

Fischangepasster Betrieb für die Wasserkraftanlagen an der Mosel

15. Mainzer Arbeitstage

Susanne Teggers-Junge, innogy SE



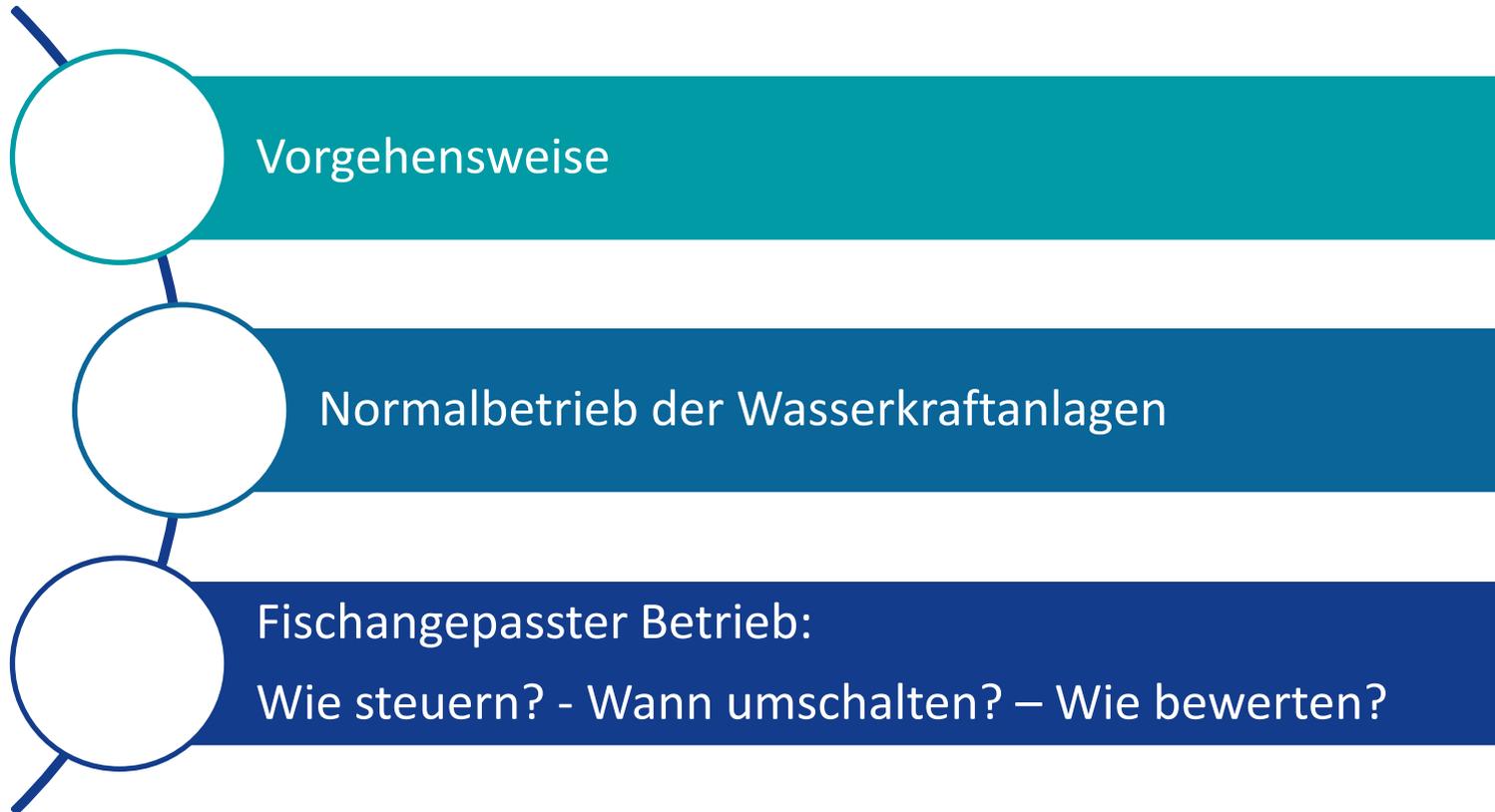
Sicherung der Abwanderung von Blankaalen aus Mosel und Saar



Turbinen als Gefährdungsbereich der Stauanlagen

- **Anzahl** betroffener Blankaale durch Fischen und Umsetzen reduzieren
- **Verletzungsrisiko für die übrigen Blankaale** reduzieren
 - in Kombination mit geringen Erzeugungsverlusten





Projektaktivität Früherkennen und Steuern

Schädigung von Blankaalen in der Turbine durch hydraulisch oder mechanisch bedingte Faktoren

- Druckeffekte
- Turbulenzen und Scherkräfte
- Kollisionen

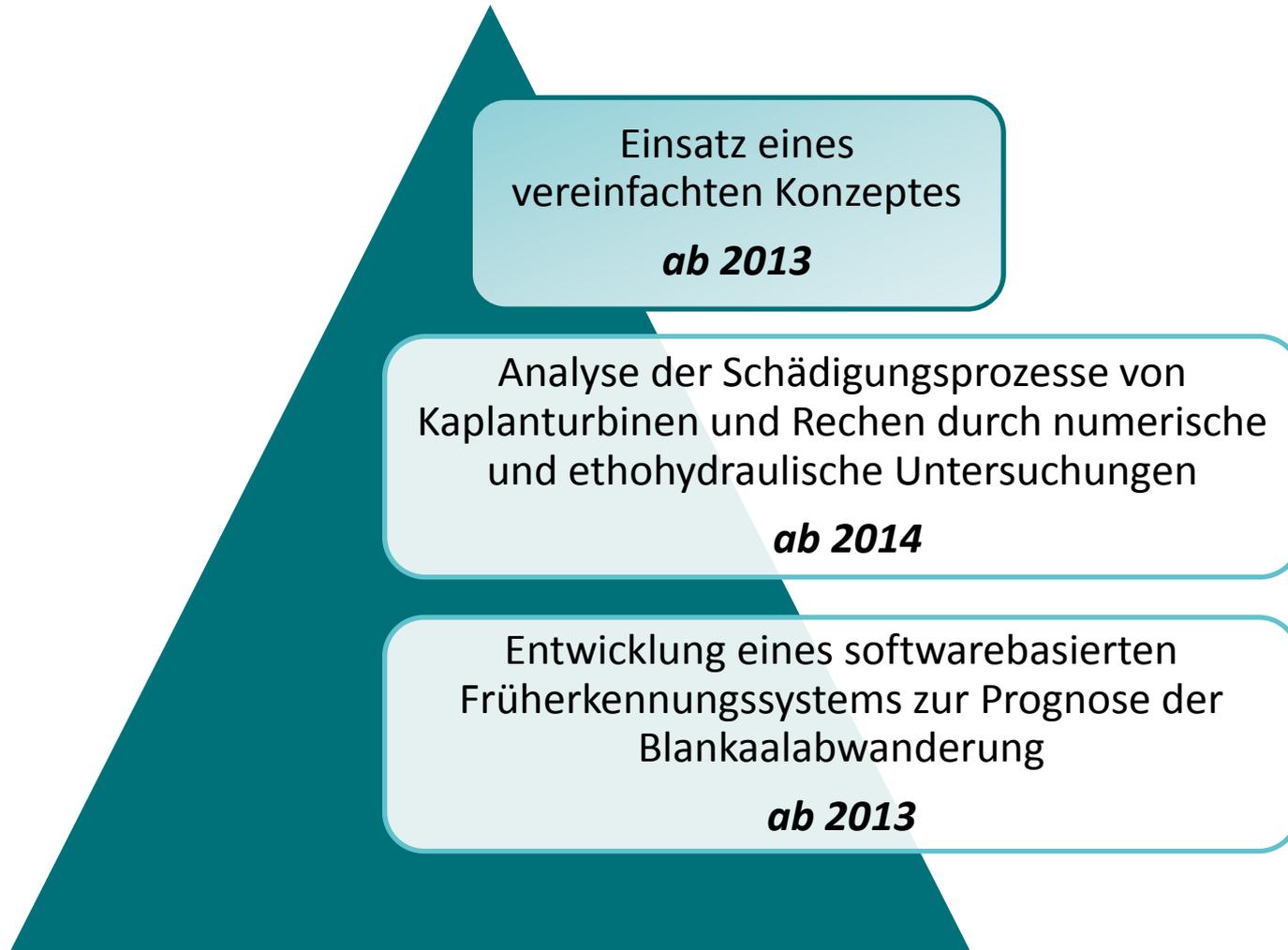
➤ **Innerhalb des Betriebsspektrums von Turbinen gibt es Zustände mit einem verringertem Auftreten dieser Schadfaktoren**

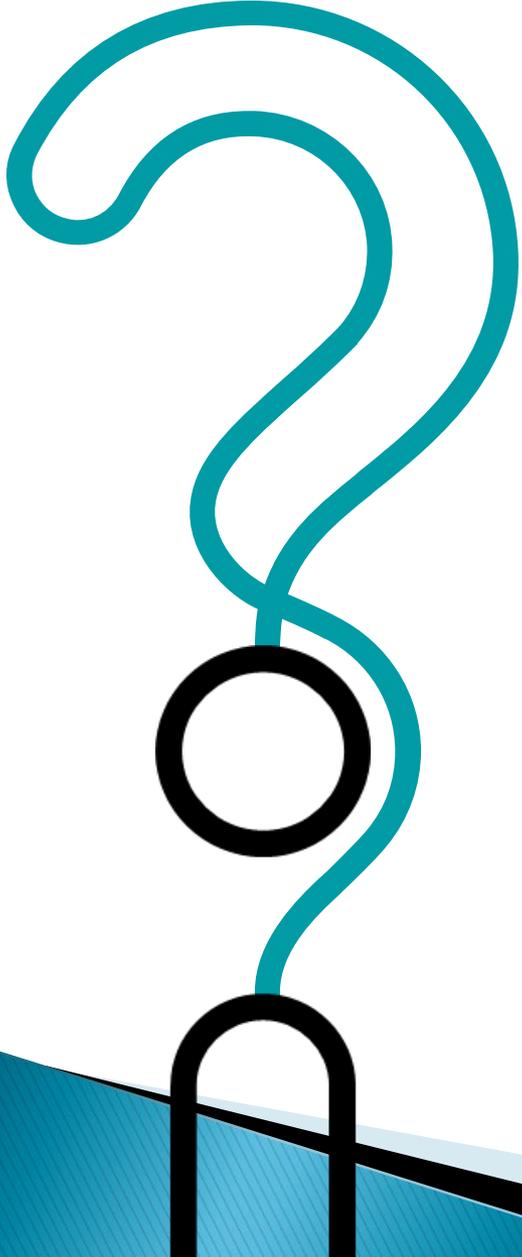
Steuern = Individuelle fischangepasste Betriebsweise für die Staukette entlang der Mosel

➤ Werden diese zu Zeiten von Abwanderungen eingestellt, kann eine effektive Reduzierung der Schädigung erreicht werden

Früherkennen = Verwendung der wesentlichen Auslöser in einem kombinierten Beobachtungs- und Vorhersagemodell

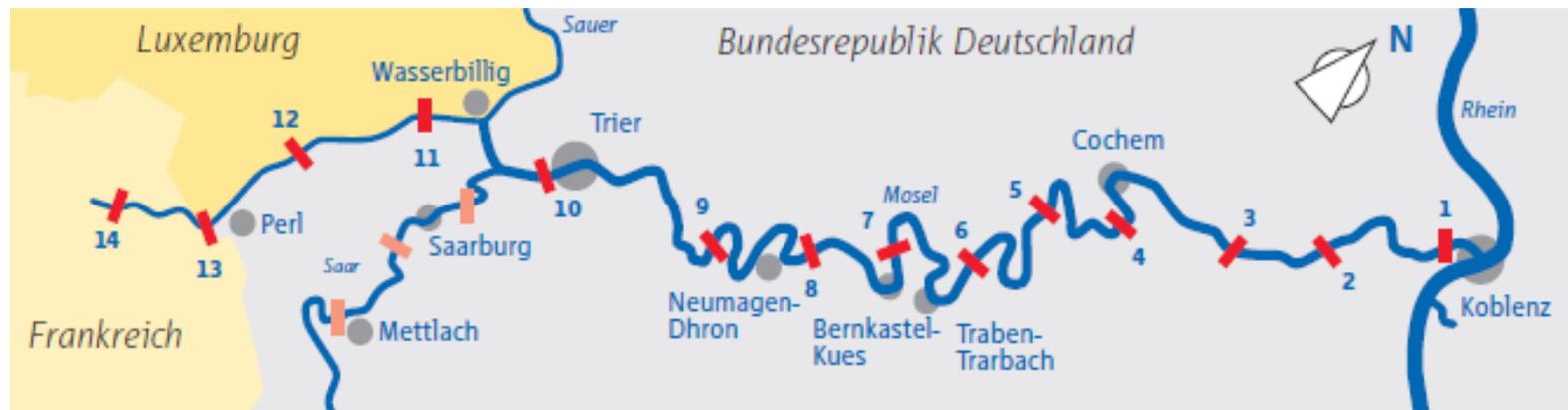
starten - entwickeln - Wissensbasis vergrößern





NORMALBETRIEB DER ANLAGEN

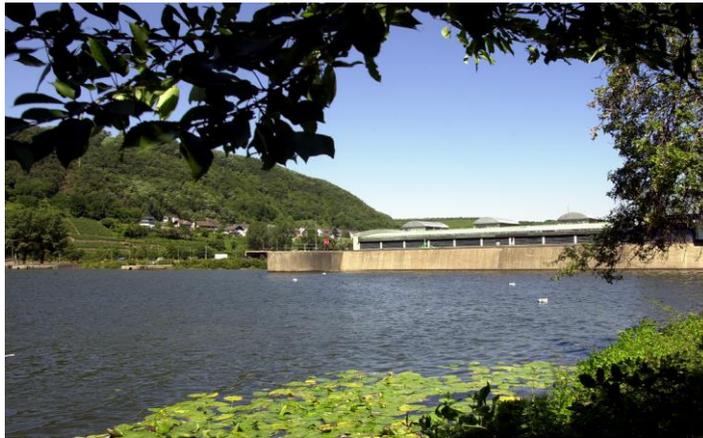
Beschreibung der Standorte



- Bundeswasserstraße mit 10 Staustufen von Trier - Koblenz
- Jeweils 3 Sektor-Wehre und 2-3 Schiffahrtsschleusen, Fischpass im Trennpfeiler (außer Koblenz)
- 10 Wasserkraftanlagen
- Gesamt-Leistung von 180 MW
- 14 bis 24 MW Leistung/Anlage



Kraftwerksbetrieb



WKA Lehmen Ansicht OW im Sommer



WKA Fankel Ansicht OW im Winter

Abfluss- und Stauzielregelung der Bundeswasserstraße:

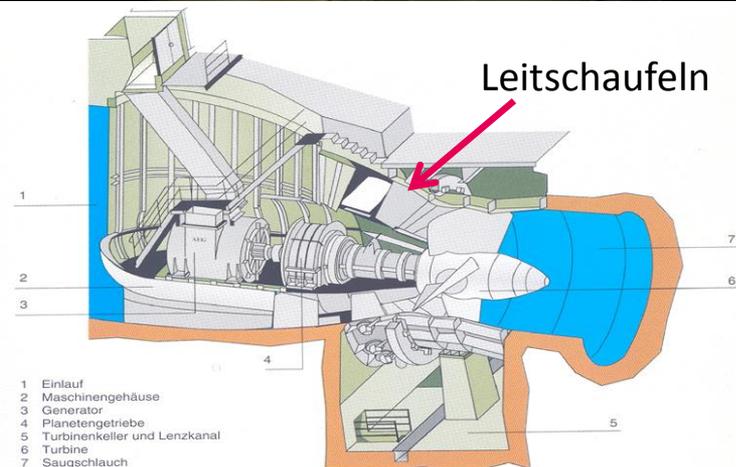
- legt die Aufteilung zwischen Wehr- und Kraftwerksabfluss fest
- Aufteilung Kraftwerksabfluss auf die vier Turbinen frei steuerbar
- Pegeltoleranz von +/- 5 cm

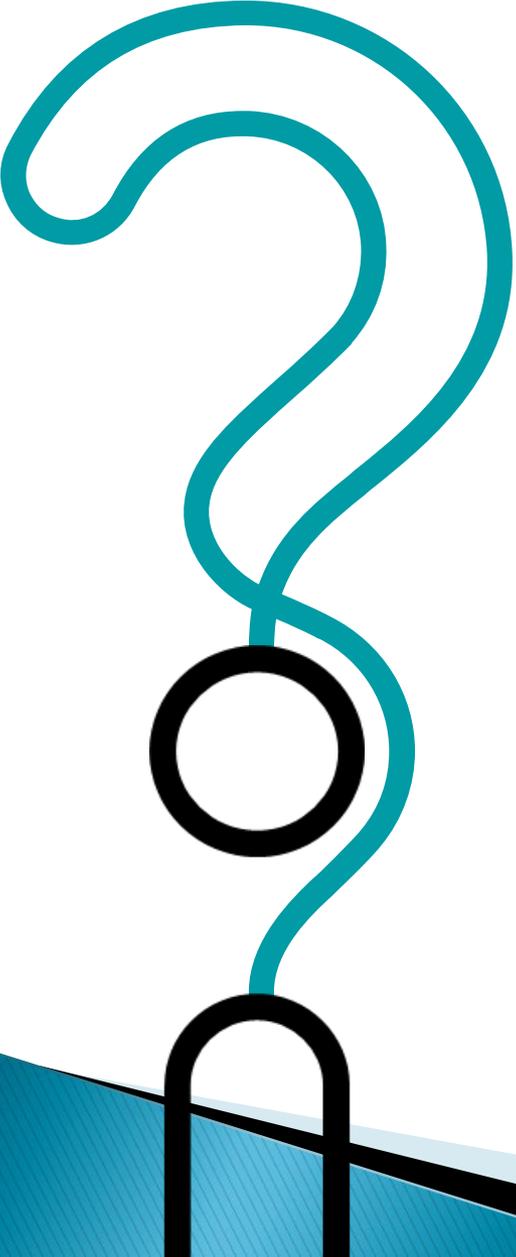
Turbinenbetrieb:

- Je Anlage vier Kaplan-Rohrturbinen (außer Koblenz)
- 100 m³/s Ausbauwasser je Turbine
- Betrieb abhängig von Mindest- und Maximalbeaufschlagung, Betriebsstunden, Revisionen

Normalbetrieb – Vollautomatische Steuerung

- Abfluss wird gleichmäßig und wirkungsgradoptimiert auf benötigte Turbinen verteilt
- Prioritätsvorgabe nach Betriebsstunden Einzelturbine
- Feste Einstellung von Leit- und Laufradschaufel bewirkt bei jedem Durchfluss einen optimalen Wirkungsgrad
- Die Höhe dieses optimalen Wirkungsgrades ändert sich mit dem Durchfluss:
 - Höchster Wert bei 80 - 85 % des maximalen Durchflusses





FISCHANGEPASSTER BETRIEB

Wie steuern?

Erstes Konzept - Fokus auf mechanisch bedingten Schadensursachen

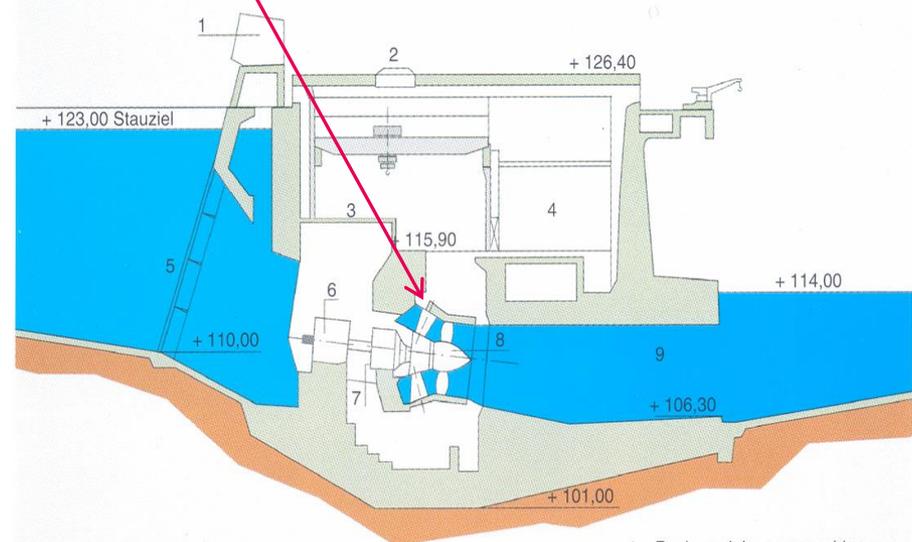
Schädigungsrate hängt bei Kaplan-turbinen wesentlich von Geometrie, Betriebsweise und Fischlänge ab:

- **Risiko sinkt mit der Länge/Größe des unzer-teilten Wasserkörpers**

Geometrie bei Bestandsanlagen kaum veränderlich - Einfluss über die Betriebsweise:

- **Anstellwinkel Laufradschaufeln vergrößern um Kollisionen zu verhindern**

Anstellwinkel Laufradschaufeln über Regelung des Durchflusses (Leitschaufeln) steuerbar

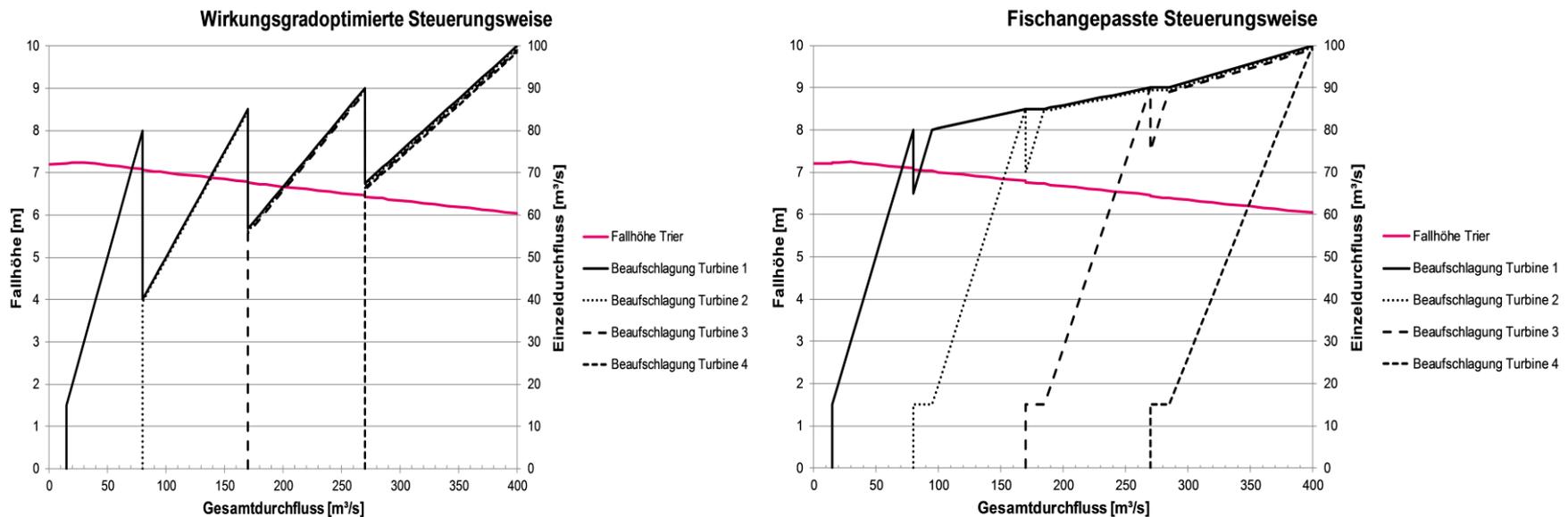


- 1 Rechenreinigungsmaschine
- 2 Lichtkuppel
- 3 Maschinenhalle mit Kran
- 4 Betriebsräume
- 5 Rechen
- 6 Generator
- 7 Getriebe
- 8 Turbine
- 9 Saugschlauch

Unterschied zum Normalbetrieb

Andere Verteilung des zugeteilten Abflusses (nicht betriebs- und wirkungsgradoptimiert):

- Beaufschlagung der Turbine im vermuteten Wanderkorridor mit maximal möglichem Durchfluss = geringeres Schädigungsrisiko, dann folgen weitere Turbinen nach dem gleichen Schema

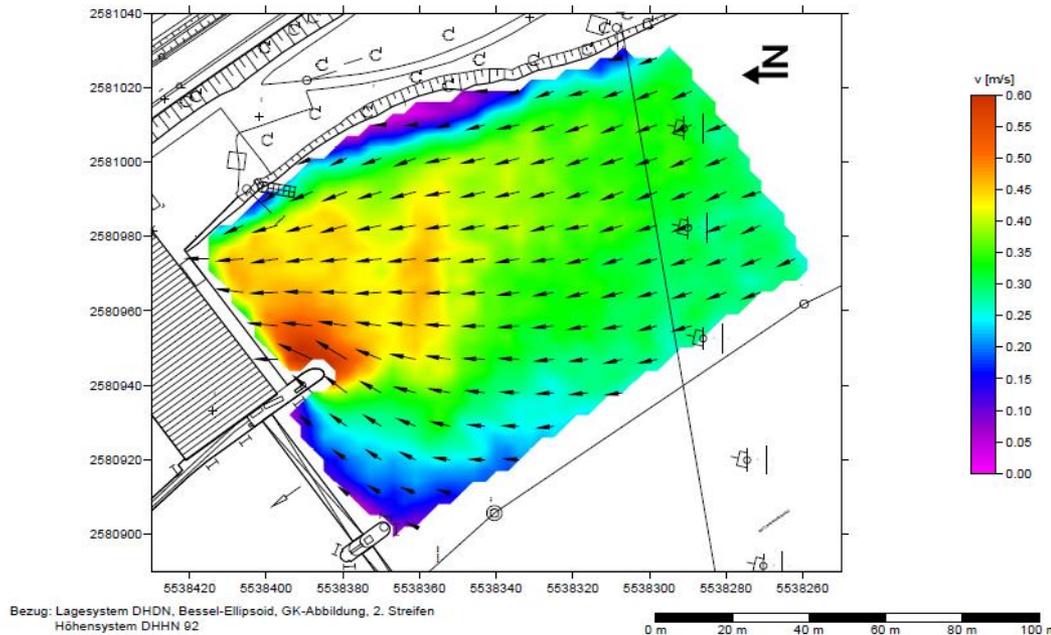


Beaufschlagungsstrategie nach GIER ET AL., 2012 – Steuerungshandbuch RWTH Aachen University

Bevorzugung von Turbinen

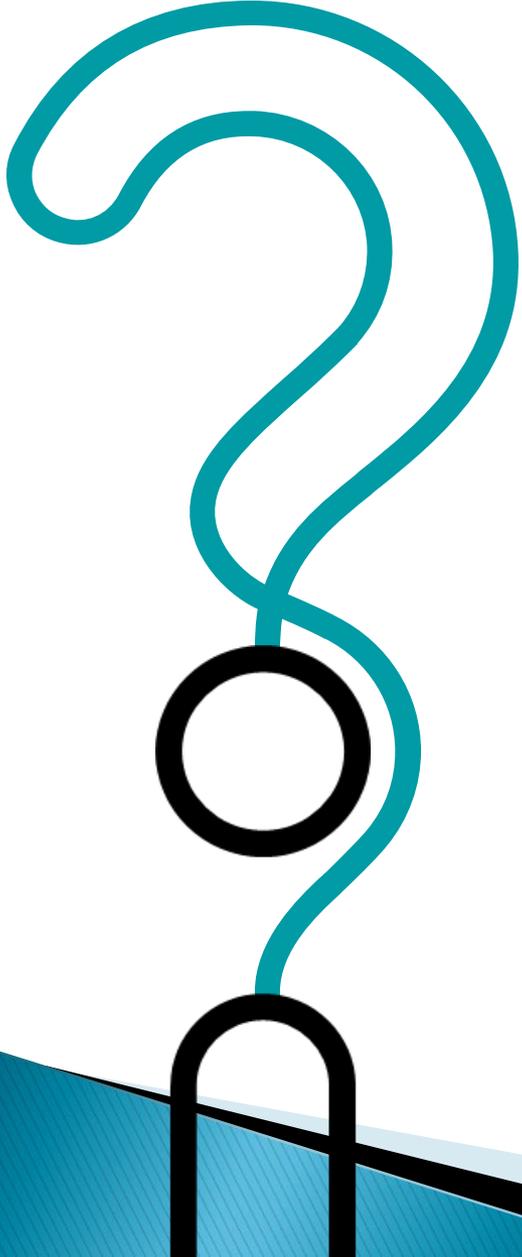
Abwanderung dicht an der Hauptströmung, Meidung von turbulenten Zonen (Quelle: *Berufsfischer, Studie KNÖSCHE 2015*):

- Bevorzugung der landseitigen Turbine → Lage Kraftwerk am Prallhang (Wehrseitige Turbine → Lage am Gleithang / Indifferente Standorte)



**tiefengemittelte Geschwindigkeiten OW Staustufe
Enkirch (nach: Ingenieurbüro SCHMID., 2015)**

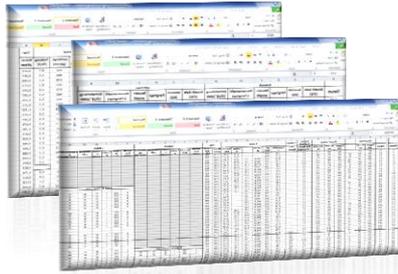
Annahmen kritisch
verfolgen!



WANN UMSCHALTEN?

Wann umschalten?

Wanderbiologie ist komplex und nur teils erforscht



Messreihen in der Mosel



Literatur

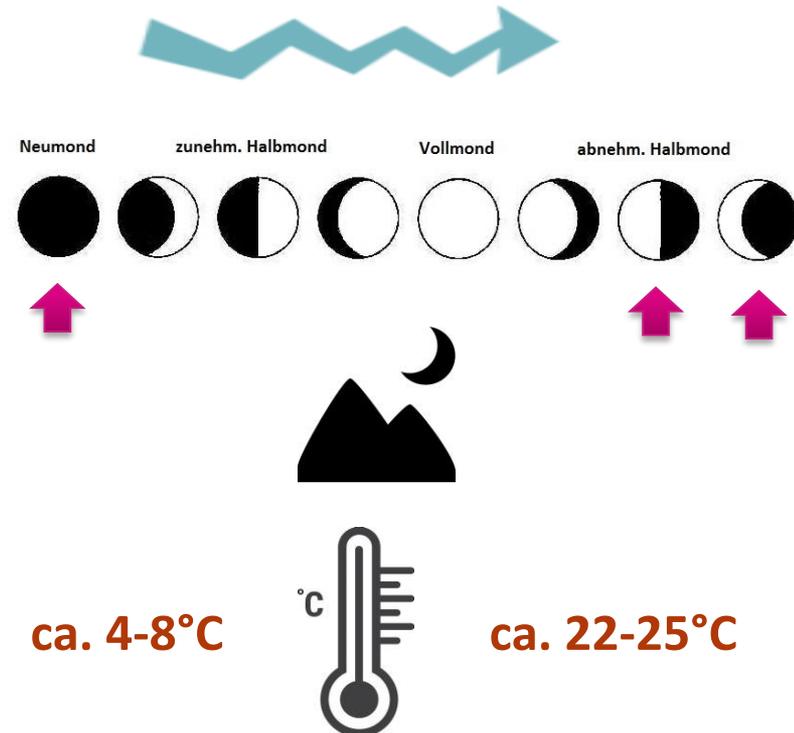
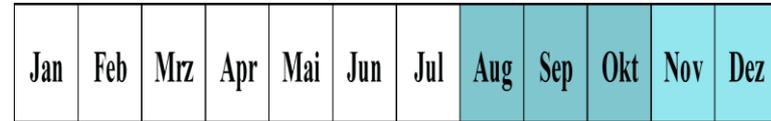


Experten



Einflüsse, die aktuell vom Projektteam als bedeutend angesehen werden:

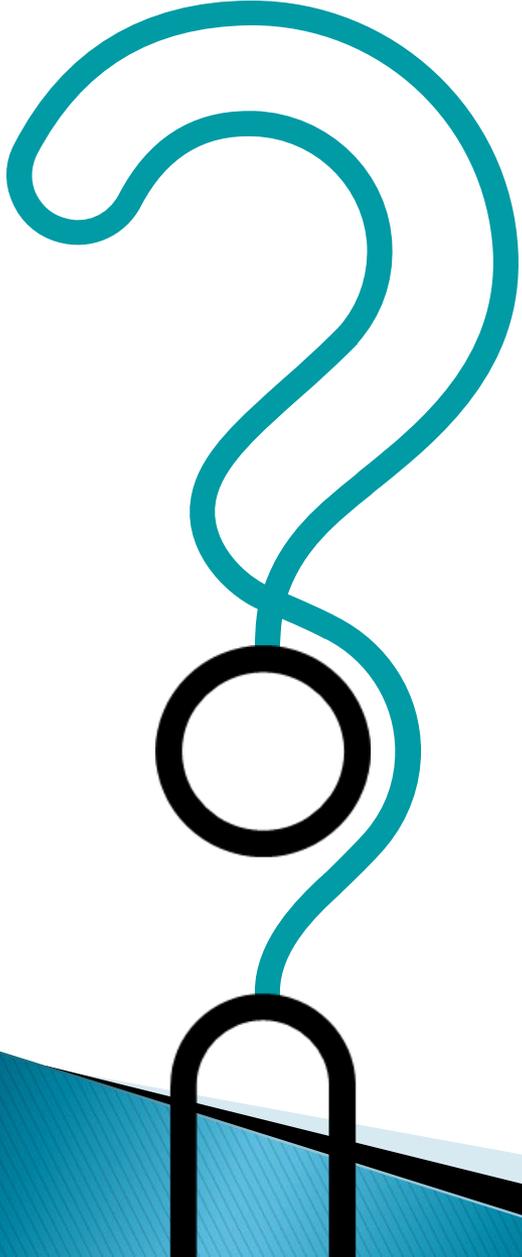
- Häufung von Wanderereignissen im Spätsommer/Herbst
- Deutliche Abflusserhöhungen in kurzer Zeit begünstigen die Abwanderung
- Die Mondphase scheint einen Einfluss zu haben
- Blankaale wandern verstärkt bei trüben Licht- bzw. Wasser- verhältnissen
- Zu niedrige oder zu hohe Wassertemperaturen hemmen die Abwanderung



Vereinfachtes Umschaltkonzept

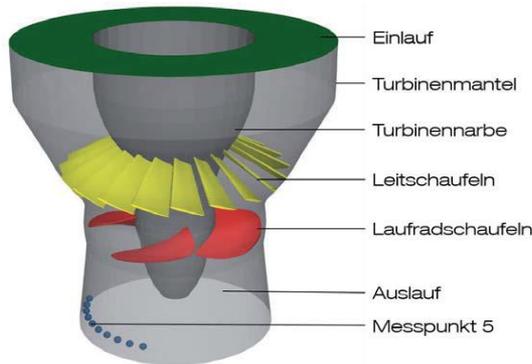
- Anwendung von **Mai bis Dezember**
- Umschaltung bei Meldungen von Berufsfischer über **erhöhte Fänge** an Referenzstandorten
- Umschaltung bei **Abflussdifferenzen** im Kontext mit einer höheren Empfindlichkeit für Auslöser in der Hauptwanderphase ab August
 - Abflussdifferenz 1 = 100 m³/s in 2 Tagen im Mai - Juli
 - Abflussdifferenz 1 oder Abflussdifferenz 2 = Erhöhung Abfluss um 100% in 24 h ab August
- Umschaltung in beiden **Nächten vor/an Neumond** ab August
- Zeitraum der Umschaltung: **20:00 – 8:00 Uhr**
- **Versuchsweise Anwendung**, ca. 14 Nächte/Jahr

Annahmen kritisch verfolgen!



WIE BEWERTEN?

Differenzen bei Verletzungsrisiko und Energieerzeugung



$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \text{ [kW]}$$

Einsatz Turbinenhamen

Anlage Wintrich, 2009/10

- Wirksamkeit oder Strategie konnten aufgrund methodischer, technischer Probleme nicht beurteilt werden

Modelle

Beschreibung des Zusammenhangs zwischen anlagen- und betriebs-spezifischen Parametern und dem Verletzungsrisiko

- *Vortrag Elena Klopries*

Erzeugungsverluste

- Beispieljahre 2016/17

Änderung Energieerzeugung 2016/17 zwischen Normal- und Fischangepasstem Betrieb

Anlage	Differenz Erzeugung in kWh 2016	Differenz Erzeugung in kWh 2017
Trier	- 5 %	- 5 %
Detzem	+1 %	- 2 %
Wintrich	- 2 %	- 1 %
Zeltingen	0 %	- 1 %
Enkirch	- 1 %	- 1 %
St. Aldegund	- 2 %	+ 1
Fankel	0 %	0 %
Müden	- 1 %	- 1 %
Lehmen	0 %	0 %
Koblenz	- 1 %	- 1 %

Bezug: 7 mal jeweils 2 Umschaltnächte bei Neumond im Mai-Nov

(nach: E. KLOPRIES, 2018)

Interpretation Erzeugungsverluste

- Die Minderung der Energieerzeugung in 14 Umschaltnächten der Beispieljahre war gering
- Neben den hydraulischen Randbedingungen scheint die Differenz auch von der betrachteten Anlage abzuhängen
 - Spezielle Betriebsbedingungen oder Einschränkungen wie Störungen oder Revisionen führen zu Besonderheiten
- **Eine anlagenbezogene Betrachtung, natürlich in Kombination mit dem Verletzungsrisiko, ist erforderlich**

Ausblick und Überleitung

- Vertiefte Kenntnisse der Schädigungsprozesse sollen die besten Bereiche für die Umschaltungen finden
 - Wechsel vom vereinfachten Konzept zur tagesscharfen Prognose von Wahrscheinlichkeiten für Abwanderungen
- **Die nachfolgenden Beiträge zeigen hierzu Wege auf**

