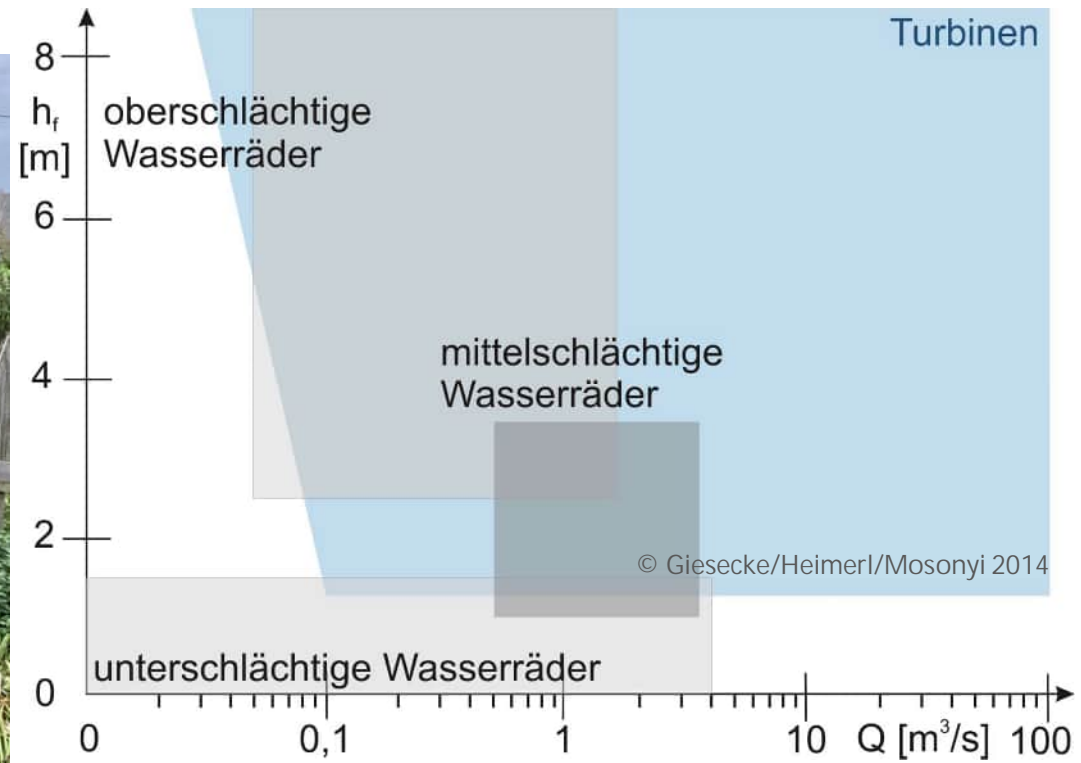


Sind Wasserräder zur
Energieerzeugung heute
eigentlich noch zeitgemäß?

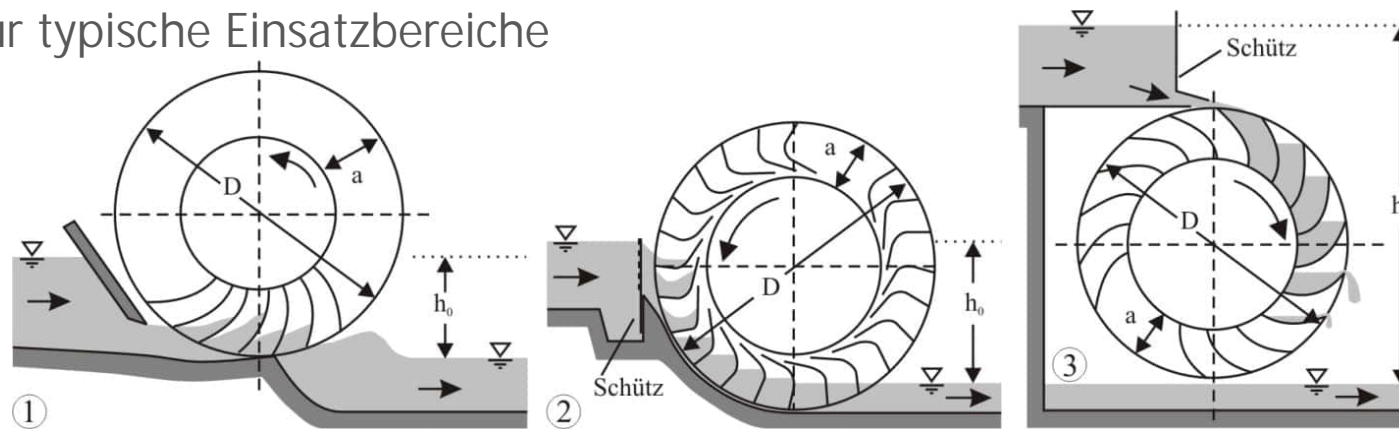
Interalpine Energie- & Umwelttage am 27. & 28. Oktober in Mals/Südtirol

Wesentliche Typen von Wasserrädern



Wesentliche Typen von Wasserrädern

Kennzahlen für typische Einsatzbereiche



Typ des Wasserrades (WR)	h_f [m]	Q_{max} [m ³ /s]	η [-]	$P_{mech,max}$ [kW]	Q_{spez} [m ³ /(s·m)]	Drehzahl [1/min]
1. Unterschlächtiges WR	0,3-1,5	1-4	0,30 (max 0,55)	12	0,80	6 (4-10)
2a. Mittelschlächtiges WR (Zuppinger-WR)	1-3	0,5-3,75	0,75 (max 0,80)	83 (meist <50)	0,75	5 (4-10)
2b. Mittelschlächtiges WR (Bachsches Kulissenrad)	1,5-3,5	0,5-3,25	0,80 (max 0,85)	90 (meist <50)	0,65	5 (4-10)
3. Oberschlächtiges WR	2,5-12	0,05-1,15	0,80 (max 0,88)	90 (meist <50)	0,23	4 (3-8)

Anmerkungen

- Radbreite ist normalerweise auf max. 5 m beschränkt (Biegeschwingungen).
- In der Regel reduziert sich die Schluckfähigkeit mit steigender Fallhöhe.

© Giesecke/Heimerl/Mosonyi 2014

Wasserräder

Nutzungsformen und Kennzeichen

Mühlen begegnen uns überall

- Sie waren – und sind – wesentliche Elemente der Daseinsvorsorge
 - Straßen-, Orts- und Gewannnamen sind stille Zeugen
- Transportmöglichkeiten und Kapazitäten früher begrenzt
- Mühlenbann bzw. Mahlzwang im 12. Jh. entstandenes grundherrliches Gewerbebannrecht

Ausprägungen u. a.

- Mahlmühlen für Mehl, Gips, Pigmente etc.
- Sägemühlen v. a. für Holz und Stein
- Schleifmühlen, z. B. Papier, Murmeln, Eisenpulver
- Ölmühlen für Raps, Leinsamen, Nüsse etc.
- Hammerwerke
- Hebewerke für Wasser

Bauweisen

- Holzwasserräder mit begrenzter Lebensdauer von i. d. R. 15-20 Jahren
- Stahlwasserräder kostenintensiver aber langlebig
- Betrieb in kalten Wintern → Einhausung des Rades gegen Vereisung in Radstube



© Heimerl



Wasserräder

Nutzungsformen und Kennzeichen

Betriebsweisen

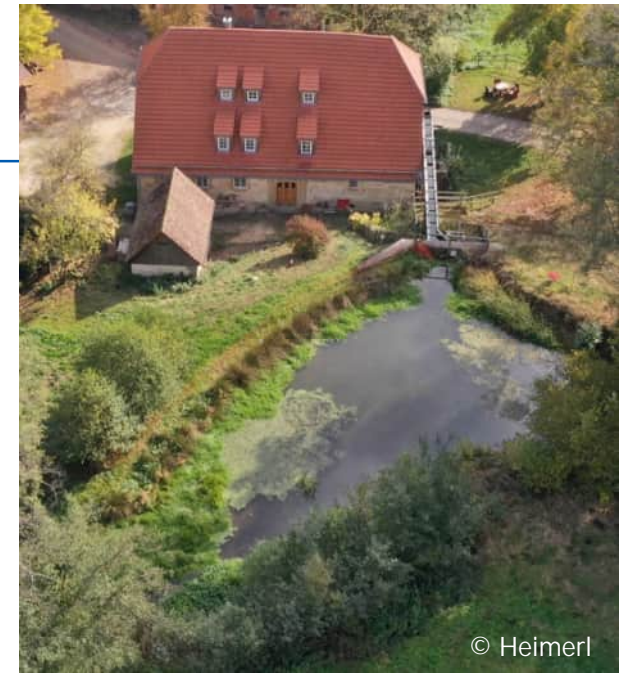
- Laufwasserkraft
- Speicherbetrieb i. d. R. als Tagesspeicher für werktäglichen Betrieb
 - Schwalleffekte in Triebwerksketten häufig gedämpft
 - Speicherfähigkeit heute möglicherweise „neue“ Chance

Umwelt

- Mühlengraben wertvolle Rückzugsräume mit tiefen Wasserbereichen und regelmäßig durchströmt
- Sauerstoffeintrag durch Wasserradbetrieb
- V. a. oberflächige Wasserräder bei ausreichender Zellengröße als Fischabstieg tauglich
- Schallemissionen nur in wenigen Fällen als störend wahrgenommen

Gesellschaftspolitische Einflüsse

- Gelebte Landschafts- und Kulturpflege im Sinne des Denkmalschutzes
- Ideologische Ablehnung von Wasserkraftanlagen unter 100 kW v. a. in Deutschland
 - Begründung der Grenze defacto nicht existent
- Jedoch: vielfach Eigenversorgung der Betreiber mit zusätzlicher Einspeisung – hohe Nachhaltigkeit!



Umwelt

Fischverträglichkeit

Wasserräder sind häufig im Oberlauf der Gewässer angeordnet

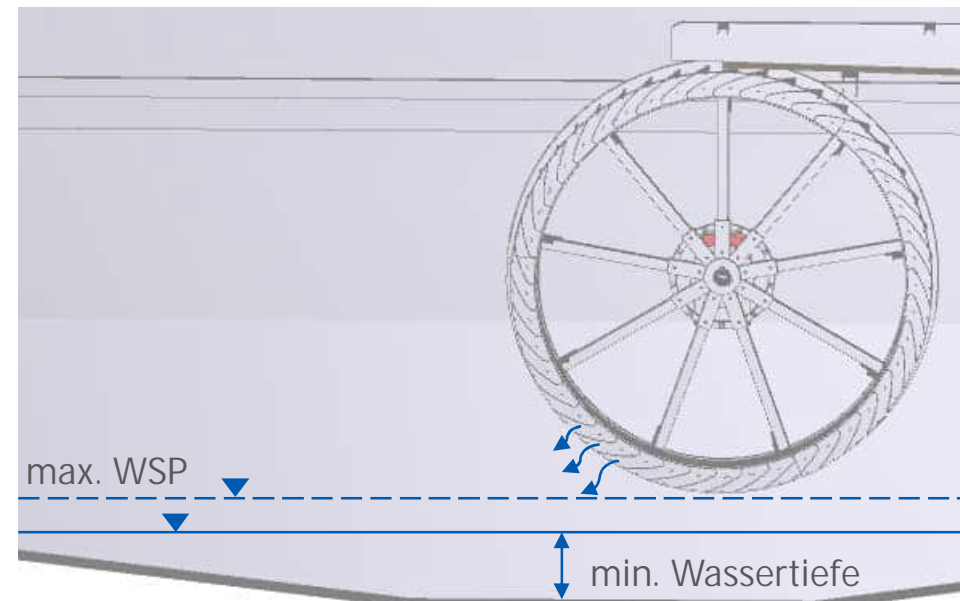
- Fischbestand i. d. R. begrenzt
- Häufig Forellenregion mit kleineren, schlanken Fischen: Forellen, Gropen etc.



© Heimerl

Wesentliche Fischschutzaspekte im Hinblick auf gefahrlosen Abstieg

- Oberschlängliche Wasserräder
 - Zuflussgeschwindigkeit in Rinne $< 1,6$ m/s
 - Differenzgeschwindigkeit $\leq 0,5$ m/s bei Übergang WR
 - Zellengröße/-tasche muss größer als der Fisch sein
 - Entleerung idealerweise erst im untersten Viertel
 - Wasserpolster unter Wasserrad mind. 0,50 m bei niedrigstem Wasserstand
- Dann kein zusätzlicher Fischschutz/-abstieg notwendig
- Mittel- und unterschlächtige Wasserräder
 - Geringes Spaltmaß und enge Schaufelstellung vermutlich kritisch
 - Systematische fischbiologische Untersuchungen existieren derzeit nicht



© nach Schuhmann Mühlenbau

Umwelt

Lärm-Untersuchungen

Messungen im Rahmen einer Masterarbeit an 18 Standorten

- Resultierender Schallpegel in 10 m Entfernung: 71 bis 87 dB(A)
- Resultierender Schallpegel in 20 m Entfernung: 65 bis 81 dB(A)
- Zum Vergleich: Schallpegel in 10 m Entfernung für kleine Fließgewässer bis 95 dB(A)
- Eine Korrelation mit einzelnen Bauweisen konnte nicht ermittelt werden, lediglich Indikationen
- Fremdeinflüsse der Umgebung inkl. Gewässer und wasserbauliche Einrichtungen häufig dominant
- Wahrnehmung: nur in wenigen Fällen Geräusch und Intensität als störend empfunden

- versetzte Zellen:
gleichmäßigerer,
aber nicht zwingend
leiserer Lauf



Aschach, Bad Kissingen, 3,5 kW © Schuhmann Mühlenbau

Anlagenbeispiel

Volk'sche Mühle/Echaz, Pfullingen, Baden-Württemberg

Auffassung des Landesdenkmalamtes Baden-Württemberg

- Technikdenkmale müssen erhalten bleiben, sollen aber erlebbar sein
- Wasserräder an Mühlen sollen sich möglichst drehen

Beispiel Volk'sche Mühle/Echaz, Pfullingen

- Gebäude aus 1578
- Sanierung Gebäude bis 2019
- Wasserrechtliches Verfahren 2020/2021 durch Fichtner
- 3/8-Kanal mit MQ ca. $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Bruttofallhöhe $4,95 \text{ m}$
- Oberschlächtiges Wasserrad
 - Durchmesser D : $4,6 \text{ m}$
 - Breite: $1,9 \text{ m}$
 - Ausbauabfluss: $0,65 \text{ m}^3/\text{s}$
 - Leistung P_{max} : ca. 16 kW
- Errichtung durch Schuhmann Mühlenbau



© Heimerl

Anlagenbeispiel

Volk'sche Mühle/Echaz, Pfullingen, Baden-Württemberg

Wasserradeinbau Sommer 2022



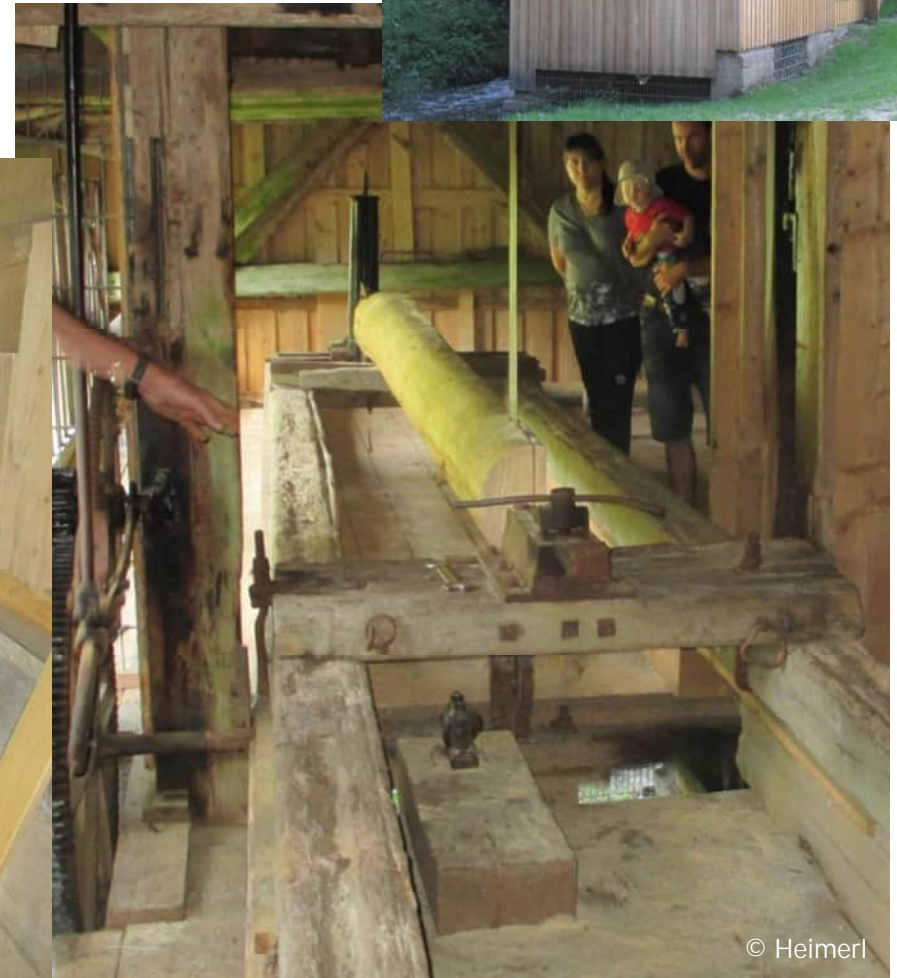
© Heimerl

Anlagenbeispiel

Hummelgautsche/Wilde Rot, Alfdorf, Baden-Württemberg

Nutzung mechanischer Energie

- Genossenschaftliche Mühle aus 14. Jh., bis 1950er-Jahre in regulärem Betrieb
- Hochgang mit einem Sägeblatt, heute Museumsbetrieb
- Mittelschlächtiges Wasserrad mit Kropfgerinne
- D ca. 5 m, P ca. 2,5 kW



© Heimerl

Anlagenbeispiel

Meuschenmühle/Eisenbach, Alfdorf, Baden-Württemberg



Historische Mühle im Dornröschenschlaf bis 2014

- Mahlmühle mit Ersterwähnung 1271, derzeitiges Gebäude vmtl. aus 1787
- Um 1970 Stillsetzung des Mahlbetriebs
- Mechanischer Antrieb von 3 Mahlgängen
- Oberschlächtiges Holz-Wasserrad mit $D = 7\text{ m}$

© Heimerl

Anlagenbeispiel

Meuschenmühle/Eisenbach, Alfdorf, Baden-Württemberg

- Trennung Mahlgestühl und Wasserrad durch Achsenanhebung 2016
- Vollautomatische Stromerzeugung mit $P_{\max} = 6 \text{ kW}$
- Oberschlächtiges Stahl-Wasserrad mit $D = 7,87 \text{ m}$ von Schuhmann Mühlenbau
- Schaumühle bei Bedarf



© Heimerl

Anlagenbeispiel – einmal etwas anders

Mindestwasserkraftwerk Schluchsee-Talsperre, BW

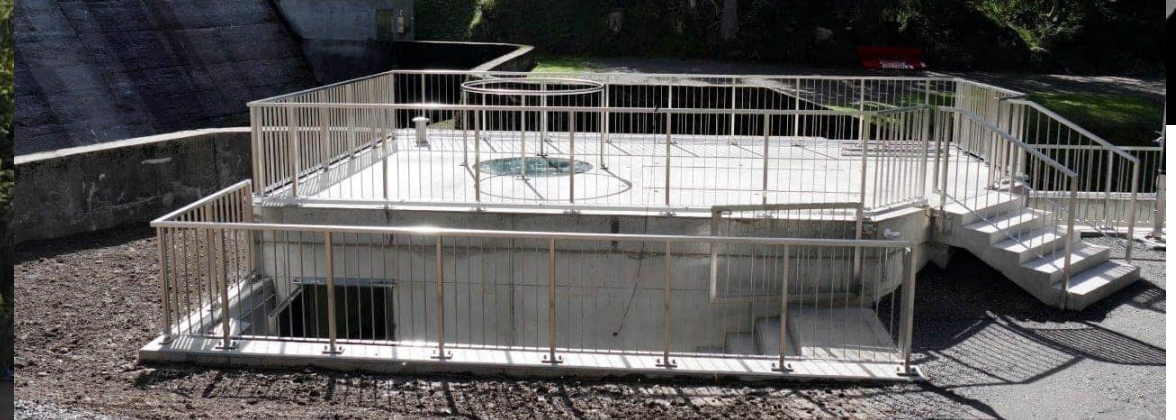
- Permanente Abgabe von 211 l/s
- PAT mit 60 kW bei 31 m Nettofallhöhe
- Planung von Fichtner, Inbetriebnahme 2022



© Fichtner



© Schluchseewerk AG



© Schluchseewerk AG

Anlagenbeispiel – einmal etwas anders

Mindestwasserkraftwerk Schluchsee-Talsperre, Baden-Württemberg

- PAT benötigen einen Gegendruck
 - Gegendruckbecken notwendig
- Wasserrad im Auslauf zur Nutzung der Restdruckhöhe
 - Durchmesser 1,06 m
 - 1,48 m breit
 - 1,7 kW
 - Ca. 14.000 kWh/a



© Schluchseewerk AG

Anlagenbeispiel

Mahlmühle/Aitrach, Aichstetten, Baden-Württemberg

Stillstehendes Wasserrad mit grundsätzlich guter Substanz

- Offensichtlich bestehendes Altrecht
- Zuppinger-Rad mit ca. 4 m Durchmesser, P ca. 20 kW
- Rehabilitierung und ökologische Aufwertung zu prüfen



© Heimerl

Sind Wasserräder zur Energieerzeugung heute eigentlich noch zeitgemäß?

Sinnvoller Lückenschluss nach unten bei niedrigeren Abflüssen und Fallhöhen

- Erlebte und gelebte Technikgeschichte sowie Erhalt der Denkmäler
- Nutzung
 - Lokale nachhaltige Erzeugung mit hohem Identifikationswert, Grundlast auch < 1 kW
 - Erzeugung elektrischer Energie mit gutem Wirkungsgrad bei kleinem Q und h
 - Nutzung der vorhandenen Speicher ggf. als Chance zu sehen
 - Gute Regelfähigkeit von 5 bis 120 % (!) (Turbine 30-105 %)
- Umweltaspekte
 - Erhalt der Gewässerstrukturen, z. B. Mühlkanäle, durch Betrieb
 - Fischfreundlichkeit v. a. bei überschlächtigen Wasserrädern durch geringe Drehzahl und bei entsprechend großen Zellen gegeben
 - Kaum störende Schallemissionen
- Herausforderungen
 - Wasserdargebot natürlicherseits im Sommer teilweise eingeschränkt
 - Kosten in einigen Fällen nicht alleine durch Vergütung deckbar



Sandbichler Mühle, Mals © YesAlps

Fazit: Ja, Wasserräder sind zeitgemäß als nachhaltige, lokale Energiequelle bei geeigneten Randbedingungen



Kontakt

Fichtner Water &
Transportation GmbH
Sarweystraße 3
70191 Stuttgart
Deutschland
www.fwt.fichtner.de



Prof. Dr.-Ing. Stephan Heimerl

Telefon +49 (711) 8995-737
Mobil +49 (163) 8995 737
Stephan.Heimerl@fwt.fichtner.de