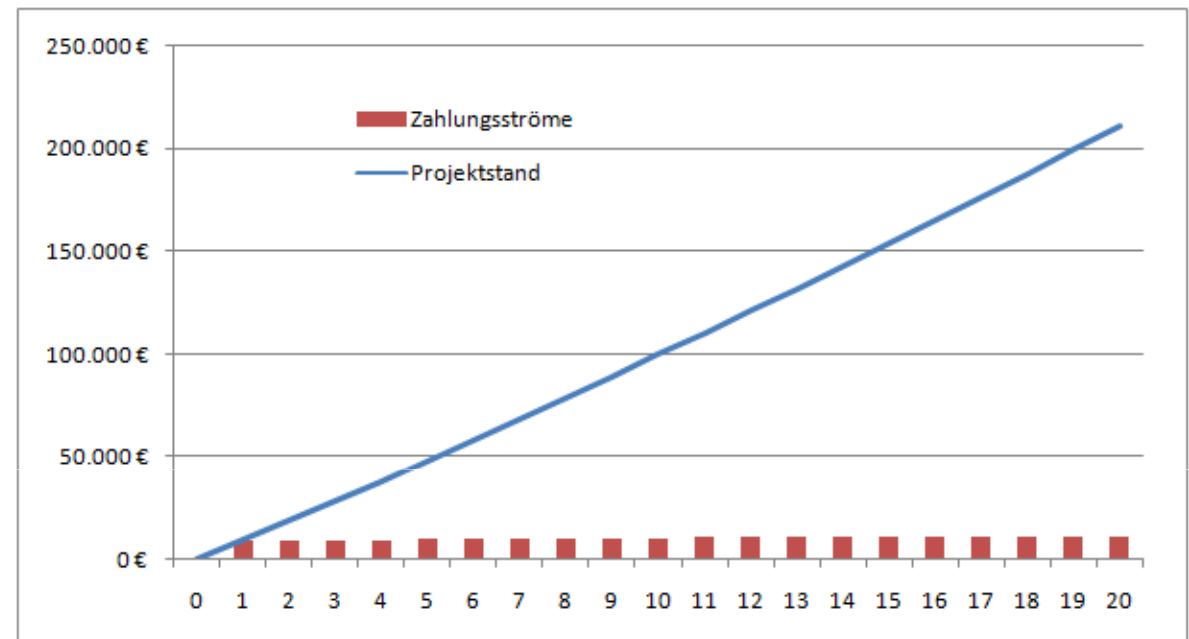


- Energieeinsparung durch Eigenverbrauch 73 100 kWh/a bzw. 13 503 €/a im ersten Jahr
- Einspeisung 941 072 kWh/a bzw. 83 755 €/a im ersten Jahr

Konzept 2:

Fläche wird an einen Betreiber weitergeben und die Gemeinde erhält eine schlüsselfertige 75 kWp PV-Anlage als „Naturalpacht“ zur eigenen Stromerzeugung.

Investitionssumme	0,00 €
Interner Zinsfuß	-
ROI	sofort
Projektstand nach 20 Jahren	211.132 €
Mittlere Ersparnis pro Jahr	10.502 €
Ersparnis im ersten Jahr	9.013 €
Produzierter Strom im ersten Jahr	76.062 kWh
Eigenverbrauch	64 %

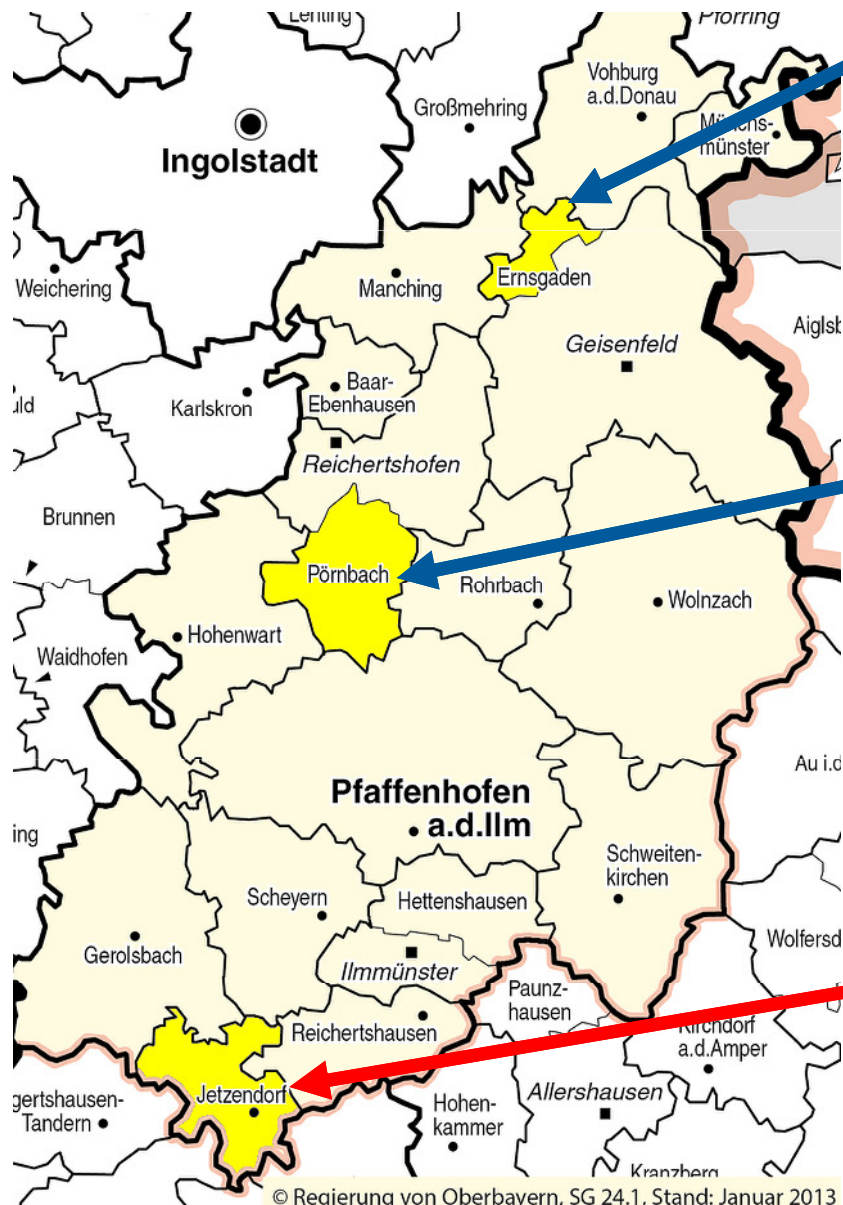


Energieeinsparung durch Eigenverbrauch 48 710 kWh/a

Übliche Pacht für 2,5ha PV-Anlage sind 3.700 € pro Jahr



	Investitions - summe	Energie - einsparung	Kosteneinsparung im ersten Jahr	ROI
Stromtarif	-	-	4 385,78 €/a	sofort
Druckpumpen	-	-	-	-
Vakuumpumpen	55 218 €	49 025 kWh	17 712 €/a	4,1 Jahre
Solaranlage	-	48 710 kWh	9 013 €/a	sofort
Summe	55 218 €	97 735 kWh	31 910,78 €/a	



© Regierung von Oberbayern, SG 24.1, Stand: Januar 2013

Ernsgraben

Abwasserentsorgung:

- Stromverbrauch der Vakuumpumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Pörsbach

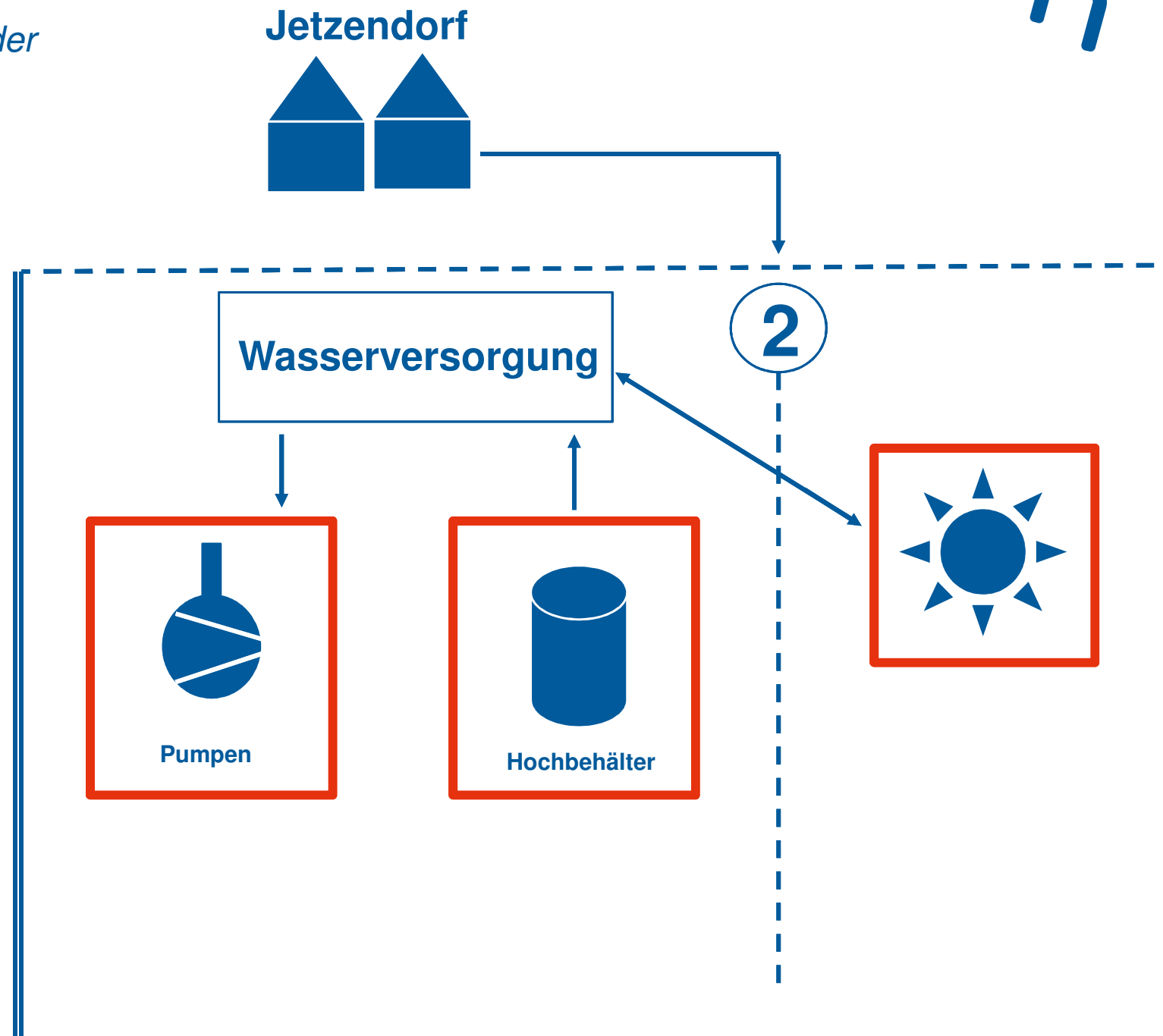
Wasserversorgung:

- Stromverbrauch der Pumpen in Puch senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Jetzendorf

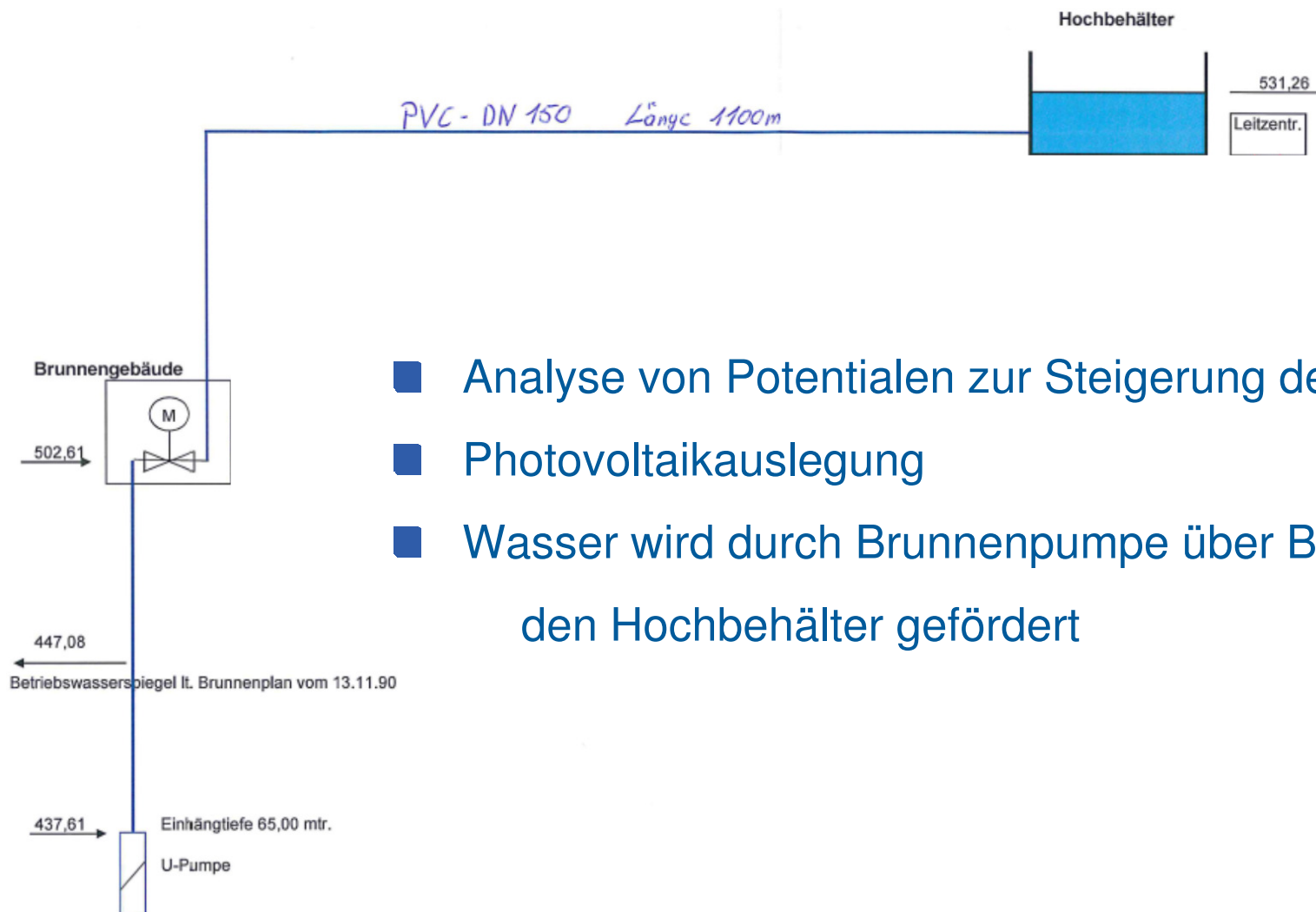
Wasserversorgung + Lärmschutzwall:

- Stromverbrauch der Pumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

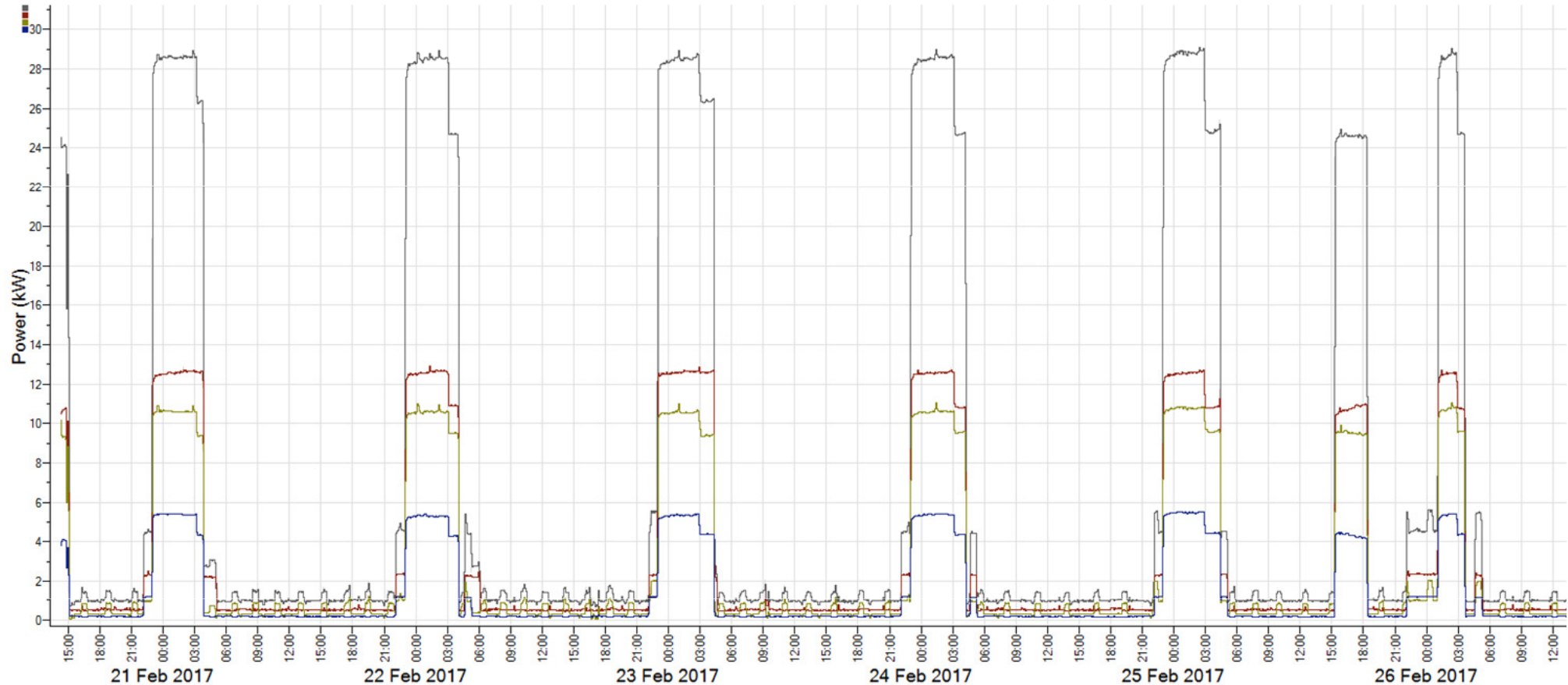


Wasserversorgung Jetzendorf

Einführung



- Analyse von Potentialen zur Steigerung der Energieeffizienz
- Photovoltaikauslegung
- Wasser wird durch Brunnenpumpe über Brunnengebäude in den Hochbehälter gefördert



- Pumpen/Heizung laufen nachts (nur wenige Stunden / Tag Laufzeit nötig)
- Einschnitt wenn Heizung ausgeschaltet wird
- Dargestellt sind alle drei Phasen, sowie die 3 Phasen aufsummiert



- Lastprofil wurde gemessen von: 20.2.2017 13:18 bis 21.3.2017 11:34
- Stromverbrauch nach Stromzähler: 6687 kWh

Aufteilung	Energie in kWh	Betriebsstunden in h
Grundlast	765	
„kleine Spitzen“	67	
Heizung	637	150
Pumpen	5211	155,6
Fehler	7	

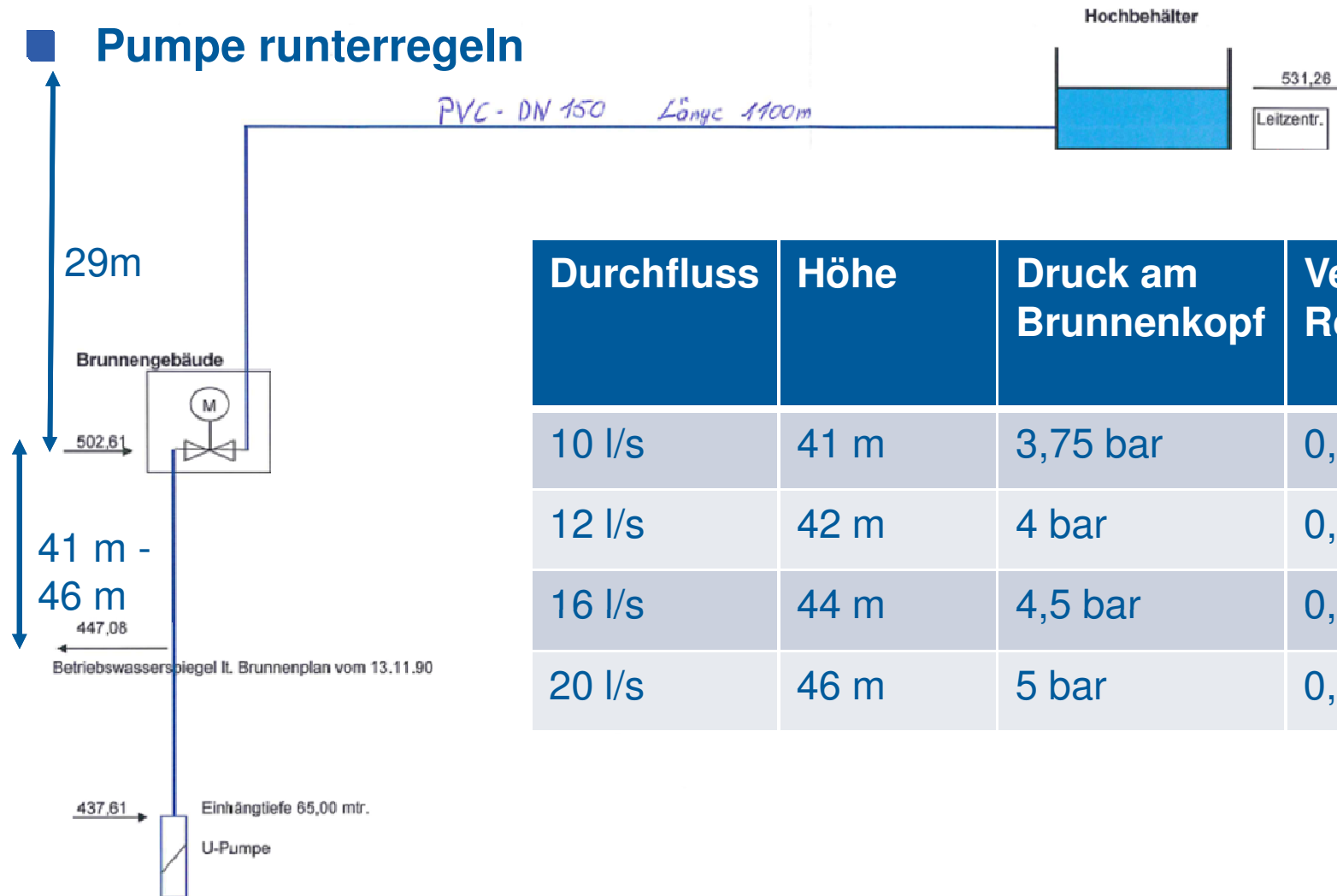
- Brunnenpumpe: KSB, 7 Jahre alt
 - Pumpe auf 25 l/s ausgelegt: allerdings aktueller Betriebspunkt: 19/s

Wasserversorgung Jetzendorf

Komponenten zur Effizienzsteigerung



Pumpe runterregeln

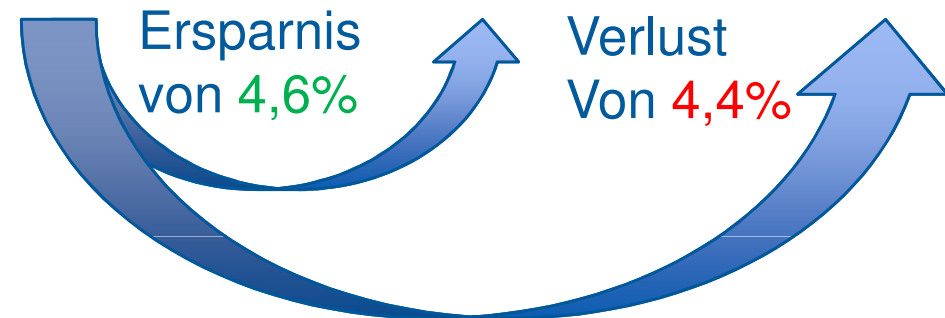


→ Erste Erkenntnisse: **Energieverbrauch sinkt**

	19 l/s	16 l/s	12 l/s
Durchschnittl. Fördermenge pro Tag in m ³	372,8	392,9	359,9
Durchschnittl. Energieverbrauch pro Tag in kWh	242,5	244,5	243,9
kWh/m ³	0,65	0,62	0,68

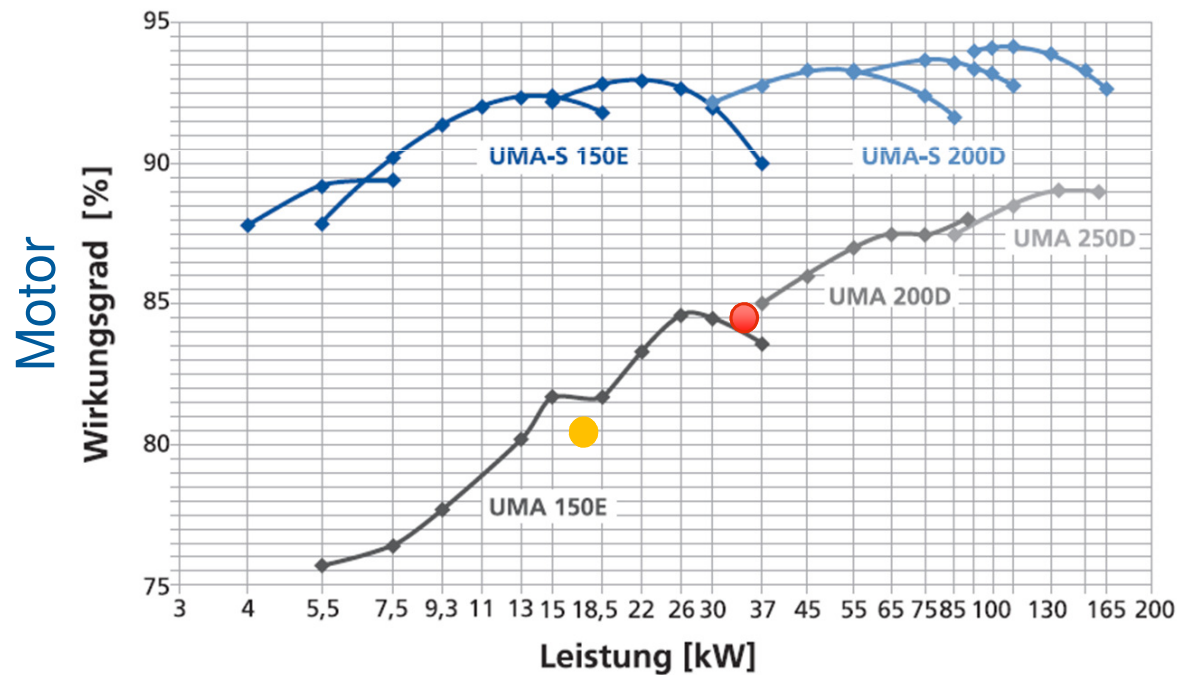
Einsparung bei 16 l/s:

- 3990 kWh pro Jahr
- Aktueller Strompreis: 23,5 ct/kWh
- 937,65 €/a



- Wirkungsgradsteigerung durch runterregeln der Pumpe auf 16 l/s bestätigt
- Offene Frage: Woher stammen Verluste bei weiterem Absenken der Durchflussgeschwindigkeit

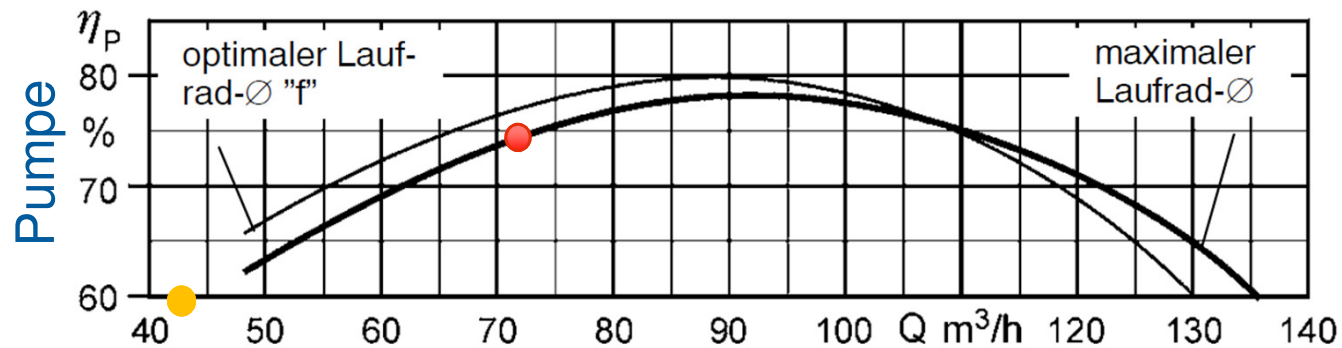
Wirkungsgradklassen nach IEC 60034-30 im Vergleich*:



Kennlinien der aktuellen Pumpe und des Motors (UMA 200D)

● 19 l/s

● 12 l/s (gewünscht)



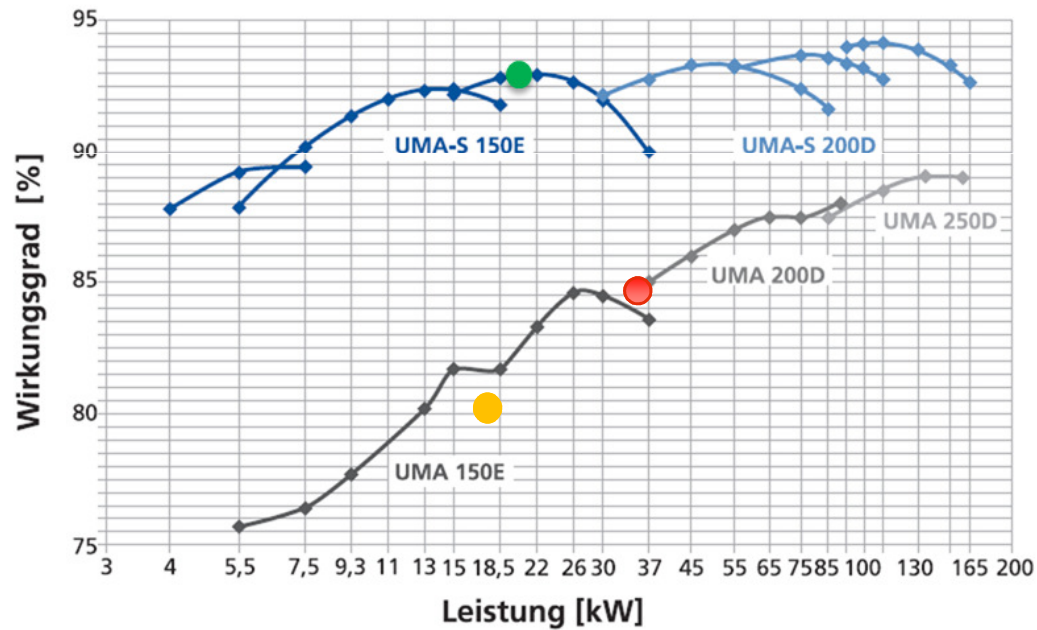
Wasserversorgung Jetzendorf

Kennlinien der neuen Pumpe UPA 150C-48 mit 13,33 l/s



Wirkungsgradklassen nach IEC 60034-30 im Vergleich*:

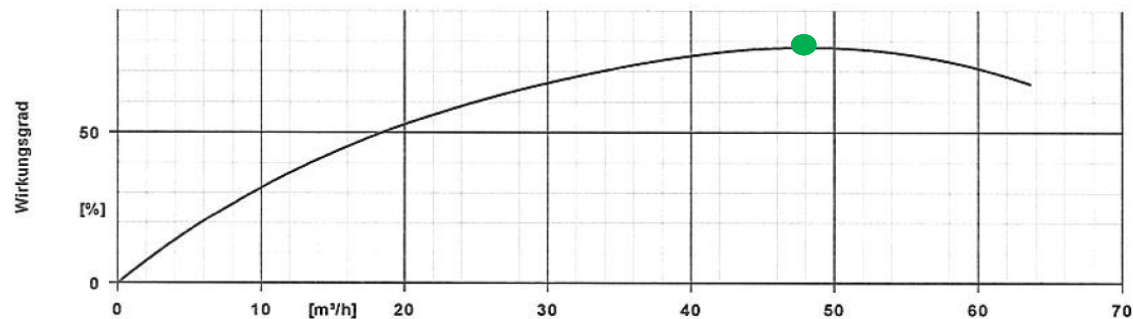
Motor



93 %

*herkömmlicher Asynchronmotor (hier: UMA 150E / 200D / 250D) zu hocheffizientem Synchronmotor (hier: UMA-S 150E / 200D)

Pumpe



78%

Wasserversorgung Jetzendorf

Vergleich der neuen und alten Pumpe



Parameter	Alte Pumpe	Neue Pumpe
Durchfluss	19l/s = 68,4 m³/h	13,3l/s = 48 m³/h
Leistung	33,5kW	17,6kW
Leistung/Durchfluss	0,49 kWh/m³	0,367 kWh/m³
Druck am Brunnenkopf	5bar	4,163bar
Höhendifferenz	46 m	42,5 m
„Gesamthöhe“	96 m	84,13 m
Phys. Leistung/Durchfluss	0,2616 kWh/m³	0,2293 kWh/m³
Pumpenwirkungsgrad	75%	78%
Motorwirkungsgrad	85%	93%
Gesamtwirkungsgrad	63,8%	73,5%
El. Leistung/Durchfluss	0,4104 kWh/m³	0,3161 kWh/m³
Effizienzwirkungsgrad	84 %	84%
Gesamtjahresdurchfluss	133000m³	133000m³
Verbrauch pro Jahr	65170 kWh	48811 kWh

Wasserversorgung Jetzendorf

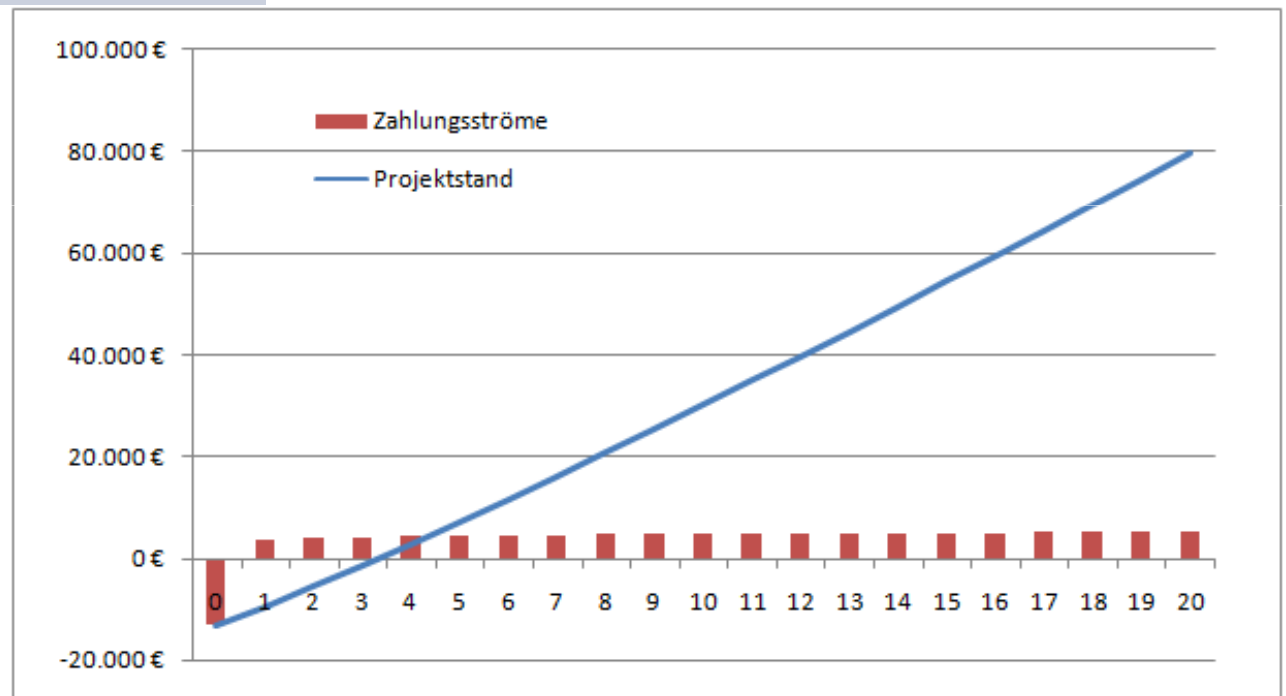
Einsparungsübersicht



Investitionssumme	10.087,51 €
Installationskosten	3000 €
Interner Zinsfuß	31,64 %
ROI	Nach 3,3 Jahren
Projektstand nach 20 Jahren	79.911 €
Mittlere Ersparnis pro Jahr	4638 €

Einsparung:

- 16359 kWh pro Jahr
- Aktueller Strompreis:
23,5 Ct/kWh
3844,37 €/a

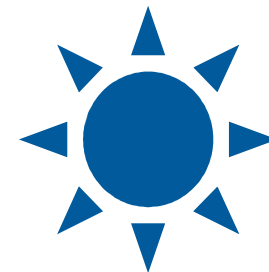




- Jahresstromverbrauch aktuell von 83 400 kWh/a
- Energieeinsparung durch Pumpentausch von 16 359 kWh/a
- Jahresstromverbrauch nach dem Pumpentausch 67 041 kWh/a

Fragestellung: Sind die restlichen 67 041 kWh/a selbst erzeugbar?

Nach Abwägung mehrerer Möglichkeiten
fiel die Entscheidung auf eine PV-Anlage.



PV-Anlage Jetzendorf

Fläche



Modulbelegung:

- 4 Tische (je 15 Module) auf dem Seitenstreifen
- 16 Module auf der Dachfläche Süd
- 18 Module auf der Dachfläche Ost
- 270 Wp pro Modul

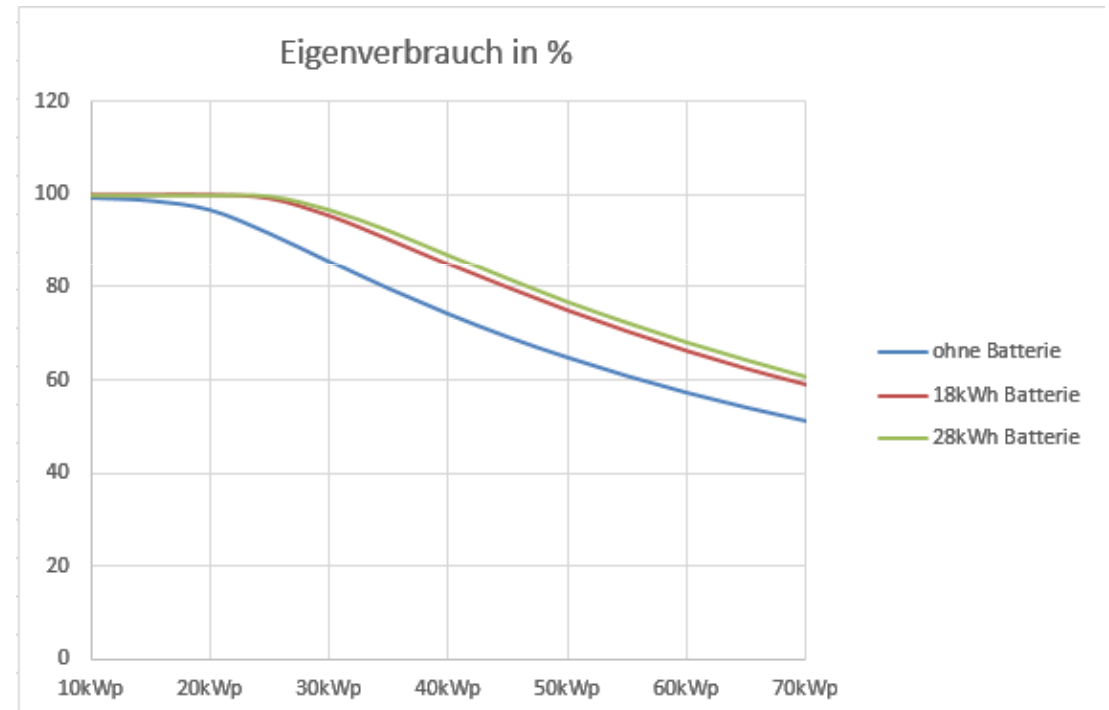
Wasserhausgrundstück Gesamt = 25,4 kWp

Investition Solaranlage = 30.000€

Problemstellung: Nur Dachflächen,
sind EEG vergütbar

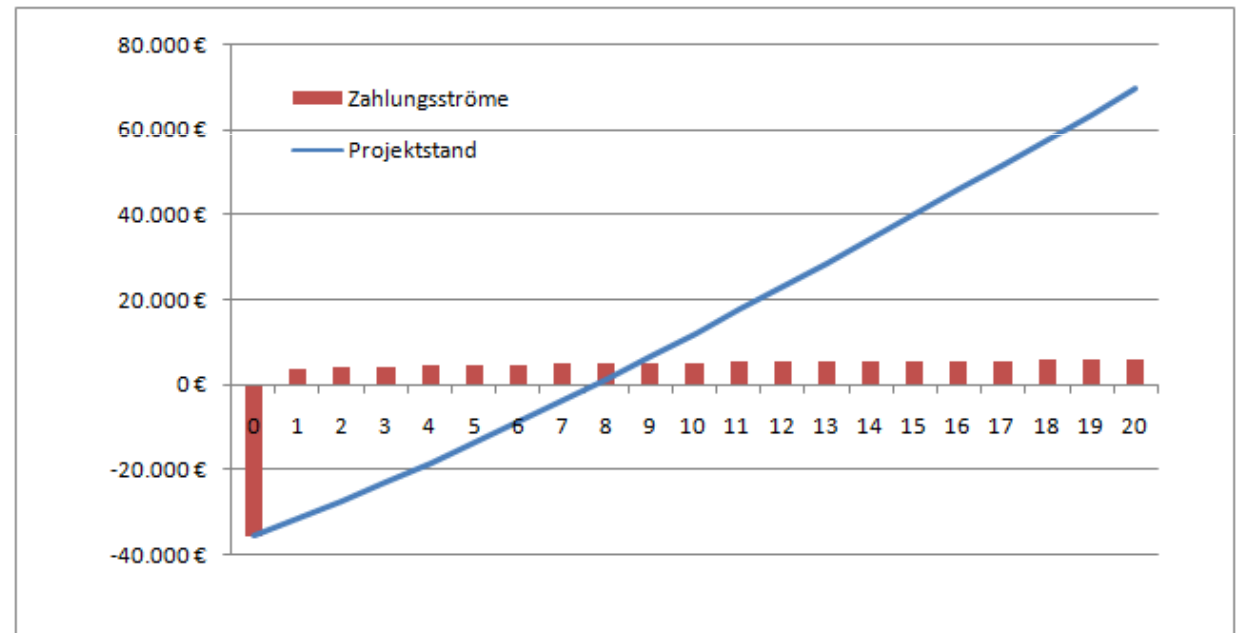
→ Ist ein Batteriespeicher rentabel?

Durch ein angepasstes Lastprofil
konnten nebenstehende
Eigenverbrauchswerte in Abhängigkeit
der Größe der Anlage erreicht werden.



PV-Anlage 25kWp:

Investitionssumme	35.700 €
Interner Zinsfuß	12,33%
ROI	7,8 Jahre
Projektstand nach 20 Jahren	69.681 €
Mittlere Ersparnis pro Jahr	5.168 €
Ersparnis im ersten Jahr	4.027 €



Energieeinsparung 22 520 kWh/a

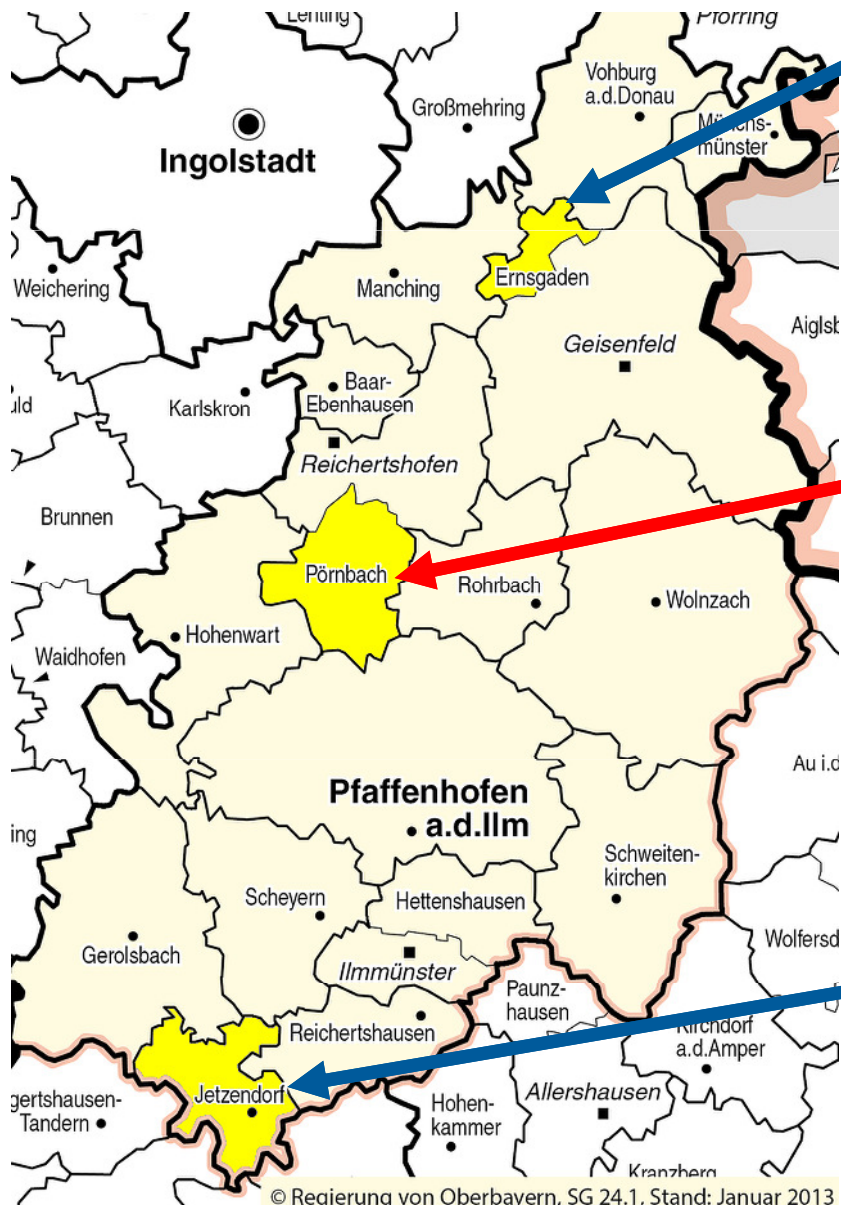
Eigenverbrauchsanteile:

- Ohne Batteriespeicher → 88,8% Eigenverbrauch
- Mit 18,6 kWh Batteriespeicher → 100% Eigenverbrauch aber ROI 11,2a
- Mit 27,9 kWh Batteriespeicher → 100% Eigenverbrauch aber ROI 11,8a

	Investitions - summe	Energie - einsparung	Kosteneinsparung im ersten Jahr	ROI
Pumpen	13 088 €	16 359 kWh/a	3 903 €	3,8 Jahre
Solaranlage	30 000 €	22 520 kWh/a	4 242 €	7 Jahre
Summe	43 088 €	38 879 kWh/a	8 145 €	

Einleitung

Gemeinde Pörnbach – Ortsteil Puch



© Regierung von Oberbayern, SG 24.1, Stand: Januar 2013

Ernsgraden

Abwasserentsorgung:

- Stromverbrauch der Vakuumpumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Pörnbach

Wasserversorgung:

- Stromverbrauch der Pumpen in Puch senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

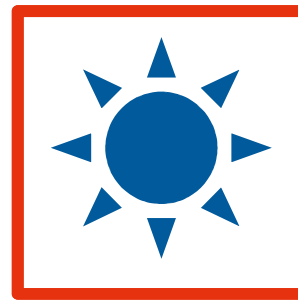
Jetzendorf

Wasserversorgung + Lärmschutzwall:

- Stromverbrauch der Pumpen senken
- Stromkosten reduzieren
- Stromerzeugung durch erneuerbare Energien
- Solaranlage auf Lärmschutzwall
→ Rentabel?

Wasserwerk Puch

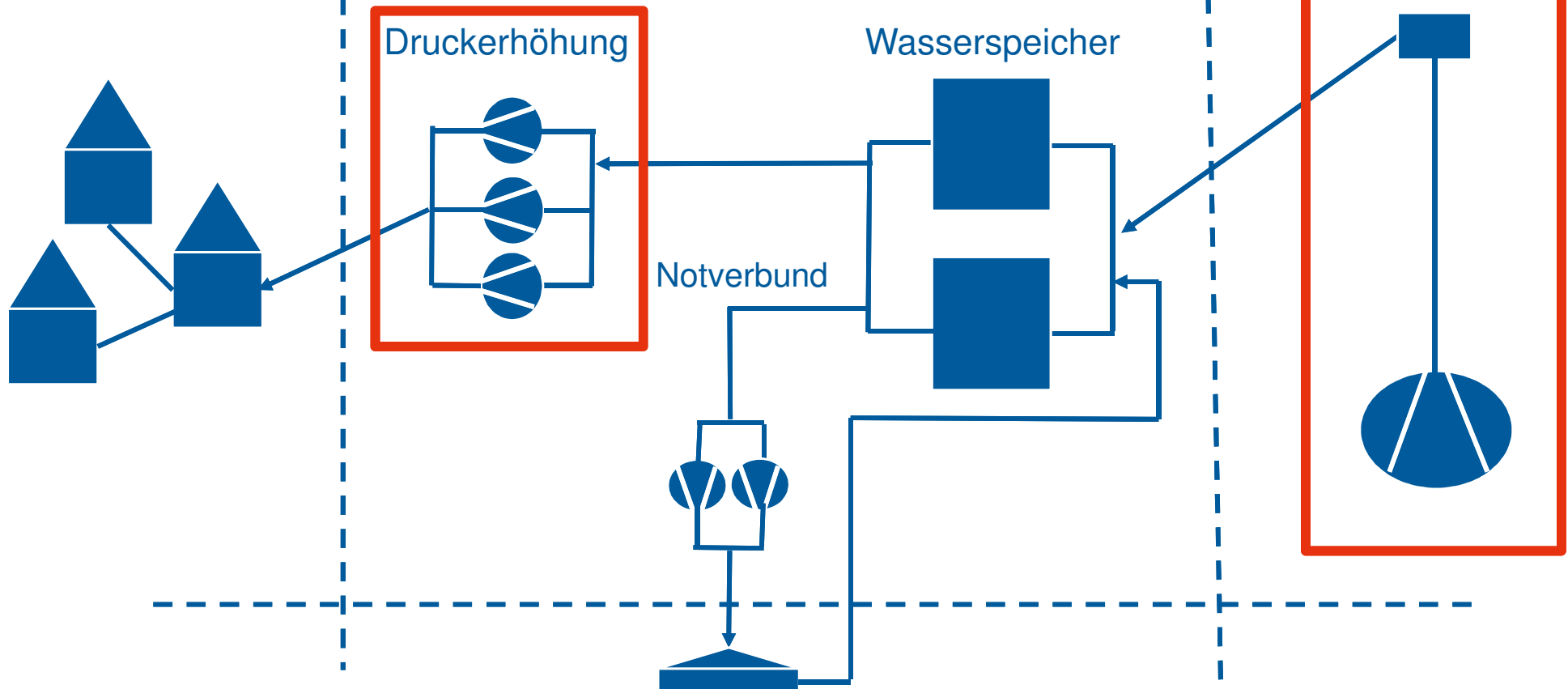
Übersicht & Potentialfelder



Ortsteil Puch

Wasserwerk

Brunnen



Stromverbrauch: 25.000 kWh pro Jahr

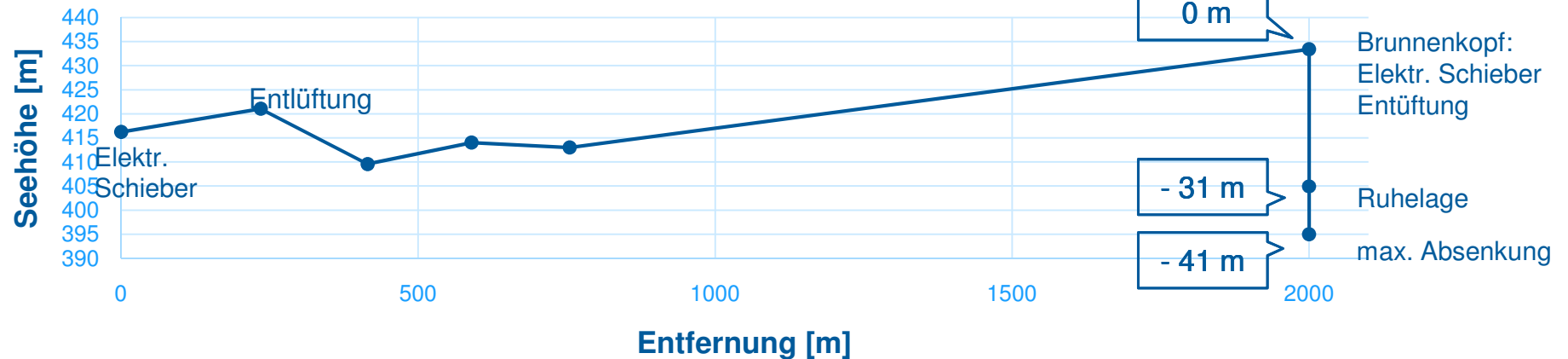


- **Brunnen – Brunnenpumpe mit Druckleitung zum Wasserspeicher:**
 - jährlicher Stromverbrauch: 12.000 kWh
 - Wasserfördermenge pro Jahr: 23.000 m³
 - Wasserspeicher mit einem Fassungsvermögen von 2 mal 100 m³
 - Systemwirkungsgrad: 33%
- **Druckerhöhung:**
 - jährlicher Stromverbrauch: 13.000 kWh
 - Wasserfördermenge: 24.000 m³
 - Systemwirkungsgrad: 14%
- **Installation einer Photovoltaik Anlage:**
 - Senkung der Energiekosten bei optimalem Eigenverbrauch
 - Erreichen des zielgesetzten Anteil an Erneuerbaren Energien

Wasserwerk

Höhenverlauf

Brunnen



Brunnenpumpe WILO NK 63: Inbetriebnahme 2013

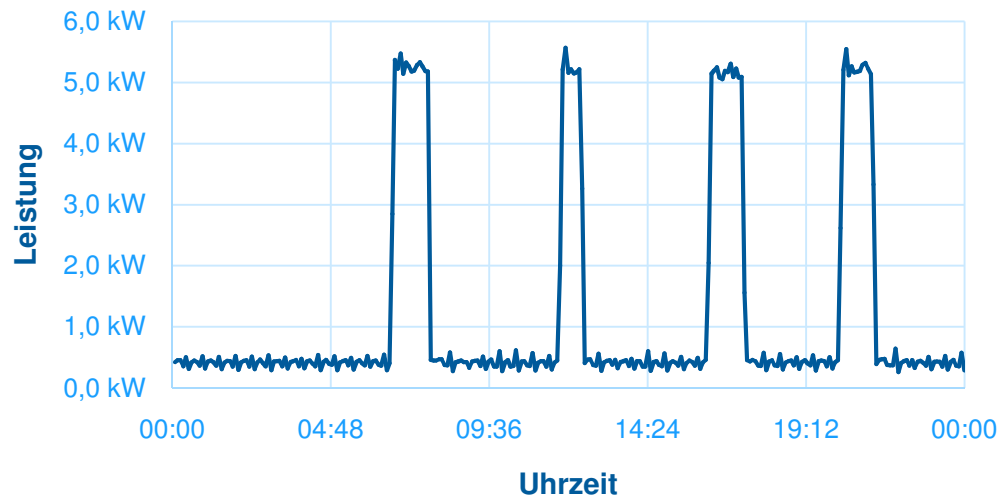
Nennleistung	Volumenstrom	Druck	Frequenz	Brunnenabsenkung
4,7 kW	4 l/s	5,4 bar (54 m)	50 Hz	10 m unter Ruhelage

Zusatzverbraucher: Luftentfeuchter, Steuerelektronik, etc.:

- 0,55 kW

$$\eta_{\text{System}} = 33\%$$

Lastprofil Brunnen - 01.04.2017



Ergebnis:

- **Grundlast: 0,55 kW**
→ 4.900 kWh pro Jahr
- **Laufzeit der Pumpe:**
→ 3-4 Stunden pro Tag
- **Nennleistung Pumpe: 4,7 kW**
→ 7.100 kWh pro Jahr

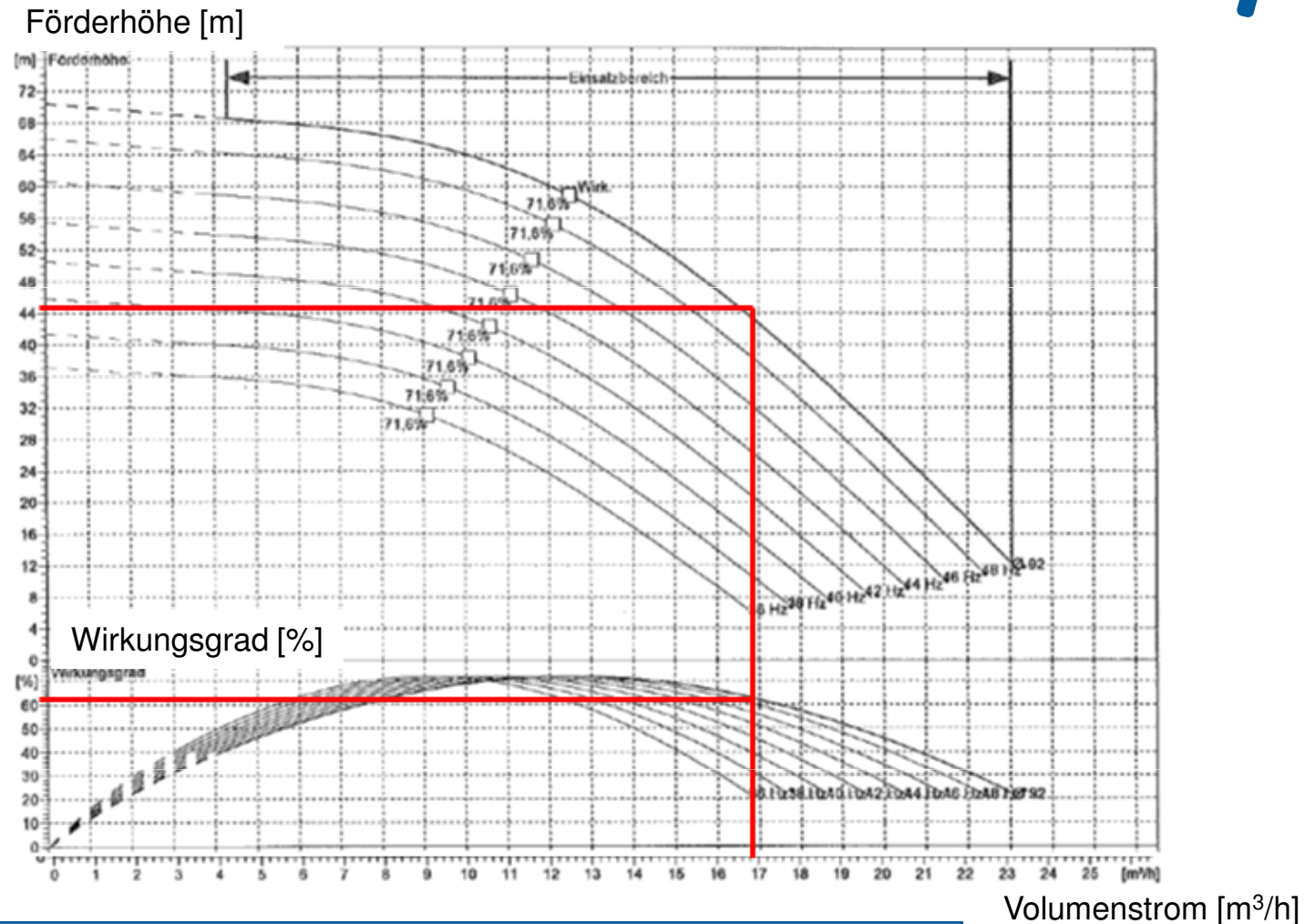
Erkenntnis:

- kurze Pumpintervalle aufgrund des hohen Volumenstroms
- starke Absenkung des Wasserstands im Brunnen, unnötiges Verrichten von Hubarbeit
- schlechte Ausnutzung der Wasserspeicherkapazität
- Betriebspunkt nicht an Systembedingungen angepasst

■ Ist Zustand

(Aus Messungen)

- $f = 50 \text{ Hz}$
 - $\eta_{\text{Pumpe}} = 62 \%$
 - $P_{\text{Pumpe}} = 4,7 \text{ kW}$
 - $V = 16,9 \text{ m}^3/\text{h}$
bzw. $4,7 \text{ l/s}$
 - $\Delta h = 41 \text{ m}$
 - $\Delta p_{(\text{BK})} = 0,3 \text{ bar}$
- 44 m



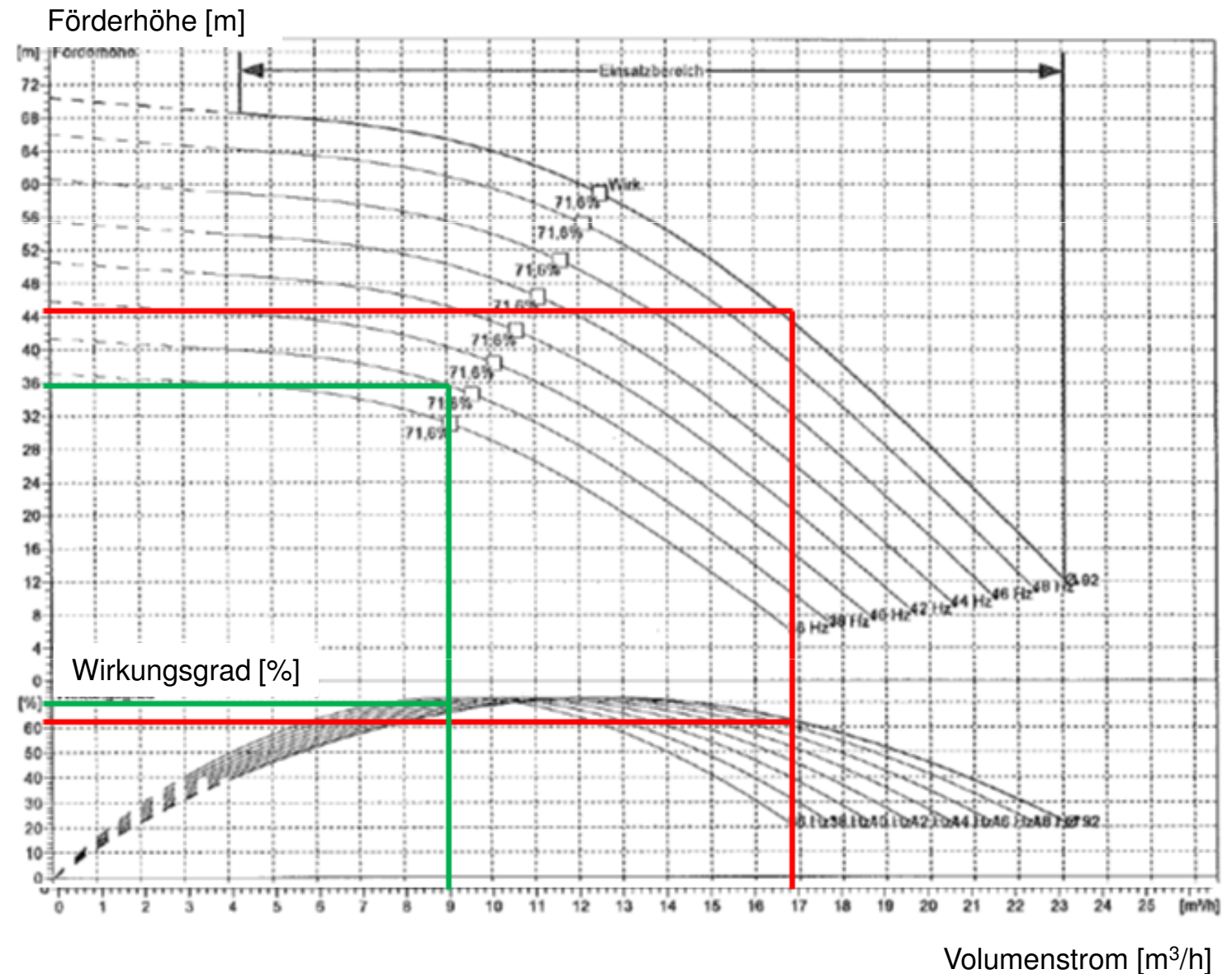
Lösungsansatz: Kosteneffiziente Anpassung der Brunnenpumpe

- Neuanschaffung? ~20.000 €
- **Nachrüsten einer Frequenzumrichter ~ 2.000 €**

Ist Zustand

mit FU:

- $f=38 \text{ Hz}$
- $\eta_{\text{Pumpe}} = 72 \%$
- $P_{\text{Pumpe}} = 2,4 \text{ kW}$
- $\Delta h = 36 \text{ m}$
- $V = 8,9 \text{ m}^3/\text{h}$
bzw. $2,5 \text{ l/s}$



Wasserwerk Puch

Brunnenpumpe – Nachrüsten einer Frequenzumrichter



Nachrüsten FU
→ Besserer
Wirkungsgrad

Geringerer
Volumenstrom
→ Verringerte
Brunnenabsenkung

Übertragungs-
verluste durch
Spannungsabfall
in Stromkabel

7100 kWh

6100 kWh

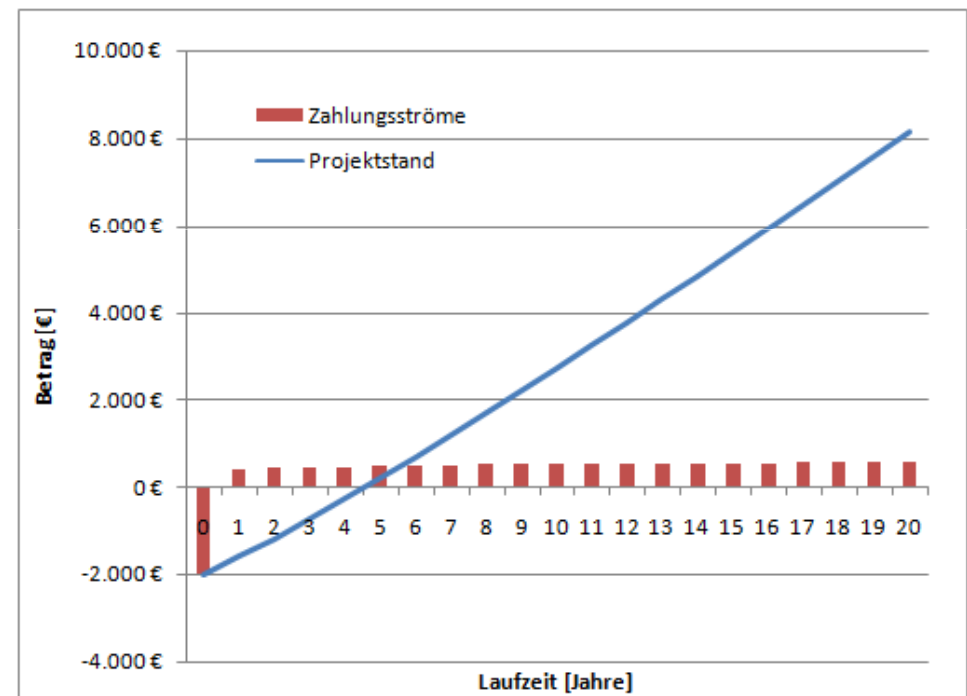
5350 kWh

5200 kWh

Aktueller Jahresverbrauch

Neuer Jahresverbrauch

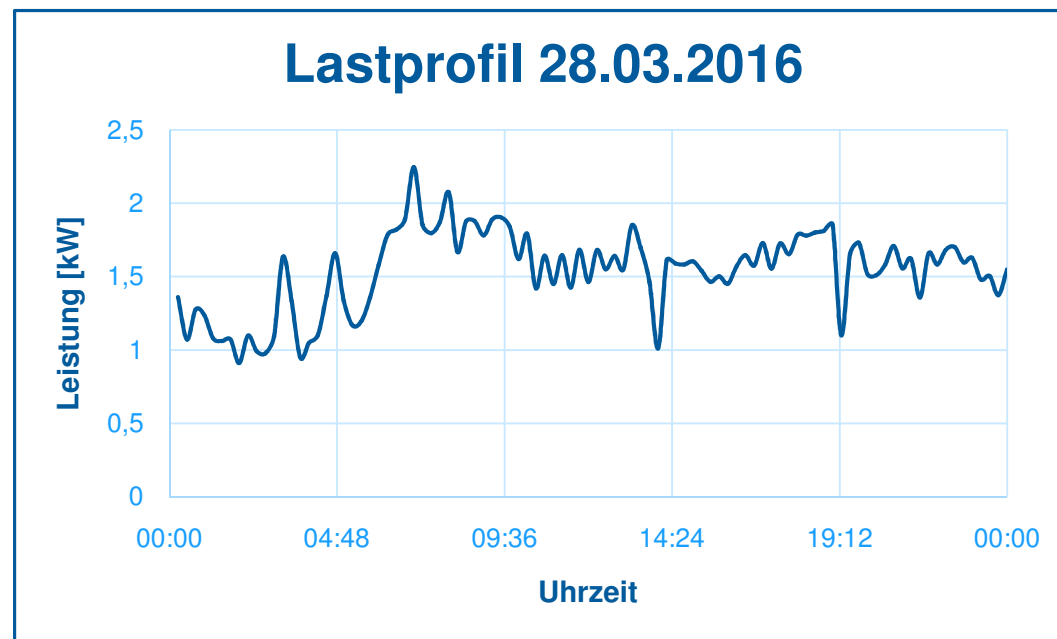
Investitionsrechnung	
Investitionssumme	2.000€
Laufzeit	20 Jahre
Interner Zinsfuß	22,63%
ROI	4,5 Jahre



3 Druckerhöhungspumpen: WILO EMU K 63 1-4

- Rohrmantelpumpen ohne Frequenzumrichtung

Nennleistung	Volumenstrom	Druck	Frequenz
3 kW	4 (12) l/s	2,74	50 Hz



Ergebnis:

- Pumpen laufen fast permanent
- Druckregelung durch Taktung der Pumpen
- permanenter hoher Energiebedarf



Erkenntnis:

- **stark abgenützte und veraltete Pumptechnik**
- **Betriebspunkt der Druckerhöhungspumpen passt nicht auf das Anforderungsprofil:**
 - ist - Fördermenge 4l/s (1 Pumpe), 8 l/s (2 Pumpen), bzw. 12 l/s (3 Pumpen)
 - durchschnittliche Brauchwassermenge 65m³ Tag
 - Benötigte Fördermenge
 - Nachts ~0,4 l/s - Tags ~ 1,3 l/s
 - Löschwasser: 12 l/s bei 3,24 bar
- **Neuanschaffung ist sehr empfehlenswert**

$$\eta_{\text{System}} = 14\%$$

Kerngedanke für Neuauslegung:

- energieeffiziente Auslegung der Druckerhöhung im Lastzustand des Wasserverbrauchs
- Löschwasserversorgung sicherstellen, Energieverbrauch hier zweitrangig

Trinkwasserversorgung: WILO SiBoost Smart 2 Helix VE 404

Leistungsaufnahme	Volumenstrom	Druck	Frequenz	Pumpen Wirkungsgrad
0,5 – 1,5 kW	0,2 – 2,8 l/s	2,9	25 - 60 Hz	58 %

- Druckerhöhungsmodul aus 2 Vertikalkreiselpumpen
- gesonderte Frequenzregelung jeder einzelnen Pumpe
- elektronisches Steuerungs- und Überwachungssystem
- **optimaler Wirkungsgrad von 0,8 – 2 l/s**
- Investitionskosten: 9.000 € (inkl. MwSt.)

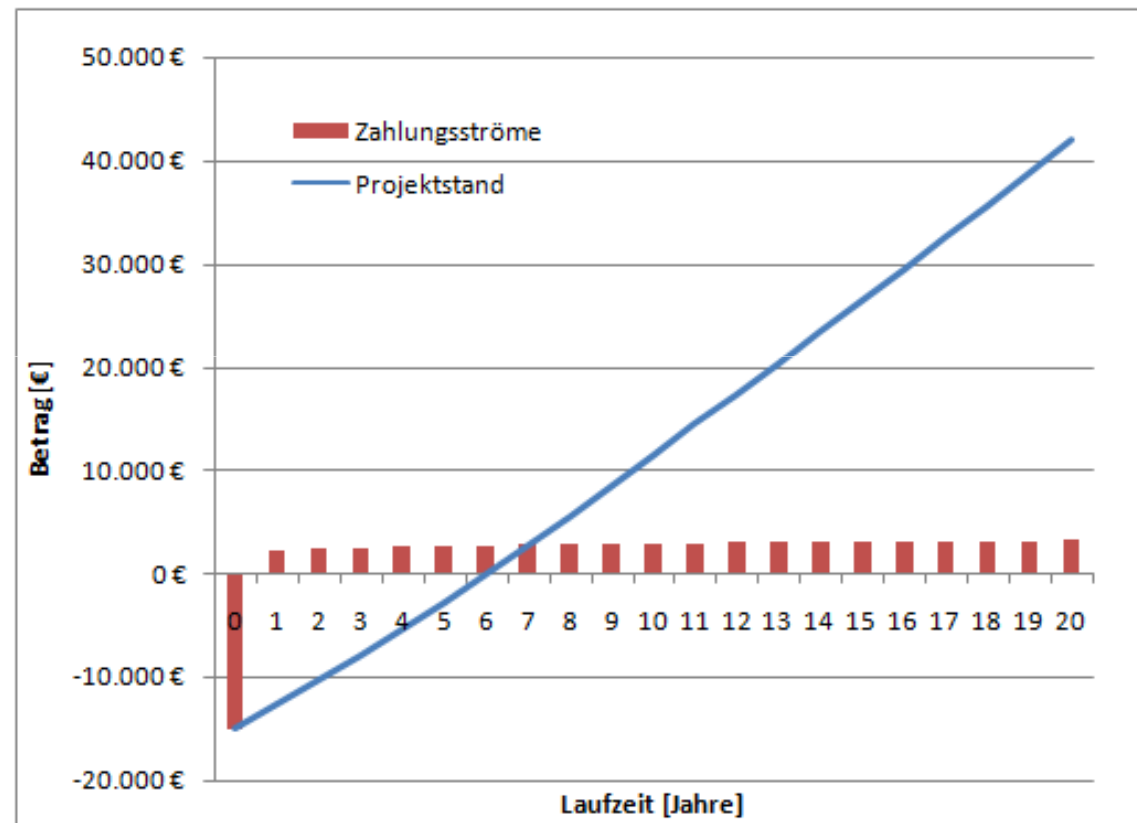


▪ Ergebnis

	Wirkungsgrad	Stromverbrauch	Einsparung
Alt	14%	13.254,29 kWh	10.078,71 kWh
Neu	58%	3.175,58 kWh	

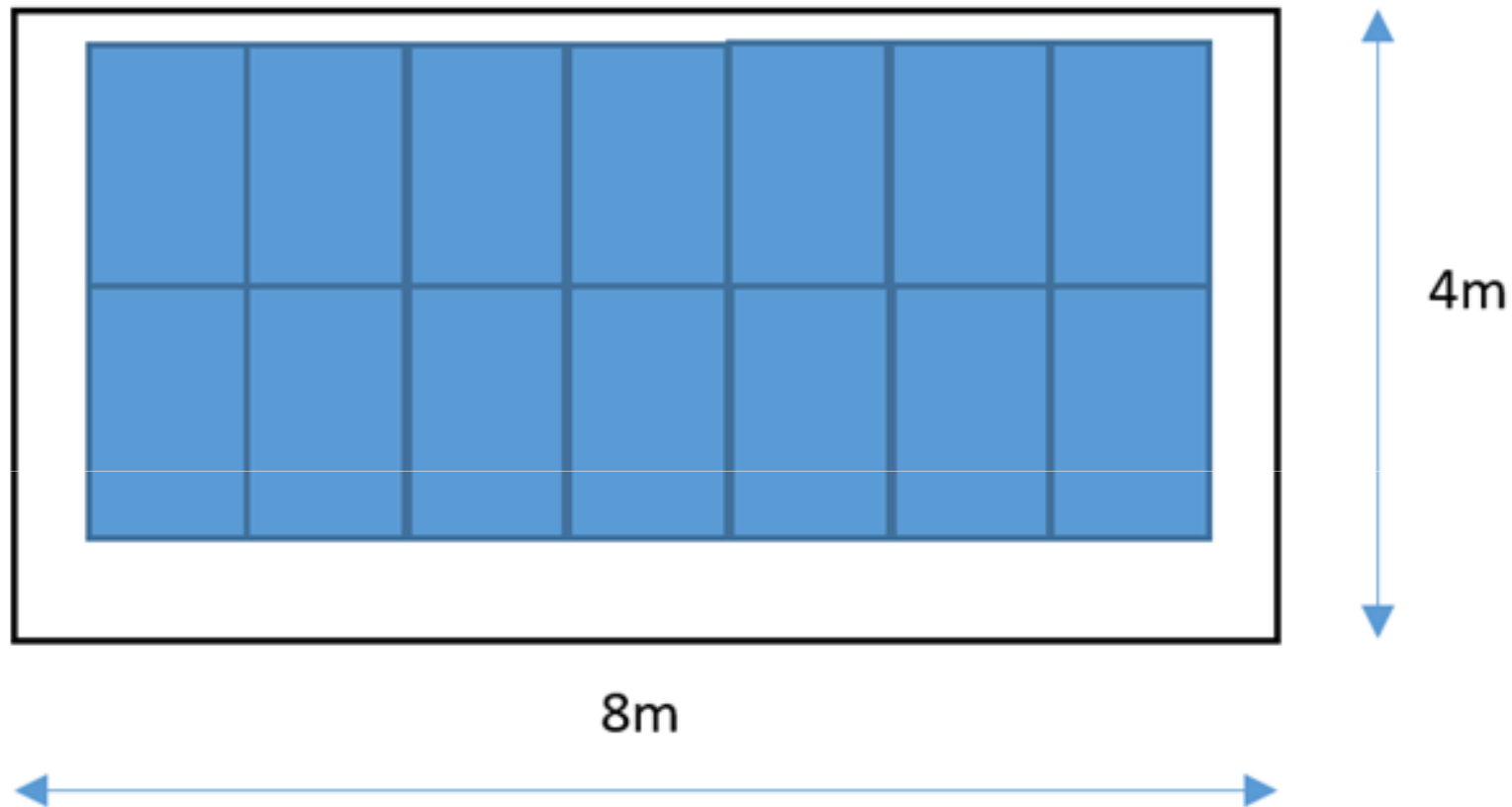
Stromkosten im ersten Jahr			
Alt	2.756,89 €	13.254,29 kWh	100%
Neu	660,52 €	3.175,58 kWh	24%
Einsparung	2.096,37€	10.078,71 kWh	76%

Investitionsrechnung	
Löschwasserpumpe	6.000€
Druckerhöhung	9.000€
Investitionssumme	15.000€
Laufzeit	20 Jahre
Interner Zinsfuß	16,72 %
ROI	6 Jahre



Wasserversorgung Puch

PV-Anlage



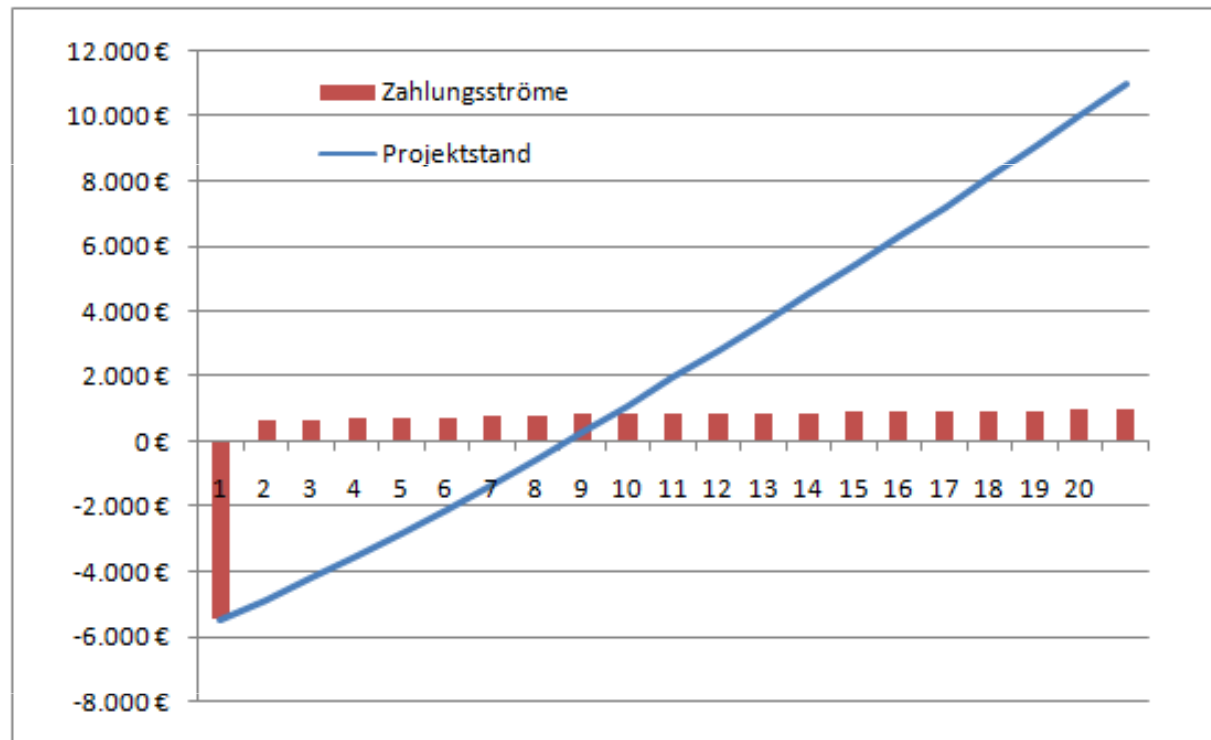
Photovoltaik- Anlagengröße: 3,8 kWp → ca. 3800 kWh/a

Wasserversorgung Puch

Einsparungsübersicht – PV-Anlage

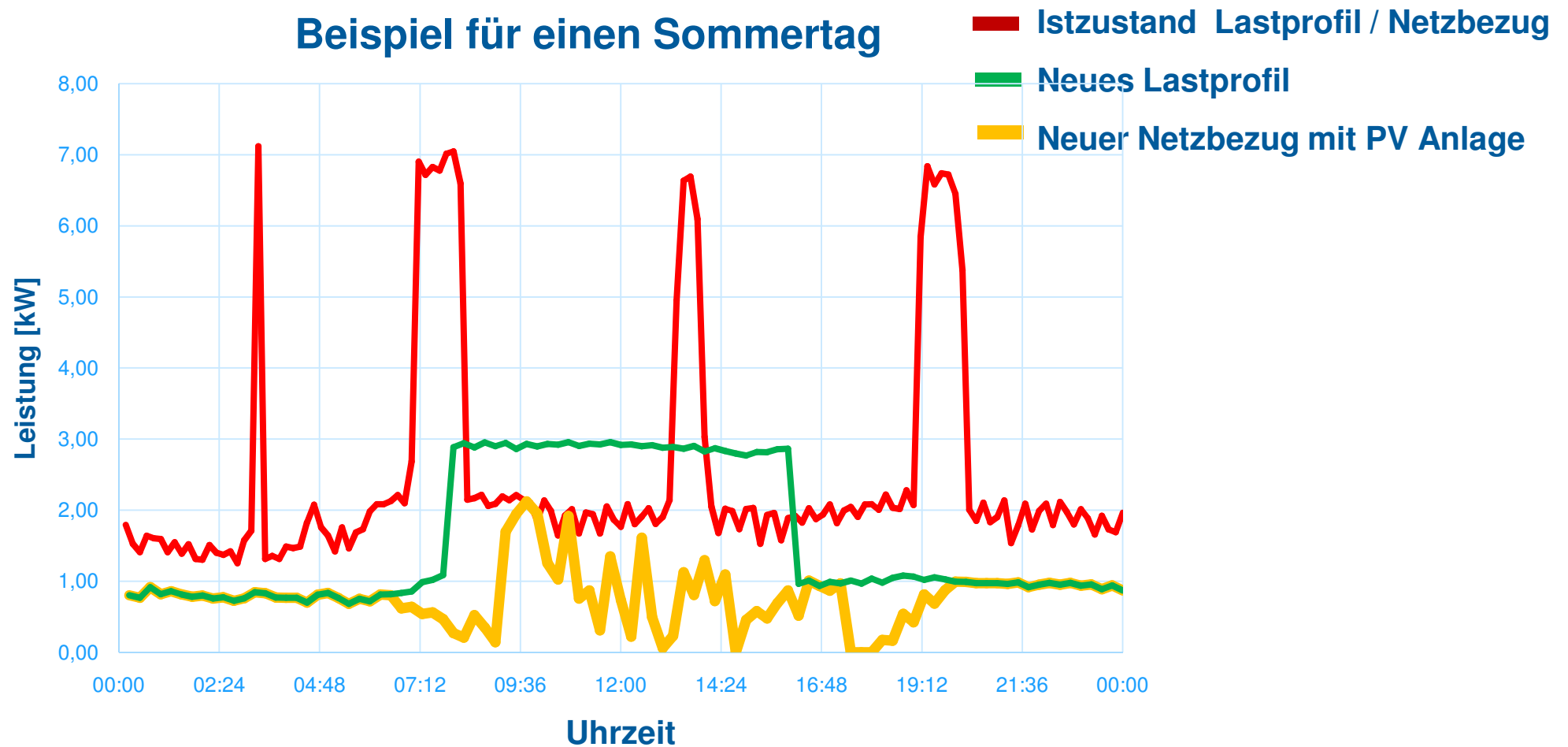


Investitionssumme	5.500 €
Interner Zinsfuß	12,53 %
ROI	7,3 Jahre
Projektstand nach 20 Jahren	11.007 €
Mittlere Ersparnis pro Jahr	825 €
Ersparnis im ersten Jahr	624 €



Eigenverbrauchsanteil der Solaranlage:
96,4 %

Beispiel für einen Sommertag





	Investitions - summe	Energie - einsparung	Kosteneinsparung im ersten Jahr	ROI
Frequenz- Umrichtung Brunnenpumpe	2.000 €	1.785 kWh/a	398 €	5,5 Jahre
Druckerhöhung	15.000 €	10.078 kWh/a	2.096 €	7 Jahre
Solaranlage	5.500 €	3.713 kWh/a	679 €	8,3 Jahre
Summe	22.500 €	15.576 kWh/a	3.173 €	

	Ernsgaden	Jetzendorf	Puch/Pörnbach
Vorgeschlagene Maßnahmen	Neuer Stromtarif	Wasserversorgung:	Frequenzumrichtung Brunnenpumpe
	Neue Vakuumpumpen	Neue Pumpen	Druckerhöhung
	Druckabsenkung	Solaranlage	Solaranlage
	Solaranlage mit Pacht		
Stromeinsparung durch Energieeffizienz:	49 025 kWh/Jahr	16 359 kWh/Jahr	11 863 kWh/Jahr
Stromeinsparung durch PV-Eigenverbrauch:	48 710 kWh/Jahr	22 520 kWh/Jahr	3 713 kWh/Jahr
Investitionssumme:	55.218 €	43.088 €	22.500 €