



EIT

FAKULTÄT FÜR
ELEKTROTECHNIK UND
INFORMATIONSTECHNIK



Methode zur optimalen Turbinen-/Generatorauslegung oder „weniger ist manchmal mehr“

T. Schallschmidt, R. Leidhold

Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme

27.09.16, Magdeburg

- 1 Motivation - Zielstellung
- 2 Standortanalyse
- 3 Generatorauslegung
- 4 Zusammenfassung

Zielstellung für eine optimale Standortnutzung

- geeignete Turbinen-Generator-Kombination
- Maximierung der Energieausbeute/-ernte
- Minimierung der Anschaffungs- bzw. Anlagenkosten
- geringe Verluste → maximaler Wirkungsgrad

$$P_V = P_{V0} + P_{V\text{LAST}} = P_{V0} + i^2 \cdot R$$

erfordert Standort- und Maschinenanalyse

Zielstellung für eine optimale Standortnutzung

- geeignete Turbinen-Generator-Kombination
- Maximierung der Energieausbeute/-ernte
- Minimierung der Anschaffungs- bzw. Anlagenkosten
- geringe Verluste → maximaler Wirkungsgrad

$$P_V = P_{V0} + P_{V\text{LAST}} = P_{V0} + i^2 \cdot R$$

erfordert Standort- und Maschinenanalyse

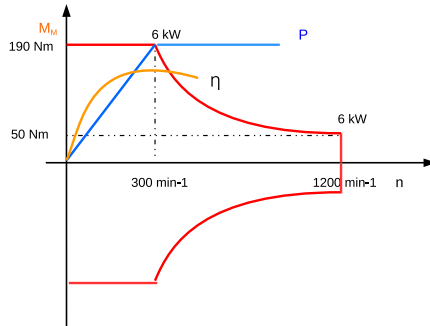
Zielstellung für eine optimale Standortnutzung

- geeignete Turbinen-Generator-Kombination
- Maximierung der Energieausbeute/-ernte
- Minimierung der Anschaffungs- bzw. Anlagenkosten
- geringe Verluste → maximaler Wirkungsgrad

$$P_V = P_{V0} + P_{V\text{LAST}} = P_{V0} + i^2 \cdot R$$

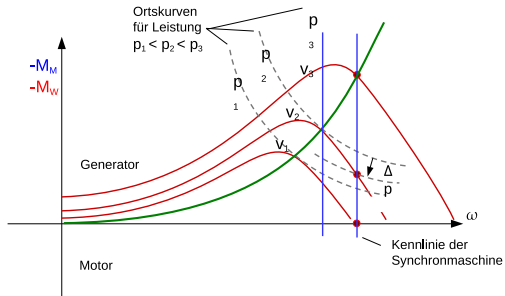
erfordert Standort- und Maschinenanalyse

Maschinenkennlinie



geregelter Betrieb → jeder AP möglich

Maschinenkennlinie

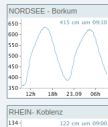


geregelter Betrieb \rightarrow jeder AP möglich

Standortanalyse

Gewässerkundliches Informationssystem

der Wasserstraßen- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes



[Start](#) [Pegelauswahl über Karte](#) [Pegelauswahl über Tabelle](#) [Abo](#) [Downloads](#)




Newsletter

Entwicklungs-Version 4.3.6, 14.06.2016

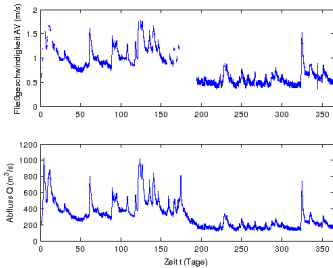
Freier Download gewässerkundlicher Daten

> [Root](#) > [Fließgeschwindigkeit](#) > DONAU

Name	Größe	Zuletzt verändert
 KELHEIMWINZER		23.09.2016 04:32:55

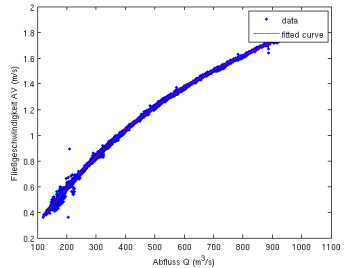
* Die Zeitstempel in den Dateien legen gerätzig in mitteleuropäischer Winterzeit vor.

Jahresprofil der Fließgeschwindigkeit



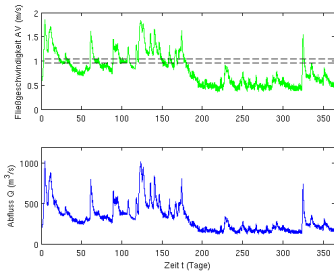
Daten unvollständig

Approximation



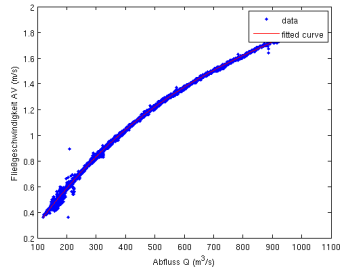
Polynomfunktion

Jahresprofil der Fließgeschwindigkeit



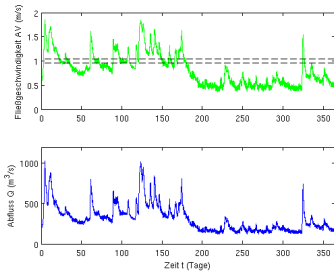
Daten vollständig

Approximation

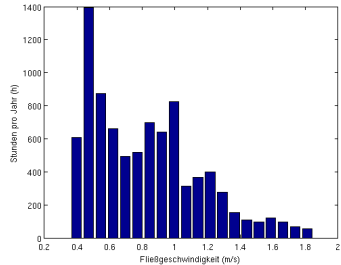


Polynomfunktion

Jahresprofil der Fließgeschwindigkeit



Häufigkeitsverteilung



Histogramm der Fließgeschwindigkeit aufgeteilt in 20 Klassen

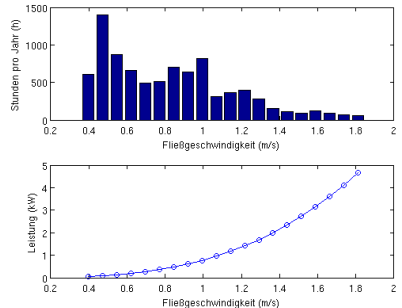
Leistung in Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit

Annahme:

Turbine mit $r = 1 \text{ m}$ und einem maximalen Leistungsbeiwert von $C_{pmax} = 0.5$

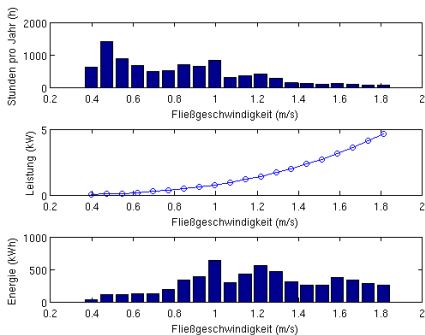
Die Winkelgeschwindigkeit der Turbine ω_T ist der Fließgeschwindigkeit v angepasst, so dass die Schnelllaufzahl den optimalen Wert λ_{opt} hat und der Leistungsbeiwert maximal wird.

$$P_T = \frac{1}{2} \rho A C_P(\lambda) v^3$$

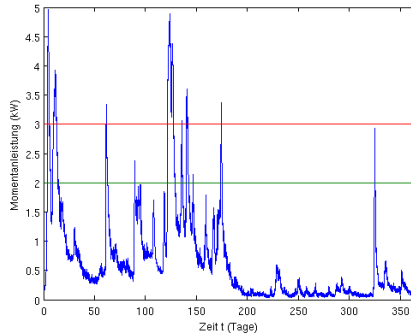


Verteilung der Energieausbeute nach Fließgeschwindigkeit

Für jede Klasse im Geschwindigkeitshistogramm kann die Leistung ermittelt werden und mit der Häufigkeit pro Jahr ergibt sich eine Energiemenge pro Fließgeschwindigkeit.

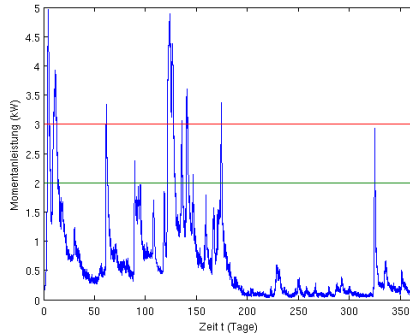


Wie groß muss/kann der Generator sein ?



Lohnt sich die Investition in eine größere Maschine?

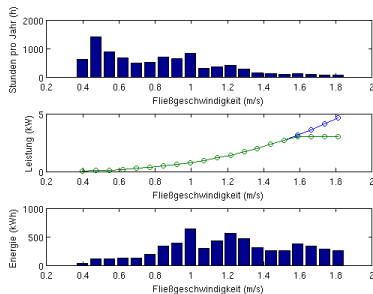
Wie groß muss/kann der Generator sein ?



Lohnt sich die Investition in eine größere Maschine?

Leistungsgrenze 3kW

Wird die Leistungsgrenze erreicht, wird durch Drehzahlregelung/-stellung die Leistungsabgabe begrenzt. Die Anlage arbeitet nicht mehr im optimalen Arbeitspunkt

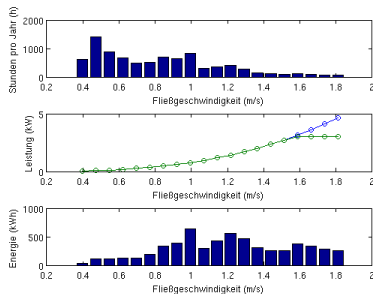


$$E_{5kW} = 5888 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.672 \text{ kW}$$

$$E_{3kW} = 5644 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.644 \text{ kW}$$

Leistungsgrenze 3kW

Wird die Leistungsgrenze erreicht, wird durch Drehzahlregelung/-stellung die Leistungsabgabe begrenzt. Die Anlage arbeitet nicht mehr im optimalen Arbeitspunkt

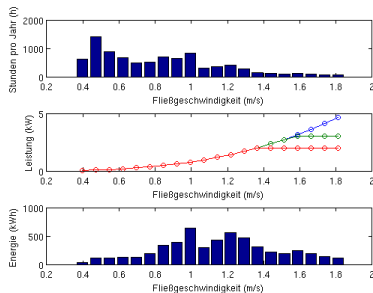


$$E_{5kW} = 5888 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.672 \text{ kW}$$

$$E_{3kW} = 5644 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.644 \text{ kW}$$

Leistungsgrenze 3kW

Wird die Leistungsgrenze erreicht, wird durch Drehzahlregelung/-stellung die Leistungsabgabe begrenzt. Die Anlage arbeitet nicht mehr im optimalen Arbeitspunkt.



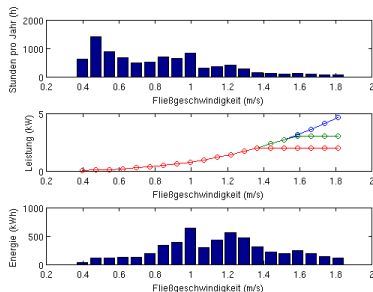
$$E_{5kW} = 5888 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.672 \text{ kW}$$

$$E_{3kW} = 5644 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.644 \text{ kW}$$

$$E_{2kW} = 5199 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.594 \text{ kW}$$

Leistungsgrenze 3kW

Wird die Leistungsgrenze erreicht, wird durch Drehzahlregelung/-stellung die Leistungsabgabe begrenzt. Die Anlage arbeitet nicht mehr im optimalen Arbeitspunkt.



$$E_{5kW} = 5888 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.672 \text{ kW}$$

$$E_{3kW} = 5644 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.644 \text{ kW}$$

$$E_{2kW} = 5199 \text{ kWh bei } P_{AV} = 0.594 \text{ kW}$$

Gegenüberstellung

5kW-Anlage

$E_{5kW} = 5888kWh$
Ertrag bei 12 ct/kWh
 $\approx 700 \text{ €}$

Volllaststunden < 100 h/a

3kW-Anlage

$E_{5kW} = 5644kWh$
Ertrag bei 12 ct/kWh
 $\approx 677 \text{ €}$

Volllaststunden < 300 h/a

2kW-Anlage

$E_{5kW} = 5199kWh$
Ertrag bei 12 ct/kWh
 $\approx 620 \text{ €}$

Volllaststunden > 300 h/a

Investitionskosten versus Ertrag und Volllaststunden

Gegenüberstellung

5kW-Anlage

$E_{5KW} = 5888kWh$
Ertrag bei 12 ct/kWh
 $\approx 700 \text{ €}$

Volllaststunden < 100 h/a

3kW-Anlage

$E_{5KW} = 5644kWh$
Ertrag bei 12 ct/kWh
 $\approx 677 \text{ €}$

Volllaststunden < 300 h/a

2kW-Anlage

$E_{5KW} = 5199kWh$
Ertrag bei 12 ct/kWh
 $\approx 620 \text{ €}$

Volllaststunden > 300 h/a

Investitionskosten versus Ertrag und Volllaststunden

Zusammenfassung

- Generatorauslegung auf Basis der Leistungskennlinie und Geschwindigkeitsverteilung
- Standortanalyse notwendig → Geschwindigkeitsprofil und -verteilung pro Jahr
- „je mehr Daten desto besser“
- Energieertrag pro Jahr versus installierte kW
- Überdimensionierung vermeiden → Kosten optimieren
- mehr **Volllaststunden** für den Generator
- Steigerung des Gesamtwirkungsgrades der Anlage

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!