

## Hintergrund

Treten Dürreperioden häufiger und persistenter auf, so ist mit Einbußen in der Stromproduktion durch Wasserkraft zu rechnen. In Baden-Württemberg ist das Potential zur Stromerzeugung an Fließgewässern erschöpft. Daher ist es von besonderer Bedeutung, Verluste der Energiegewinnung durch Laufkraftwerke flächendeckend zu untersuchen. Im Rahmen einer Risikoanalyse wurde eine Vulnerabilitätsuntersuchung, zur Bewertung der Einflussfaktoren über den vorhandenen Abfluss hinaus durchgeführt, um zukunftsweisende Managementstrategien ausweisen zu können.

## Zielsetzung

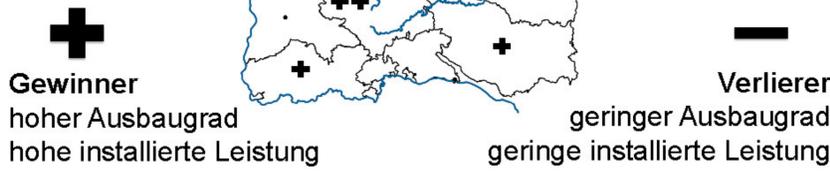
- (1) Analyse des Dürrierisikos: Wie hoch sind die jährlichen Stromproduktionsverluste?
- (2) Bewertung der Einflussfaktoren: Gibt es Möglichkeiten die Produktionsverluste am Standort zu minimieren?
- (3) Zukunftsprognosen: Wer profitiert von klimatisch bedingten Abflussänderungen, wer verliert?

## Die Zukunft der Laufwasserkraft? Gewinner und Verlierer

- Wasserkraftwerke mit hohen Ausbaugraden > 0,8 tendieren zu einem gesteigerten Regularitätsvermögen
- Kraftwerke mit kleinen Ausbaugraden < 0,8 sind eher von Stromproduktionsverlusten und verringertem Regularitätsvermögen betroffen.

## Vulnerabilitätsbewertung: Ursachen der Produktionsverluste

- Wichtigste Einflussfaktoren: Ausbaugrad, Abflussvariabilität am Pegel, klimatische Wasserbilanz
- Geringster Einfluss: kurzfristige Maßnahmen z.B. Faktoren der Anpassungsfähigkeit
- intensive Dürreperioden (z.B. 2018) relativieren den Einfluss der Vulnerabilitätsfaktoren



## Fazit

- (1) Detaillierte Informationen der Umfrage ermöglichen es Stromproduktionsverluste plausibel auf das Jahr zu berechnen
- (2) Vulnerabilitätsbewertung identifiziert den Ausbaugrad und die klimatische Wasserbilanz als zusätzliche Einflussfaktoren neben der Abflussvariabilität
- (3) Abflussszenarien zeigen, dass mit steigendem Ausbaugrad bzw. mit steigender installierter Leistung mit einer Stromproduktionszunahme bei einer Abflussumverteilung zu rechnen ist

## Ihre Handlungsempfehlungen

- Kosten-Nutzen-Analyse
- Stresstestszenarien
- Abflussrückhalt in der Fläche

## Methode

### Datenakquise

- Online-Umfrage unter 424 angeschriebenen Wasserkraftbetreibern: anlagenspezifische Eigenschaften, Energieerzeugungsinformationen, Informationen zur Betroffenheit und Umgang mit Dürre
- Rücklaufquote: 62 Teilnehmer; 89 Wasserkraftstandorte an 36 Fließgewässern
- Ermittlung von einzugsgebietspezifischen Einflussfaktoren: z.B. Landnutzung, Hydrogeologie, klimatische Wasserbilanz, Varianz-koeffizient des Abflusses, Mächtigkeit des Grundwasserleiters

### (1) Dürrierisikoanalyse

Berechnung der stündlichen Leistung:

$$P = \frac{\rho_w * g}{1000} * h_f * \eta_q * Q_{nutz}$$

$\rho_w$  = Dichte von Wasser,  $g$  = Erdbeschleunigung,  $h_f$  = Fallhöhe [m]  
 $\eta_q$  = Gesamtwirkungsgrad:  $f$  (Turbinenwirkungsgrad nach Quaschnig (2007), Leistungsverluste durch Anlagenbestandteile)  
 $Q_{nutz}$  = Nutzbarer Abfluss:  $f$  (Zuflüsse, Ökologische Restwassermengen, Mindestabflussmenge Turbinenbetrieb, Ausbaudurchfluss)

### Berechnung der jährlichen Stromproduktion:

Aufsummieren der stündlichen Leistungen [kW] auf jährliche Stromproduktion (Jahresarbeit) [MWh/a]

### Stromproduktionseinbußen in Dürre Jahren:

Berechnung der Differenz der Jahresarbeit und dem Regularitätsvermögen (RAV)

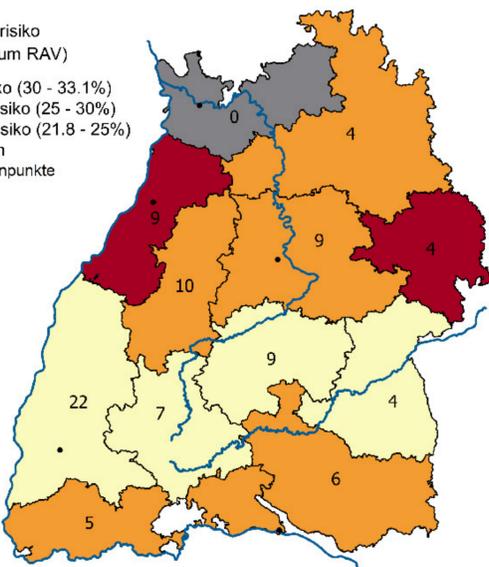
→ Dürrierisiko

Vulnerabilitätsfaktoren 7		Einflussstärke auf die Stromproduktion	
Sensitivität	kraftwerks-spezifische Faktoren		
	Ausbaugrad	+++	
	Turbinentyp	0	
	Kraftwerktyp	+	
Standort-faktoren	installierte Leistung	0	
	Wassernutzung im Oberlauf	0	
	physikalische Faktoren	Abflussvariabilität (CV)	+++
		klimatische Wasserbilanz	++
Grundwasserneubildung		0	
Anpassungs-fähigkeit	Grundwasserergiebigkeit	0	
	Hydrogeologie	0	
	Landnutzung	0	
	Mitgliedschaft in Verbänden/ IGs	0	
Anpassungs-fähigkeit	Nutzung von Monitoring- und Informationssystemen	0	
	Maßnahmen zur Risikovorsorge	+	
	Risikobewusstsein	0	

## Dürrierisiko: Stromproduktionsverluste 2018

Mittleres Dürrierisiko (Verluste [%] zum RAV)

- hohes Risiko (30 - 33.1%)
- mittleres Risiko (25 - 30%)
- geringes Risiko (21.8 - 25%)
- keine Daten
- 4 Anzahl Datenpunkte



- Hohes Dürrierisiko bei Standorten im Nordschwarzwald
- Signifikanter Trend zu höheren Stromproduktionsverlusten (n=17) und höheren Gewinnen (n=2)
- Signifikanter Trend zu stärkeren Stromproduktionsschwankungen (n=4) und geringeren Schwankungen (n=8)

### (2) Vulnerabilitätsbewertung

Statistische Analyse der Einflussfaktoren:

- Identifizierung relevanter Einflussfaktoren mittels multipler Regression
- Analyse der Einflussrichtung durch lineare Regression oder ANOVA
- Gewichtung der identifizierten Faktoren nach ihrer Einflussstärke und Einflussrichtung

→ Vulnerabilität

### (3) Zukunftsprognose

- Generische Szenarien zukünftiger Regularitätsvermögen:
- 1:1 Umverteilung; Abflussreduktion (5- 30%) in den abflussärmsten Sommermonaten; Abflusszunahme in den abflussreichsten Wintermonaten (5- 30%)
- Bewertung der Gewinner & Verlierer auf Grundlage der Vulnerabilitätsbewertung

→ Gewinner und Verlierer