

Untersuchungen zur Optimierung eines Wasserrades



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Silke Schneider, Nicole Saenger und Gerald Müller

Wasserbaukolloquium 2009: Wasserkraft im Zeichen des Klimawandels



Gliederung

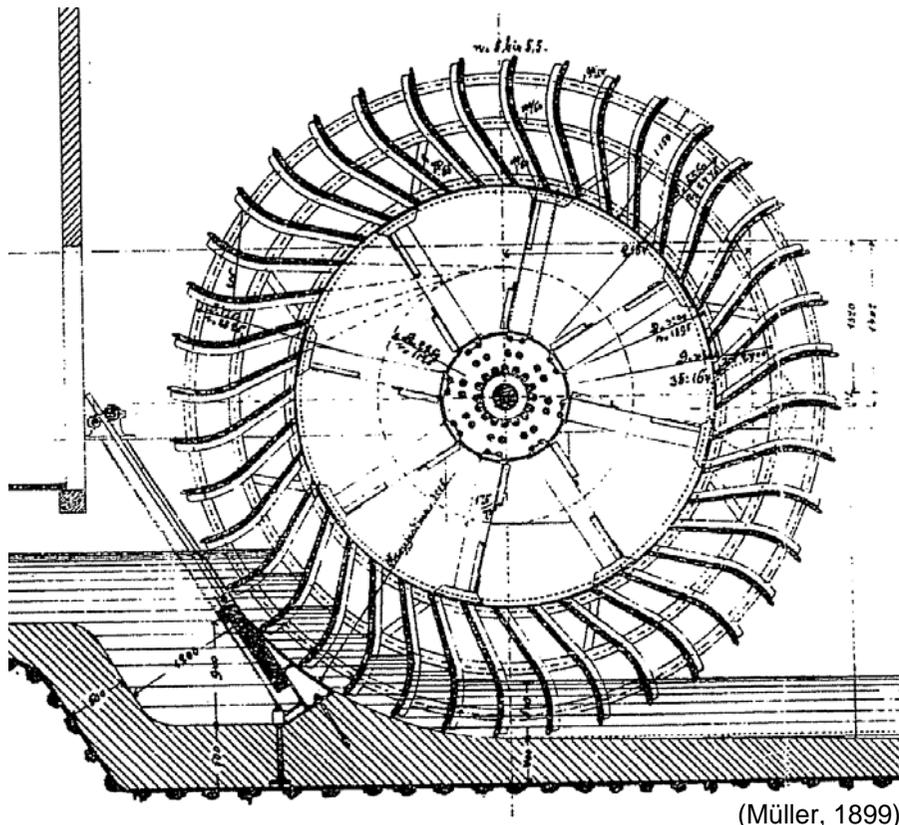


- Veranlassung
- Das Zuppigerrad
- Theorie für das Zuppigerrad
- Ergebnisse
- Ansatz von Verlusten
- Anwendbarkeit und Ausblick

Veranlassung

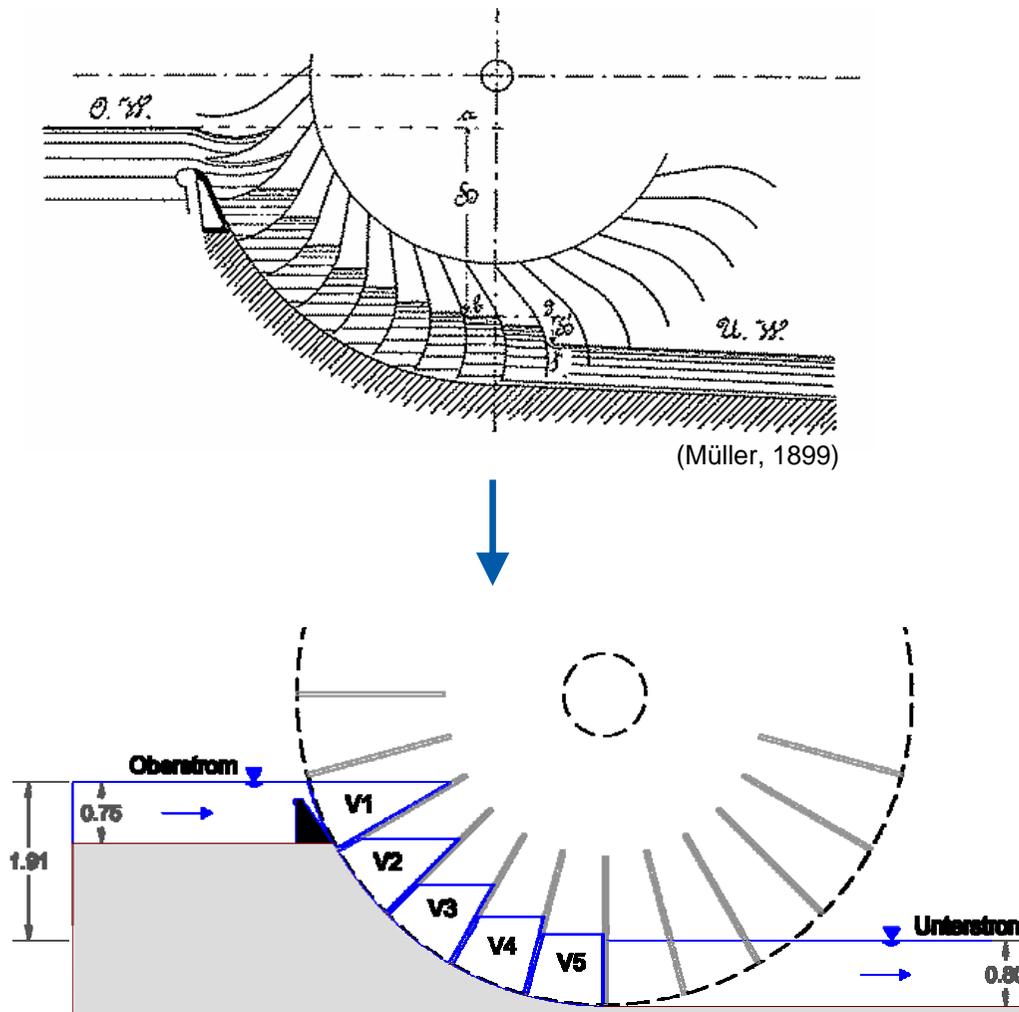
- großes Erschließungspotential für die Kleinwasserkraft in Deutschland
- bei geringen Fallhöhe und kleinen Abflüssen
 - Einsatz unter- und mittelschlächtiger Wasserräder
 - neue Popularität
- unter- und mittelschlächtinge Wasserräder:
 - Konstruktion in überlieferter Weise
 - wenig Natur-Untersuchungen zu Leistungskurven
 - keine weitergehenden theoretischen Überlegungen vorhanden

Das Zuppigerrad



- Radcharakteristika:
 - hohe Anzahl der Schaufeln
 - rückwärts Krümmung der Schaufeln
→ geringe Verluste beim Ein- und Austauschen
 - Schaufelmaterial: Holz oder Stahl
 - Wirkungsgrad: 75 - 77 %
 - Natur-Messungen (Neumayer et al., 1979): 71 %
- Einsatzbereiche:
 - Fallhöhe: 0,75 - 2 m
 - Durchfluss: 0,2 - 1,2 m³/s
 - geeignet bei stark schwankendem Unterwasser

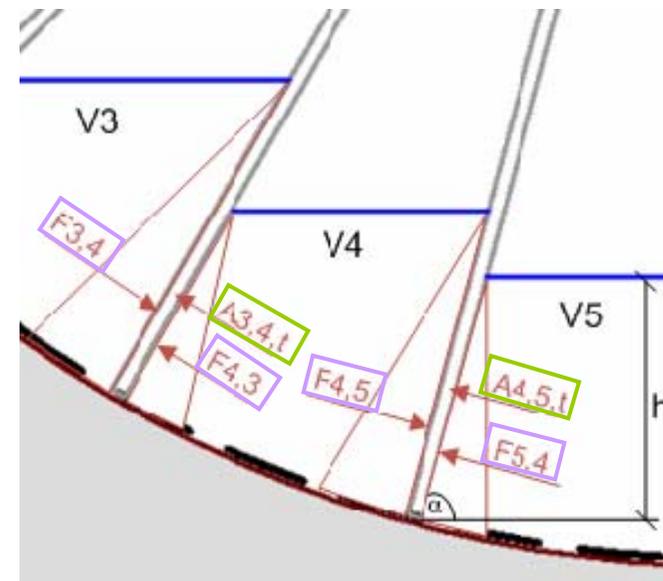
Herleitung der Theorie



- idealisiertes Zuppigerrad
- vernachlässigen der Verluste aus Turbulenz und Spalten
- Abmessungen:
 - Durchmesser: 7,5m
 - Breite: 1m
 - 24 Schaufeln ohne Krümmung
- Wirkungsmechanismus:
 - Gewicht des eingeschlossenen Wassers treibt das Rad an

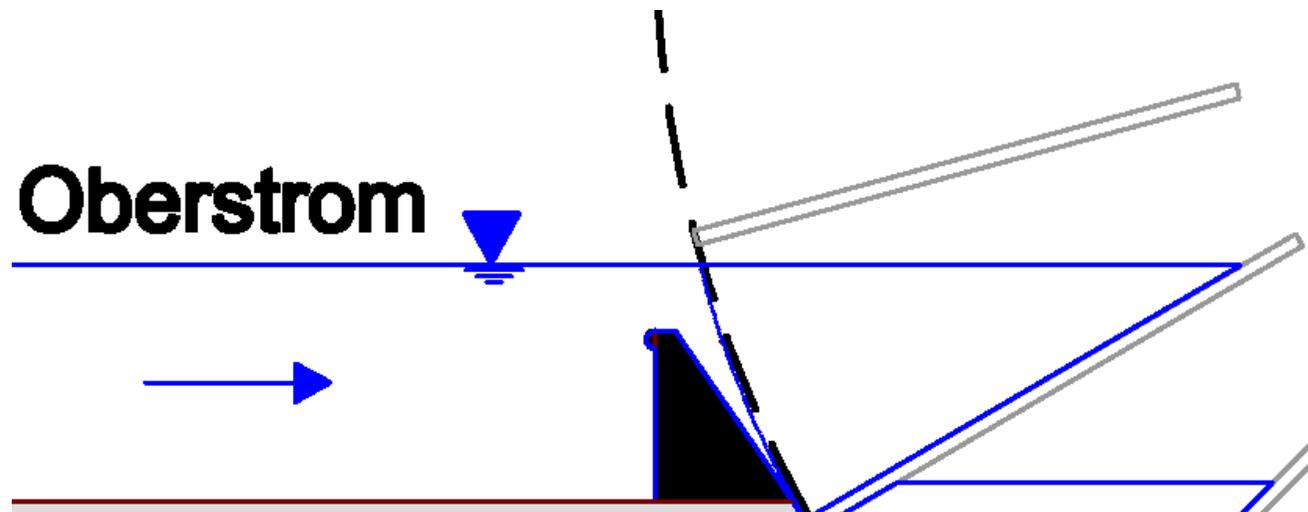
Herleitung der Theorie

- Annahme von drei Krafteinwirkungen:
 1. Wasserdrücke, die auf die einzelnen Schaufeln wirken.
 2. Auftriebskräfte:
 - Schaufeldicke: 4,5 cm
 - gegen die Drehrichtung wirkend
 - Berücksichtigung des senkrecht auf die Schaufel wirkenden Anteils



Herleitung der Theorie

3. Die im Einlauf auf eine Schaufel wirkende Kraft, steigt von Null bis zum Maximalwert an.



- Annahmen:
 - Gewichtskräfte der Schaufeln oberhalb des Wassers heben sich auf
 - Kräfte auf auftauchende Schaufeln vernachlässigbar klein

Ergebnisse

	P [kW/m]	η [%]
Hydraulische Leistung	26,26	
Theoretische Leistung (ohne Auftrieb)	21,74	82,8
Theoretische Leistung (mit Auftrieb)	20,47	77,9

- Einfluss des Auftriebs
 - abhängig von der Schaufeldicke
- Anwendung auf Zuppigerrad:
 - größerer Wirkungsgrad durch Schaufelkrümmung zu erwarten
- Einlaufvolumen-Form ähnlich eines Rechtecks ist günstig
 - Wirkungsgrad: 89,8%

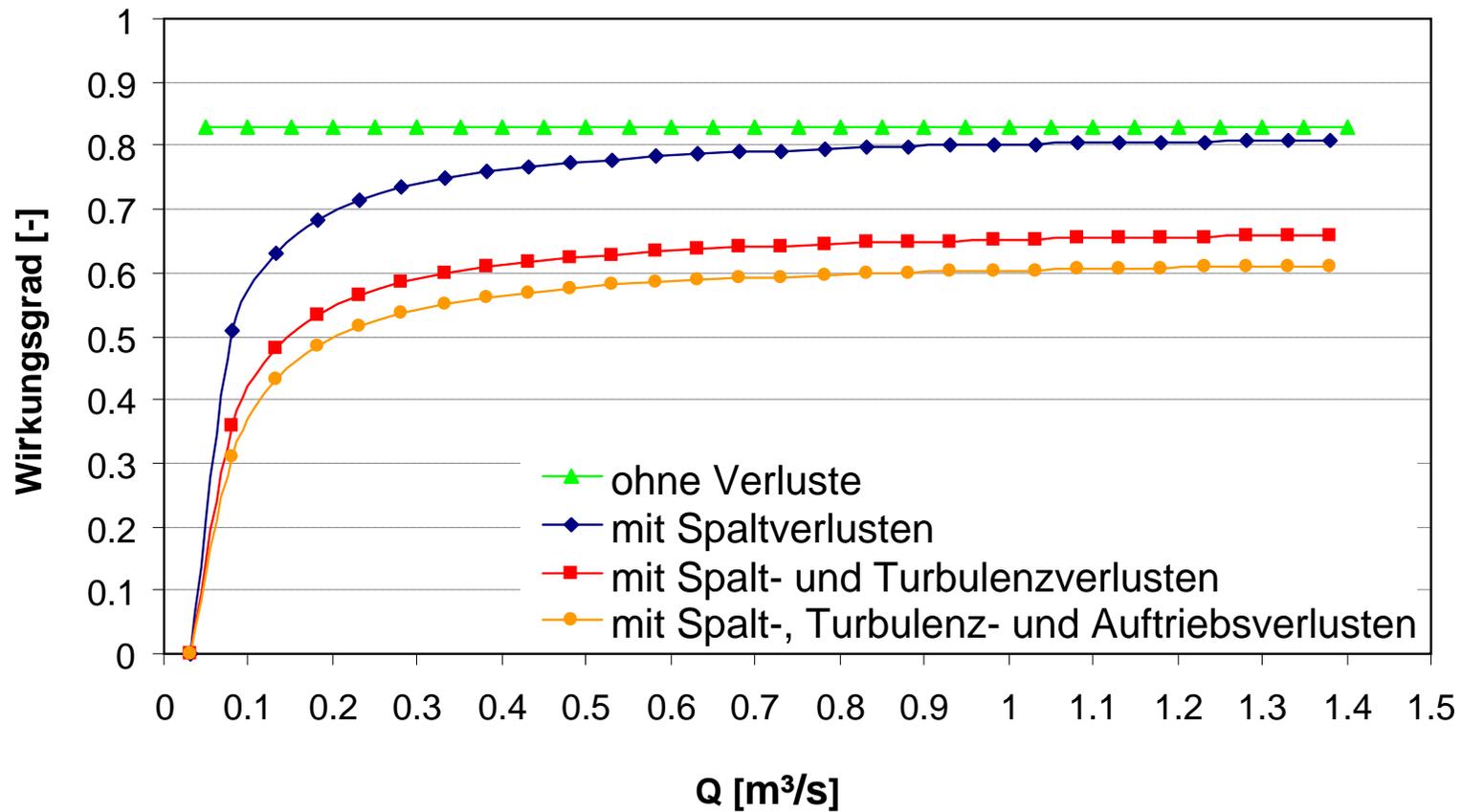
Ansatz von Verlusten

- Auftriebsverluste:
 - 4,8 % (berechnet)
 - reales Rad mit Schaufelanzahl von 36 bis 42
 - Erhöhung auf 6,75 - 8,4 %
- Berücksichtigung weiterer Verluste:
 - Spaltverluste (2,25 % des maximalen Abflusses):

$$\eta = \eta_{theo} \cdot \left(1 - \frac{0,0225 Q_{max}}{Q} \right)$$

- Turbulenzverluste:
 - konventionelle Annahme: 15 %
 - Ermittlung in Modellversuchen wünschenswert

Einfluss der Verluste



Anwendbarkeit und Ausblick

- Existenz einer theoretischen Obergrenze
 - ergibt sich aus Radgeometrie und Schaufelform
 - Wirkungsgrad < 1
 - Zuppigerrad keine reine Potentialmaschine
- Zuppigerrad kann als eine Art Wasserdruckmaschine angesehen werden
- Erreichen eines hohen Wirkungsgrades
 - „Einlaufvolumen-Form“ möglichst ähnlich einem Rechteck
- nicht zu vernachlässigende Verluste durch Auftrieb
- Anwendbarkeit des Wirkungsprinzips auf das Sagebienenrad