Pilotanlage Unkelmühle

innogy SE · März 2019

1

Veranlassung

2

Anlagenkomponenten

3

Methodik Biologie

4

Ergebnisse Biologie

5

Methodik Betrieb

6

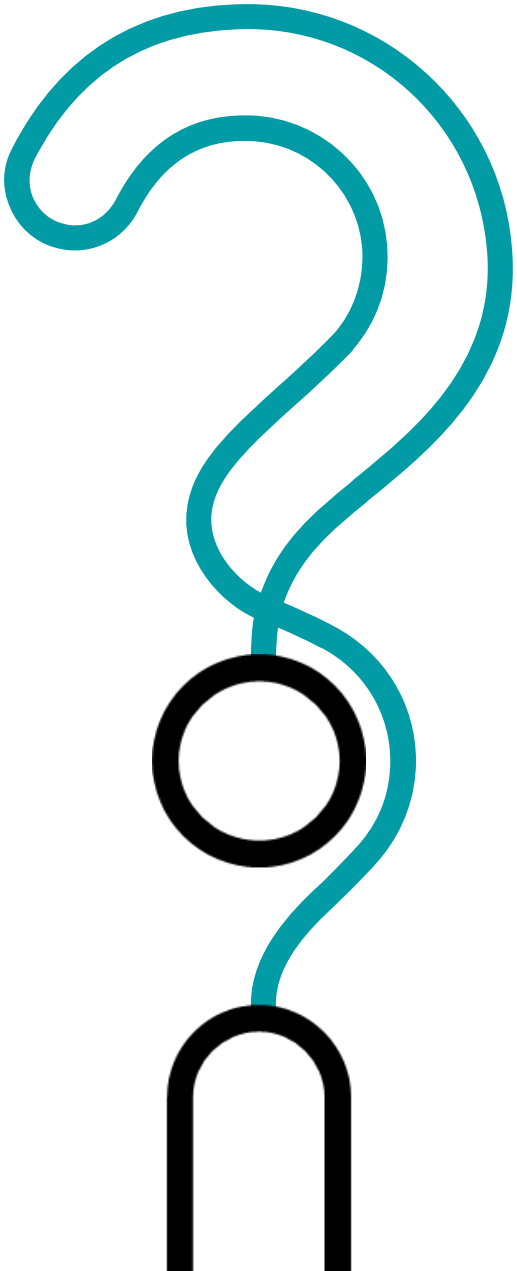
Rechen

7

Ergebnis Betrieb

8

Fazit



VERANLASSUNG

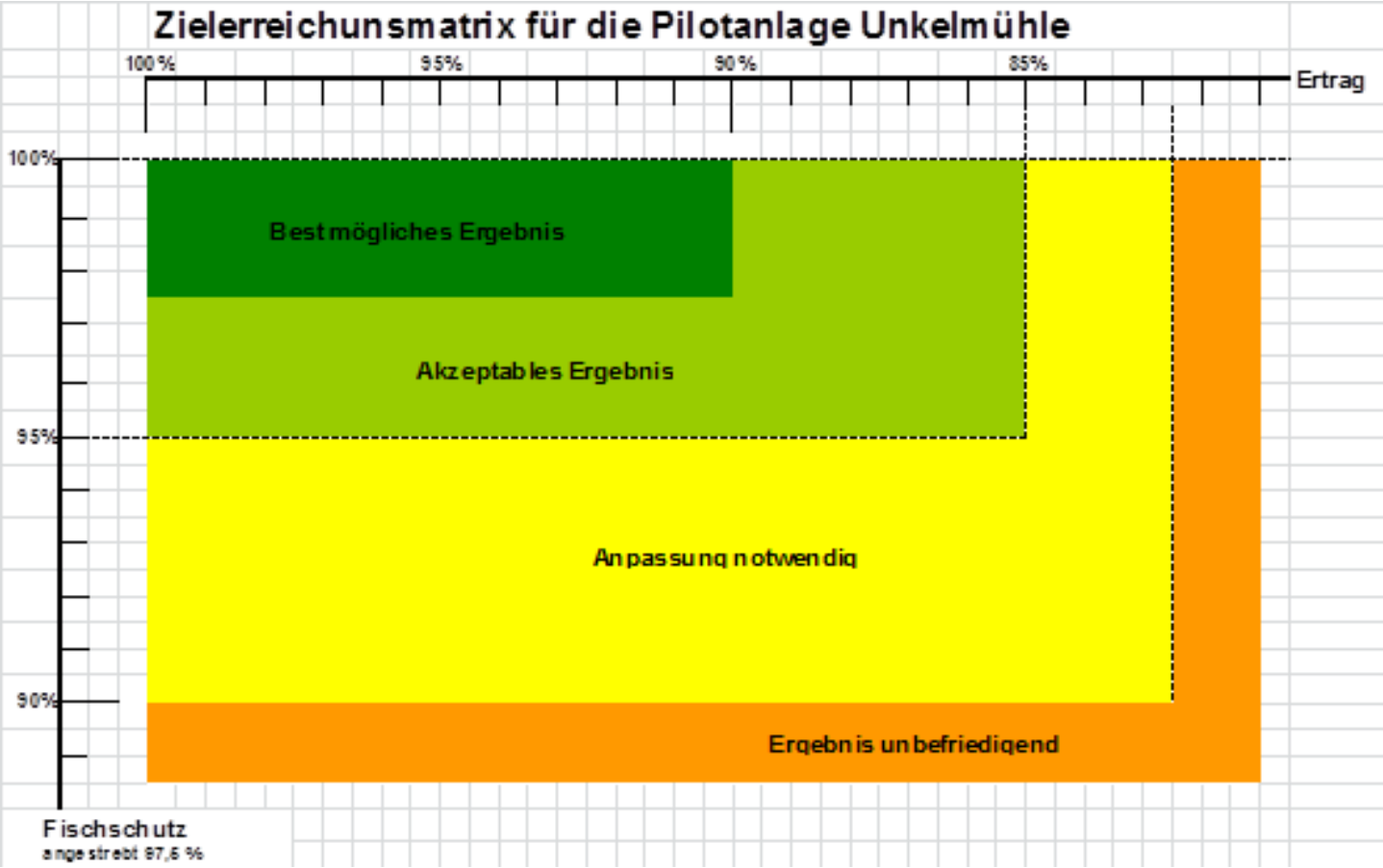
Standort Unkelmühle erfüllte verschiedene Vorgaben

Unkelmühle vor und nach dem Umbau

- Entwicklung der Technik für den **Schutz** der Zielarten Lachs und Aal durch vom Land finanzierte Pilotanlagen
- F&E zur Verbesserung der biologischen **Durchgängigkeit** eines wichtigen Standortes. Sieg ist **Vorranggewässer** für Lachs und Aal, Pilotgewässer Wanderfischprogramm Meerforelle
- **Revisionsbedarf** innogy zu eigenen Lasten – zeitliche Konzentration der Belastung Gewässer/Umfeld

Vereinbarungen der Vertragspartner

- Untersuchung der **ökologischen & betrieblichen Auswirkungen** über 3 Jahre
- Betriebliches Monitoring durch innogy, biologisches Monitoring durch Land NRW



Wesentliche Fragestellungen

Schutzrate des Feinrechens

Akzeptanz von Bypässen

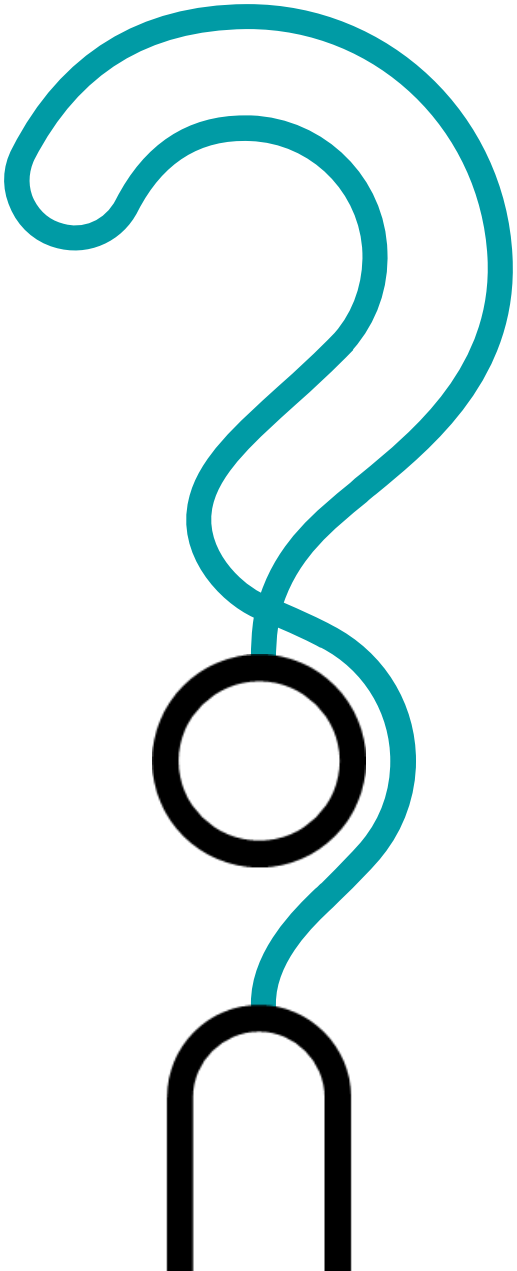
Einfluss der Stauhaltung

Wander-geschwindigkeiten

Aufwand für Wartung & Instandhaltung

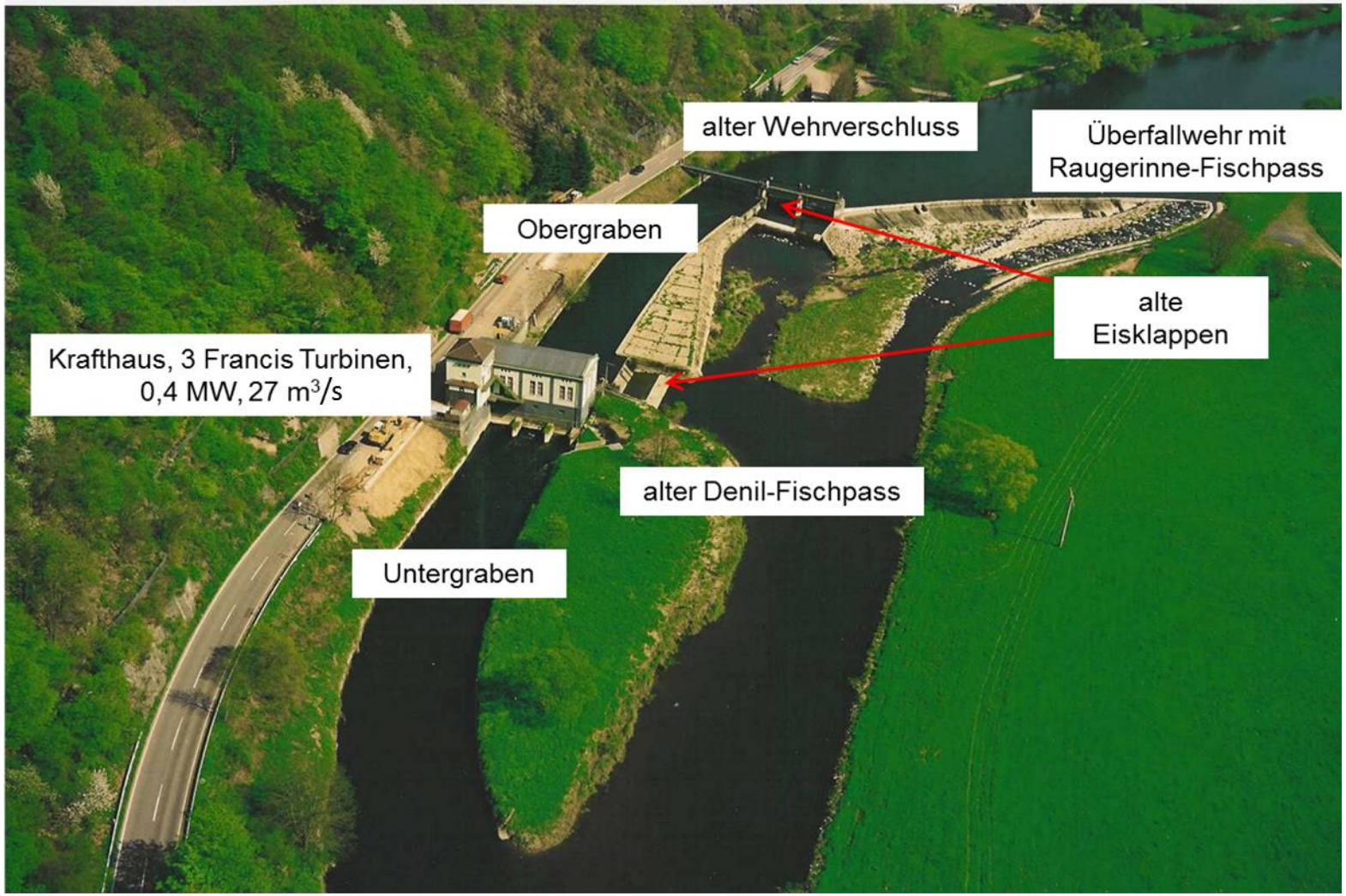
Energie- und Wasserverluste

Betriebliche Funktion

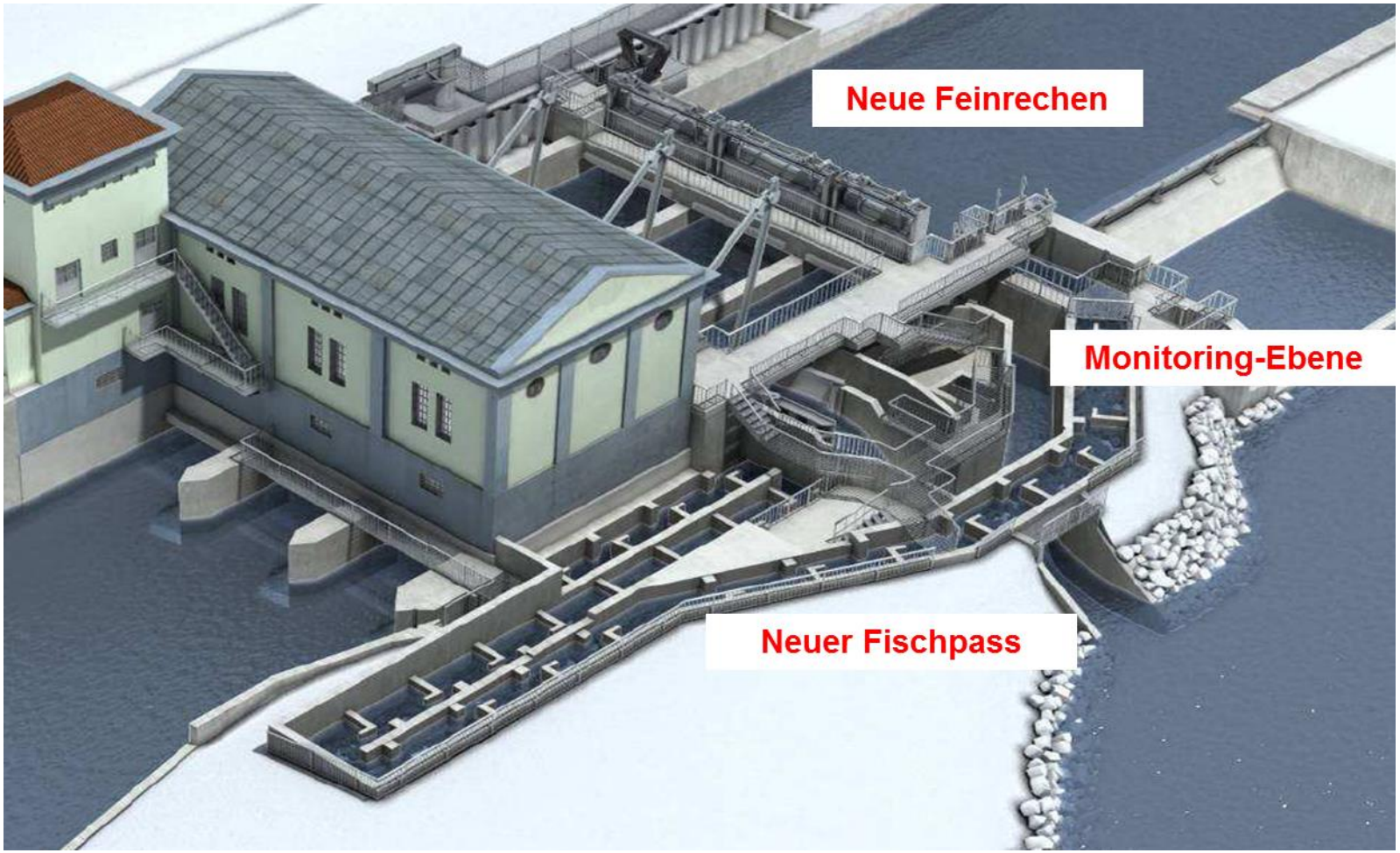


ANLAGEN-KOMPONENTEN

Standort vor dem Umbau bis 2010



Anordnung



Abstiegs-Systeme entsprechend der Präferenzen beim Schwimmverhalten der Abwanderstadien

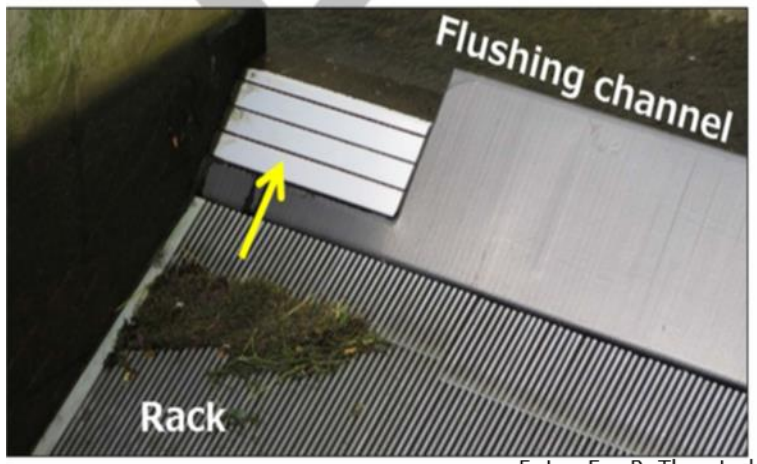


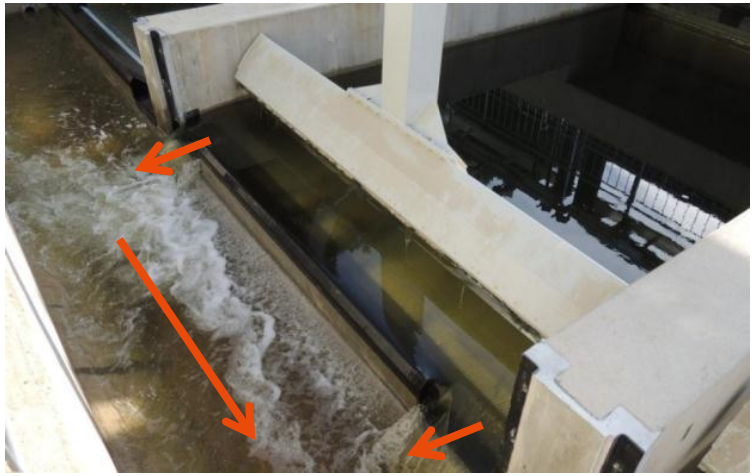
Foto: Eva B. Thorstad

Lachssmolts - oberflächennahe Abwanderung:

Je zwei Bypässe in Rechenschürzen

- dahinter eingestaute Spülrinne
- Abflussregelung aus der Spülrinne erfolgt über Schwenktore
  - entweder ins Unterwasser (Rechen-reinigung in Betrieb, kein Monitoring)
  - oder ins Monitoringbecken
- Öffnung Bypässe, Schwenktor durchgehend zur Lachswanderung März – Mai, sowie immer bei Abfluss über Ausbauwasser

Spülrinne



Bypässe (70 cm breit, bis 24 cm tief) an der Rechenschürze als Einstieg in die Spülrinne

- Rechengut und Fische werden ins Unterwasser abgeleitet (Schwenktor links)
- oder Fische werden ins Monitoring-Becken abgeleitet (Schwenktor unten)

Abwanderung Blankaale eher sohlnah und entlang von Strukturen

Foto RWTH Aachen

Sammelvorrichtung *Bottom-Gallery* an der Sohle

Parallel vor Zulaufschützen und Rechen, Anschluss an Monitoring-Becken

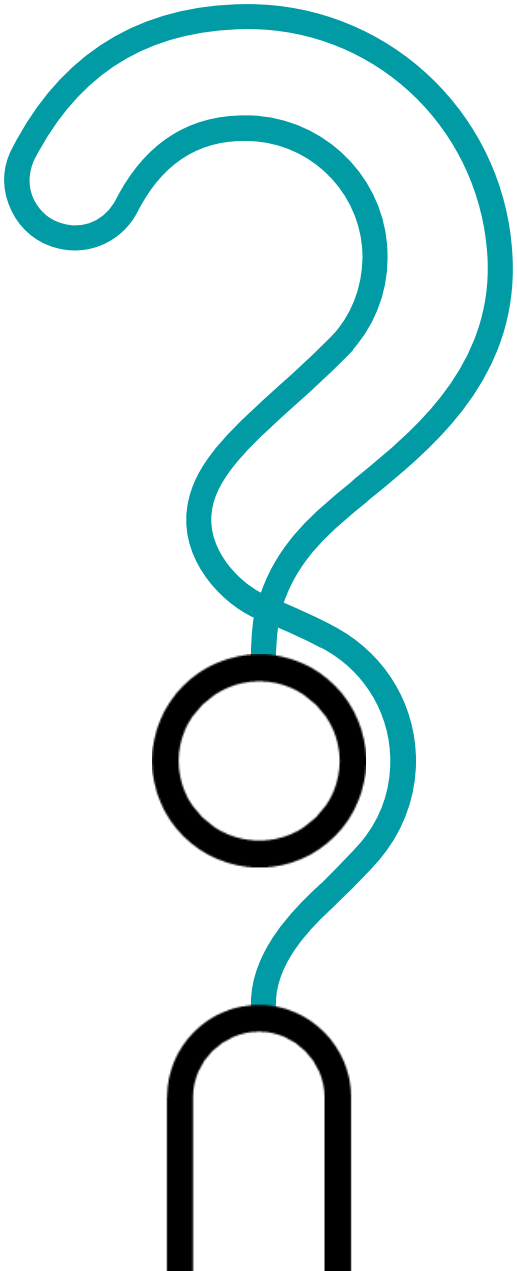
- Prinzip basiert auf Beobachtungen in Laborgerinnen, dass Aale nach Erkennen der Barriere sohlnah zurück Richtung Oberwasser schwimmen
- Betrieb nur im Monitoring nachts in der Wanderzeit von Juli bis Januar

Seitliche Aalrohre in drei Höhen

Grafik BezReg. Köln

Bottom-Gallery = halbrunder rohrartiger Unterschlupf mit Verschluss- und Spülsystem in Monitoring-Becken

Drei seitliche Aalrohre im linken Einlauf vor Turbine 3



METHODIK BIOLOGIE

Biologisches Monitoring

- Finanzierung erfolgte durch das Umweltministerium (MULNV)
- Begleitung durch eine Arbeitsgruppe beim MULNV

Koordination / wissenschaftliche Begleitung durch Universität Köln mit den Partnern:

NINA
Norwegian Institute for Nature Research

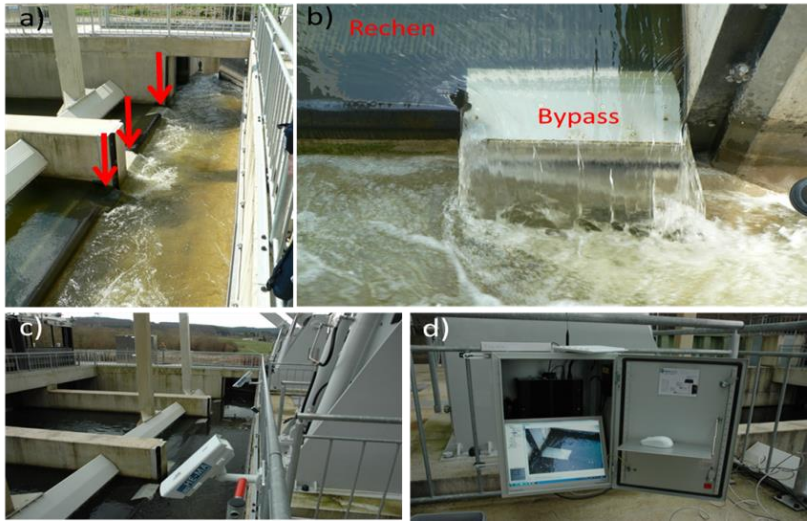
Radiotelemetrie

LimnoPlan
Fisch- und Gewässerökologie

Monitoring Fangbecken

Radio-Telemetrie
stationär und mobil

Video
kleinräumige Beobachtungen

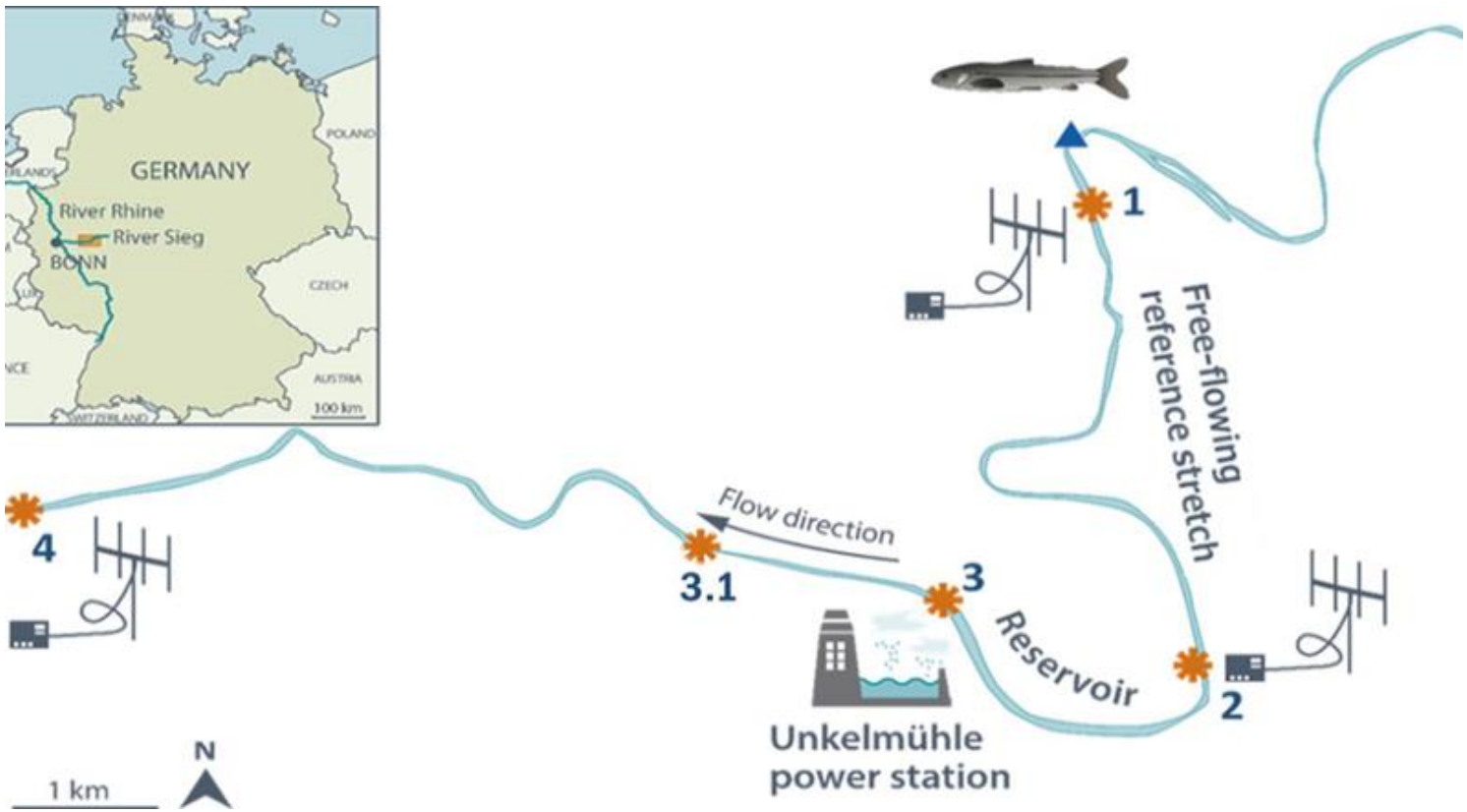


Quelle: Dr. Heermann, Dr. Teichert, University Cologne

Fang-Monitoring
unterhalb der Bypässe

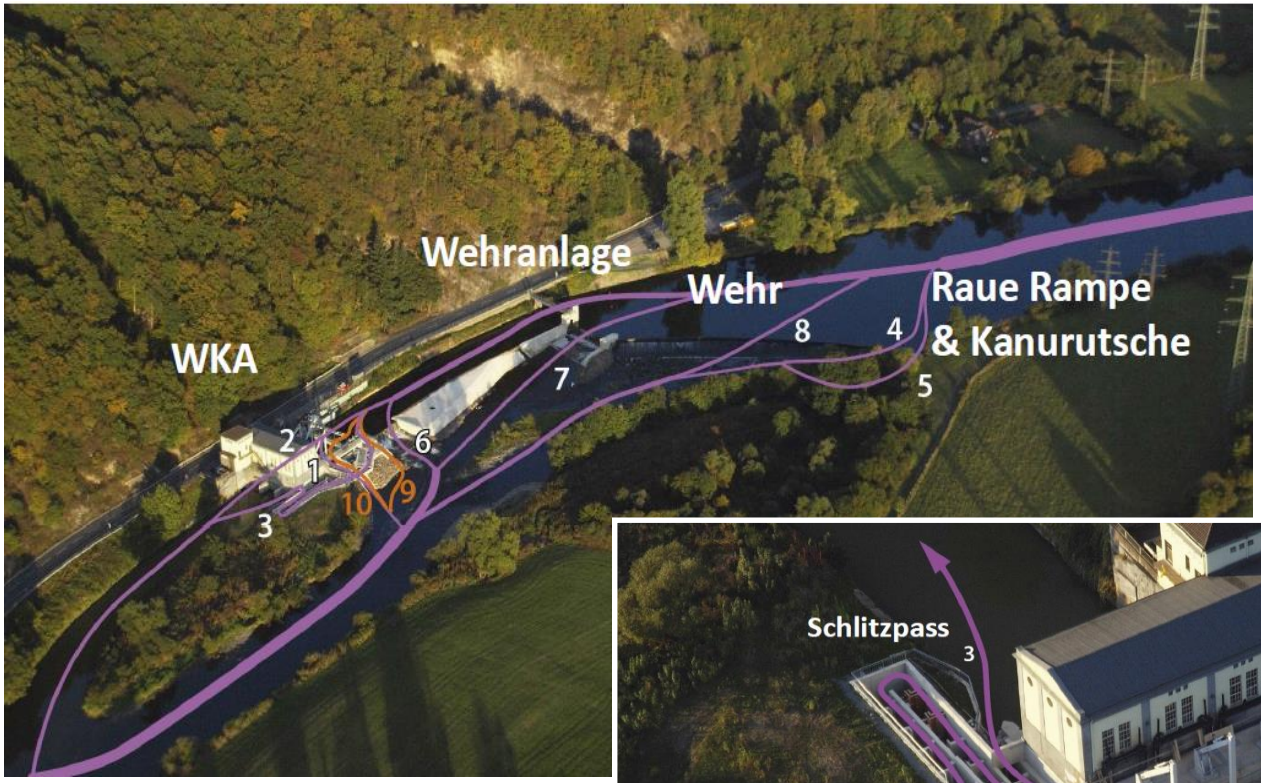
Quelle: LimnoPlan

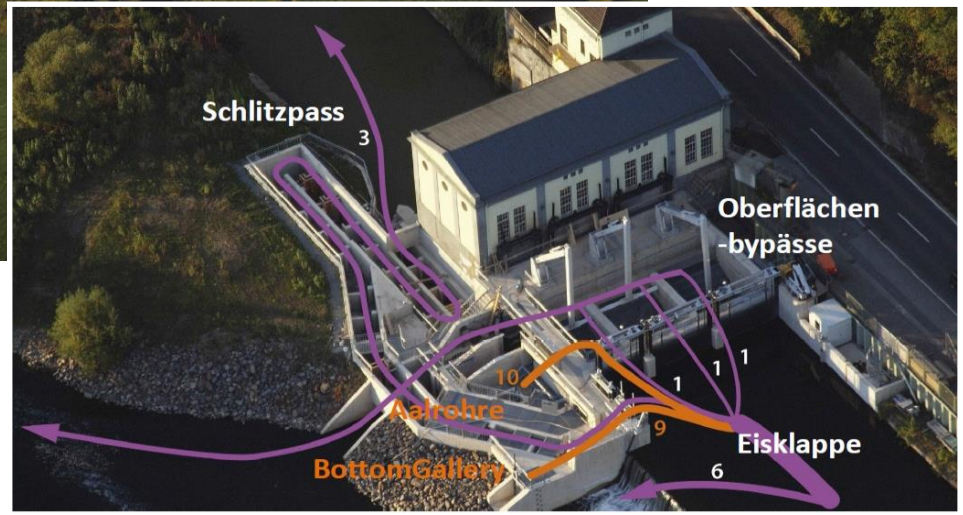
Anwendung aller Methoden an der WKA sowie Fernerkundung (Telemetrie) von Flussabschnitten

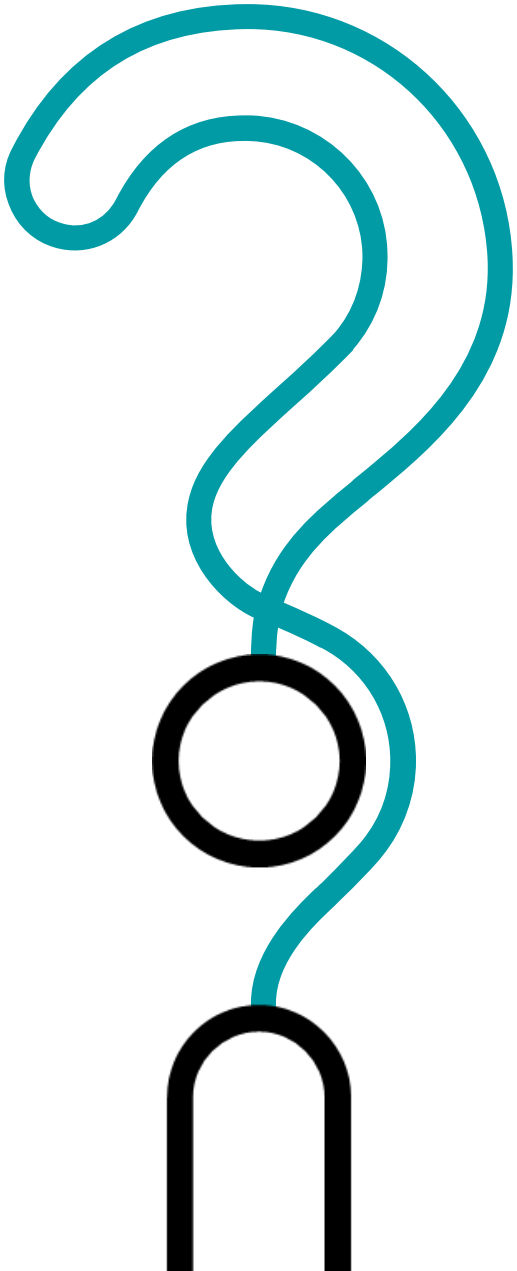


Antennenstandorte: **1**: 8,3 km oberhalb WKA - **3**: WKA sowie bis 100 m unterhalb, Gesamtlänge von 200 m - **4**: 7,5 km unterhalb (Beobachtung verzögerter Verluste ab 2015)

Ausstattung aller Wanderwege mit Antennen





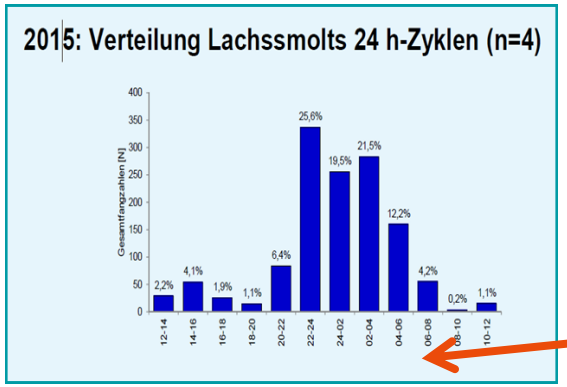


ERGEBNIS LACHS

Wie wurden die Bypässe angenommen?

Fang-Monitoring (zeitweise) Bypässe im Rechen + Telemetrie an der WKA - im Frühjahr

Fang-Zyklen Frühjahr	Fische Anzahl	Arten
2014	4.404	25
2015	2.819	26
2016	1.870	19
Summe	9.093	32



- Gute Annahme der Oberflächenbypässe
  - viele Fischarten
  - Neben Smolts überwogen Klein- und Jungfische (ca. 70% kleiner als 10 cm)
- Kein besenderter Smolt (N= 376) passierte den Rechen
- Die meisten besenderten Smolts nutzten die Oberflächenbypässe
  - 2014: 83 %
  - 2015: 95 %
  - 2016: 60% (36% Wehrüberfall)
- Wanderung meist in Dämmerung/nachts (auch in den anderen Flussabschnitten)

Schutzrate und Zielvorgabe
- Schutzrate Feinrechen 100 % -

Jahr	Zusätzlicher Verlust im Staubereich	Zusätzlicher Verlust direkt an der WKA[1]	Schutzrate Pilotanlage	Zusätzlicher Verlust direkt an der WKA sowie unterhalb bis 7,5 km	Summe Verlust durch Stau + Betrieb WKA
2014	7,2%	9,9%	90.1%	Nicht bekannt[1]	16,0%[1]
2015	17,1%	3,6%	96,4%	12,8%	25,1%
2016	4,4%	2,9%	97,1%	2,9%	7,2%

1 = keine Verluste unterhalb WKA beobachtet

<u>Zielmatrix Schutzrate Pilotanlage (Vertrag)</u>

97,5 – 100 % = bestmöglich

95 – 97,5 % = akzeptabel

90 – 95 % = Anpassung erforderlich

2014 Anpassung erforderlich
2016 an der Grenze zu bestmöglich

Mögliche Einflüsse für unterschiedliche Verluste

innogy

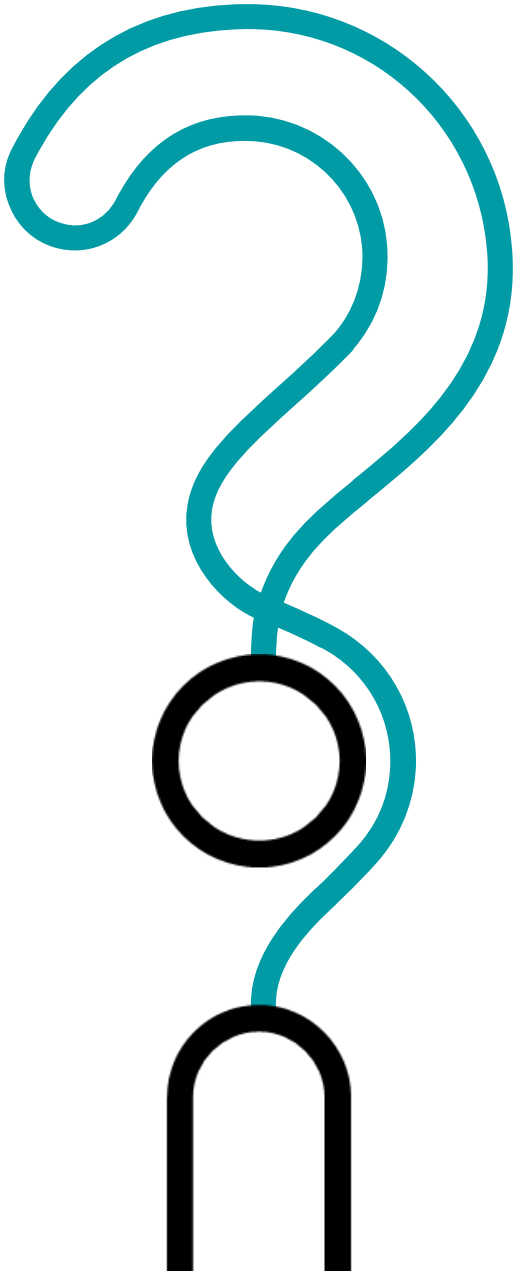
Jahr	Zusätzlicher Verlust im Staubereich	Zusätzlicher Verlust direkt an der WKA[1]	Schutzrate Pilotanlage	Zusätzlicher Verlust direkt an der WKA sowie unterhalb bis 7,5 km	Summe Verlust durch Stau + Betrieb WKA
2014	7,2%	9,9%	90.1%	Nicht bekannt[1]	16,0%[1]
2015	17,1%	3,6%	96,4%	12,8%	25,1%
2016	4,4%	2,9%	97,1%	2,9%	7,2%

- Verletzung als Ursache nicht plausibel
- Die Biologen vermuten, dass **höhere Verluste auf vermehrten Räuberfraß** (höhere Dichte, höhere Erfolg, Desorientierung der Smolts im Unterwasser) im veränderten Lebensraum zurückgehen.
- Umgekehrt können die **geringeren Verluste bei höheren Abflüssen wie in 2016** durch geringeren Räubererfolg (schnellere Wanderung, Trübung) bedingt sein.

➢ **Genaue Ursache nicht bewiesen**

Treibgutpolster im Auslauf der Schwemmrinne reduzieren

Übergang Schwemmrinne in die Sieg mit Treibgutpolster in 2014 durch Kreuzung Fischpass - wahrscheinlich Ursache für höhere Verluste in 2014



ERGEBNIS AAL

Besondere Problematik

- Geringe Anzahl Aale beim Fang-Monitoring
- 271 Aale wurden besendert - nur für 193 konnten die Bewegungen an der WKA durchgängig analysiert werden
- Aale unterbrechen Abwanderung über Wochen – teilweise ist unklar, ob stationäre Signale tote oder ruhende Aale sind

➢ **Ergebnisse müssen überjährig dargestellt werden**

➢ **Verluste können nur als Spannweite dargestellt werden**

Telemetrie Herbst/Winter 2014 - 2016

innogy

Annahme Wehr, Oberflächenbypässe:

2014/15:

- Wehrklappe: 59%
- Oberflächenbypass: 24%

2015/16:

- Wehrklappe: 49%
- Oberflächenbypass: 27%

Annahme Aal-Abstiege:

2014:

- *BottomGallery: 2%*
- *seitliche Aalrohre: 0%*

2015

- *BottomGallery: 9%*
- *seitliche Aalrohre : 1%*

Wanderverhalten:

- **Keine Passage des Feinrechens**
- **Speziellen Aal-Abstiege wurden kaum angenommen**
- Abwanderwege mit höheren Abflüssen wurden bevorzugt
- Großteil wanderte zu Zeiten erhöhten Abflusses sowie in den Herbstmonaten

Fang-Monitoring Herbst/Winter 2014 – 2016

Kontinuierliche Erfassung - Fangkammern ohne Anbindung an die Sieg

Monitoring-phase	Anzahl Aale	Bottom-Gallery	Aal-Rohre
2014/2015	11	8	3
2015/2016	106	103	3

Foto Limnoplan

- Anzahl Aale war sehr gering
- Aber Fang-Monitoring belegt eine grundsätzliche Annahme der Bottom-Gallery
- Ohne Telemetrie läge aber keine Kenntnis zur Verteilung auf die anderen Abwanderwege vor

➢ **Verifizierung der Erkenntnisse durch Einsatz beider Methoden**

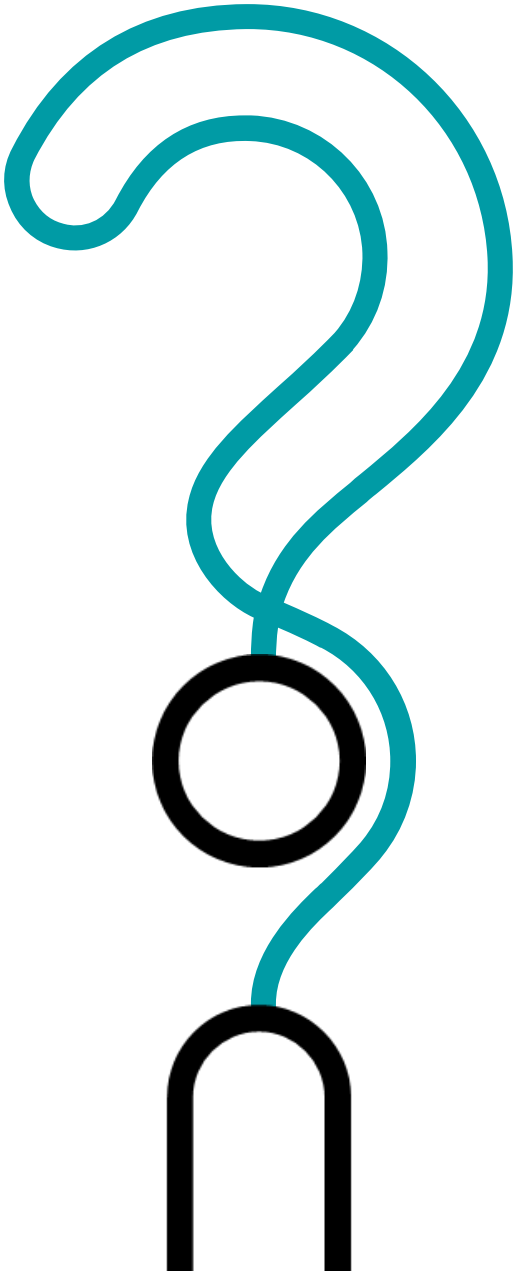
➢ **Zahlreiche Jungfische (8.809) aus 28 Arten wurden in den „Aal-Abstiegen“ gefangen**

Schutzrate Blankaale und Zielvorgaben

Monitoringphase	Schutzrate Standort	Schutzrate Feinrechen
2014/2015	96 bis 100 %	100 %
2015/2016	92 bis 100 %	100 %

- **<u>Zielmatrix Schutzrate Pilotanlage (Vertrag)</u>**
- 97,5 – 100 % = bestmöglich
- 95 – 97,5 % = akzeptabel
- 90 – 95 % = Anpassung erforderlich

2014/15 akzeptabel bis bestmöglich
2015/16 Anpassung bis bestmöglich



METHODIK BETRIEBLICHES MONITORING

Erfassung von **elektrischem Verbrauch**, **Wasserverlust** und **Personalaufwand**

- Betriebliches Monitoring: 3 Jahre (Oktober 2013 – Oktober 2016)
- Verlängertes betr. Monitoring: 2 Jahre, im geringeren Umfang im Hinblick auf
  - Lebensdauer, Unterhaltungsaufwand, Reparaturaufwand

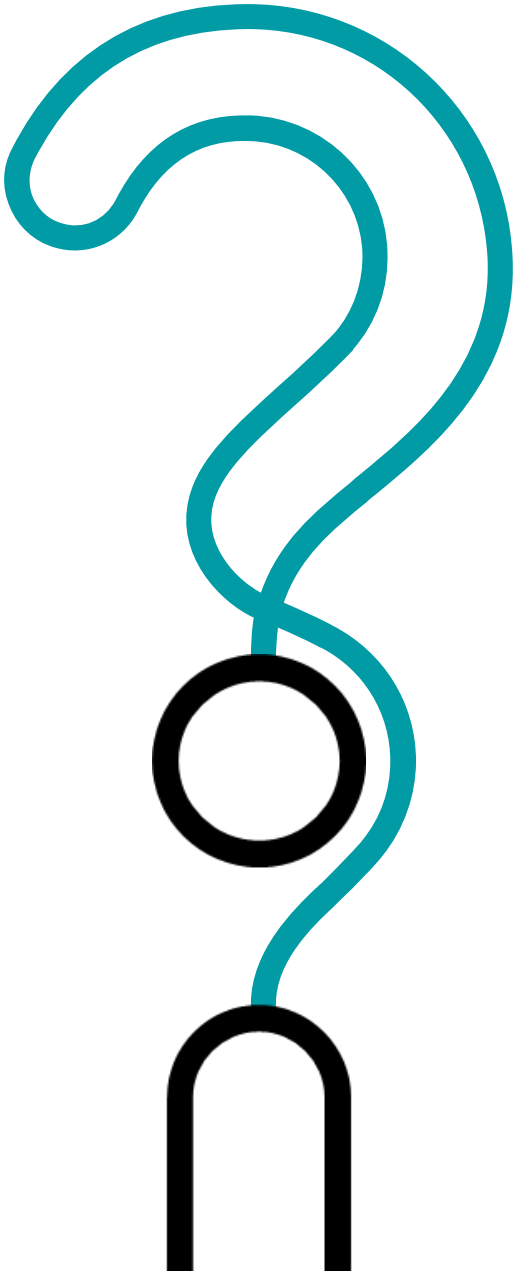
- Messung der **elektrischen Verbräuche**
  - HIAB Schwenkkran
  - Spülpumpe
  - Rechenreinigungsmaschinen 1 – 3
  - Schwenktor 1 – 2 inkl. Seitenschildbeheizung
  - Antrieb Dotationswassermengeschieber
  - Kompressor für Quetschventile
  - Antrieb Eisklappe 2 inkl. Seitenschildbeheizung
  - Antrieb Wehranlage
  - Antrieb Bottom Gallery
  - Stromverbrauch biologisches Monitoring
  - Antrieb Geschiebeschütz

Erfassung von **elektrischem Verbrauch**, **Wasserverlust** und **Personalaufwand**

- Messung der **Wasserabgaben** und die daraus resultierenden Energieverluste

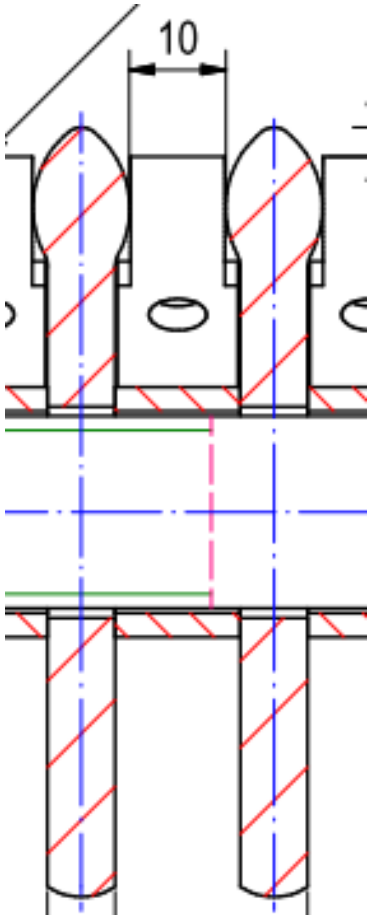
  – Rechenverluste Rechen 1 – 3
  – Aalrohre
  – Bottom Gallery
  – Schwenktor 1 + 2
  – Wehranlage
  – Eisklappe
  – Dotationswassermenge

- Erfassung **Personalaufwendungen** für Pilotprojekt und Umrechnung in einen äquivalenten Energieverbrauch

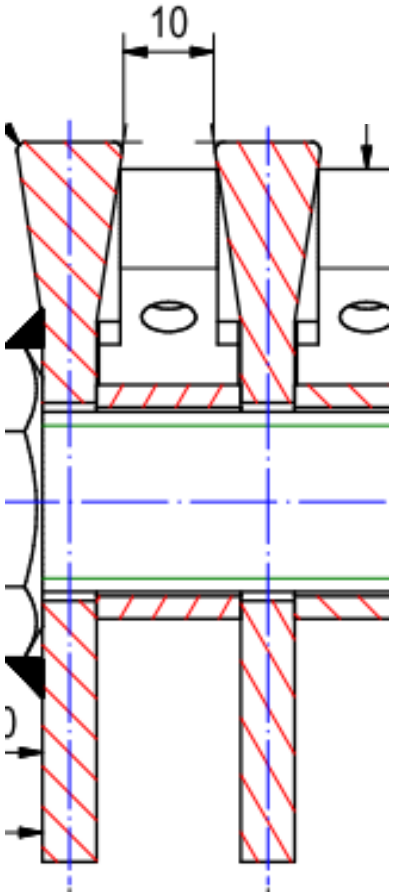


RECHEN

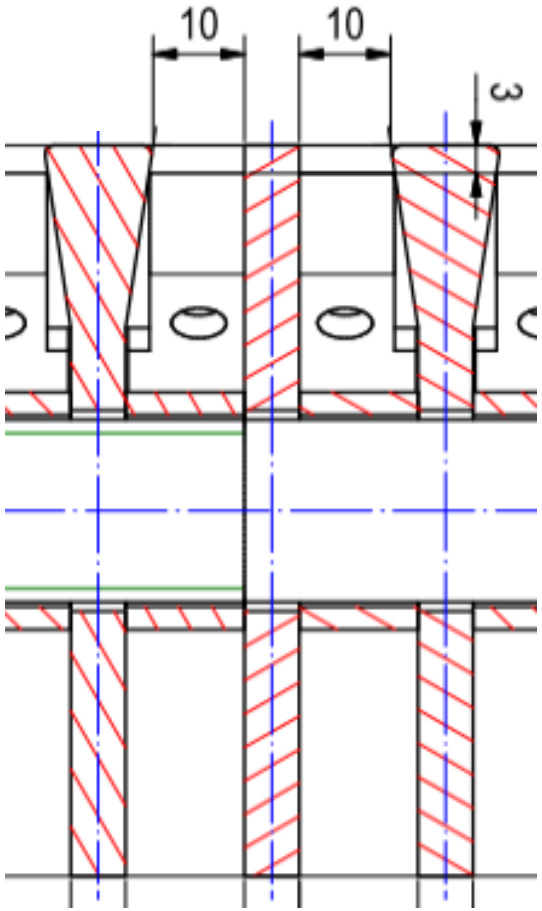
Unterschiedliche Rechenprofile



Rechen 1: Tropfenprofil

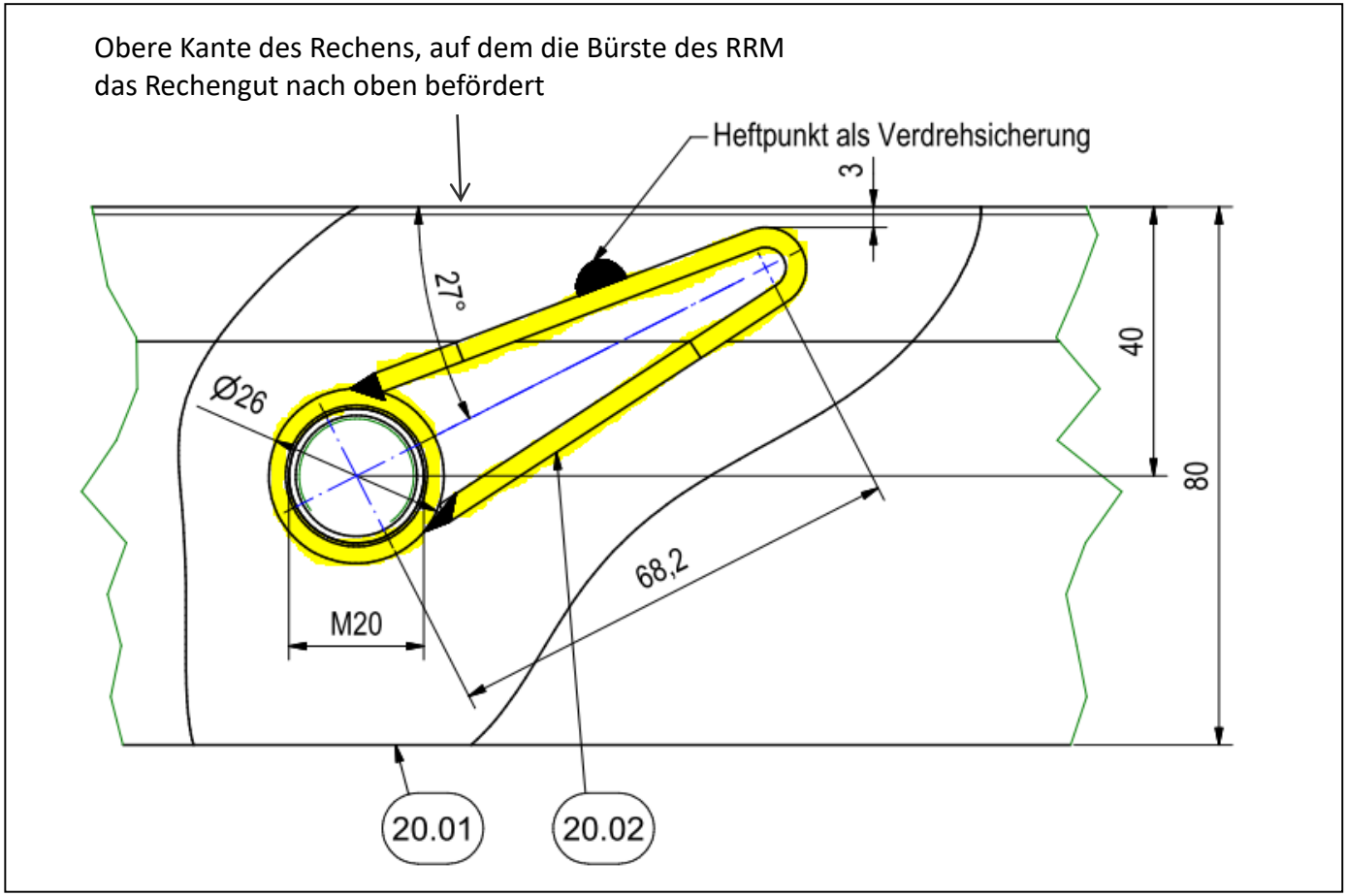


Rechen 2: Y-Profil



Rechen 3: Y-Profil / Flachstahl/Rechteckprofil

Abstandshalter

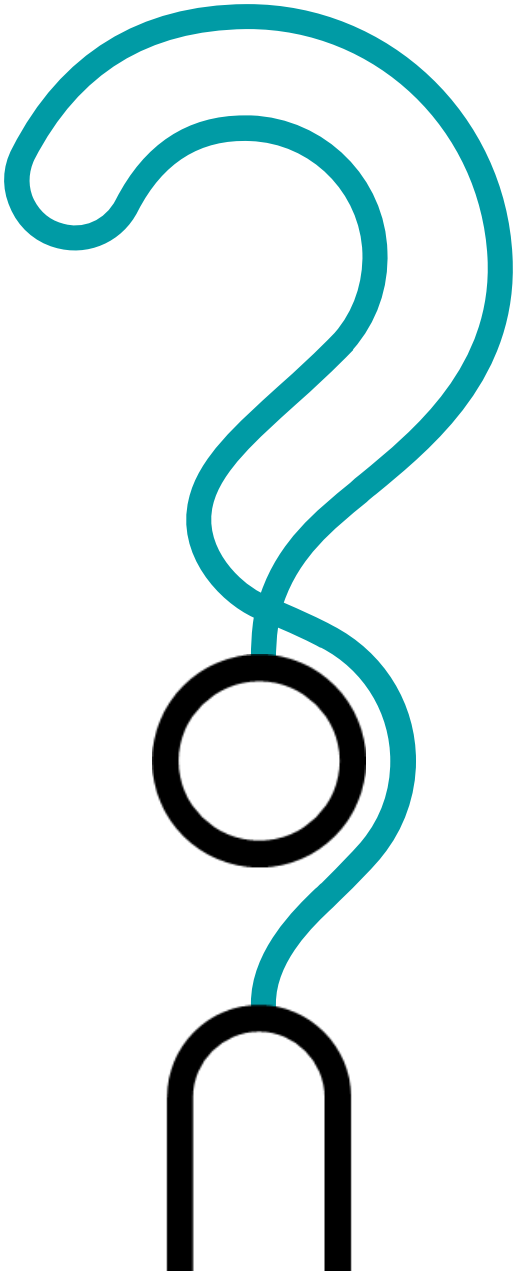


Abstandshalter mit nach vorn gezogenem Füllelement

Teilverlegter Rechen von vorne

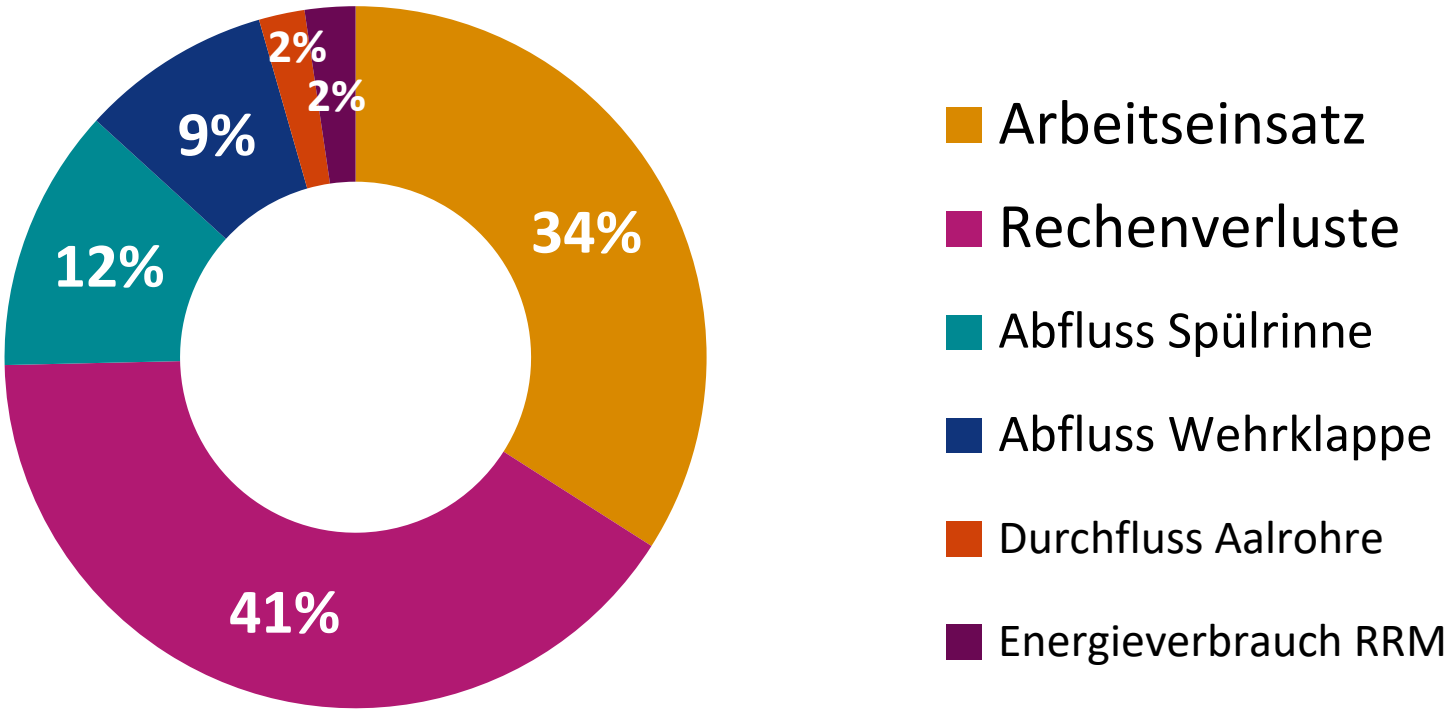
O
d

Teilverlegter Rechen von hinten



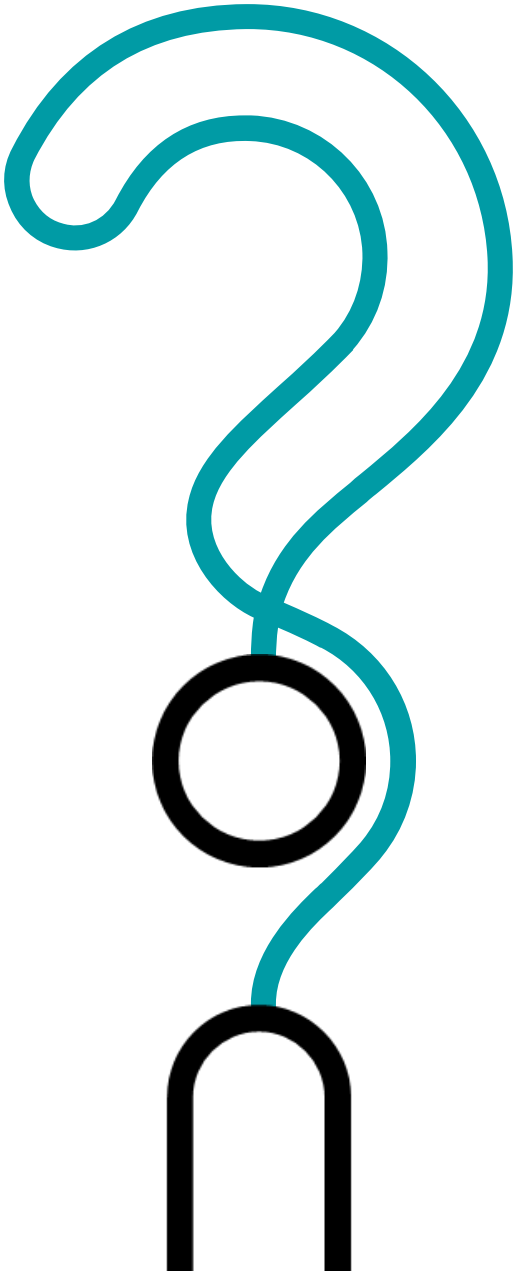
ERGEBNIS BETRIEBLICHES MONITORING

Anteilige Verbräuche einzelner Komponenten



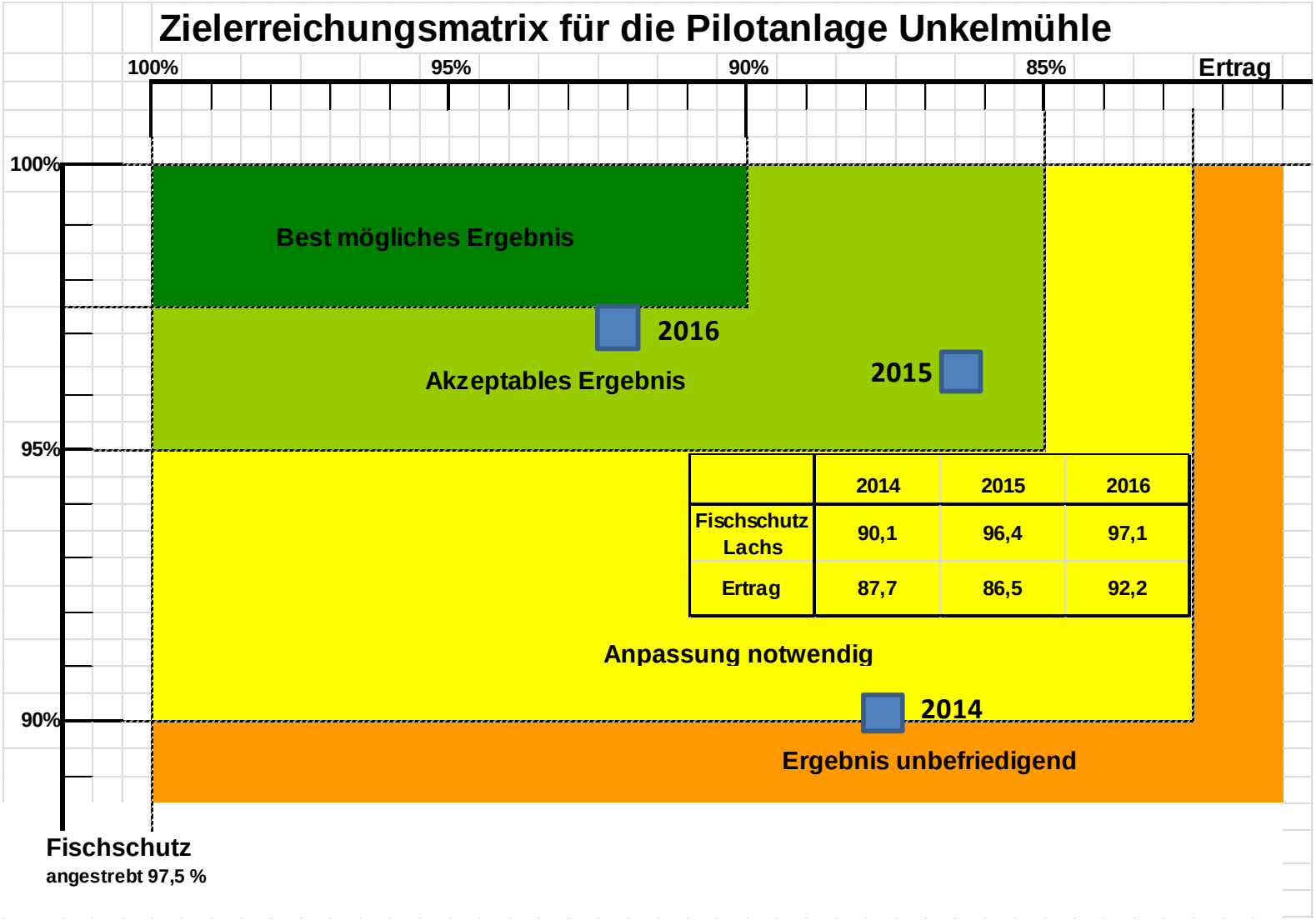
Verluste in Relation zur Erzeugung

2013/14	2014/15	2015/16	Mittelwert
12,3 %	13,6 %	7,8 %	11,2 %



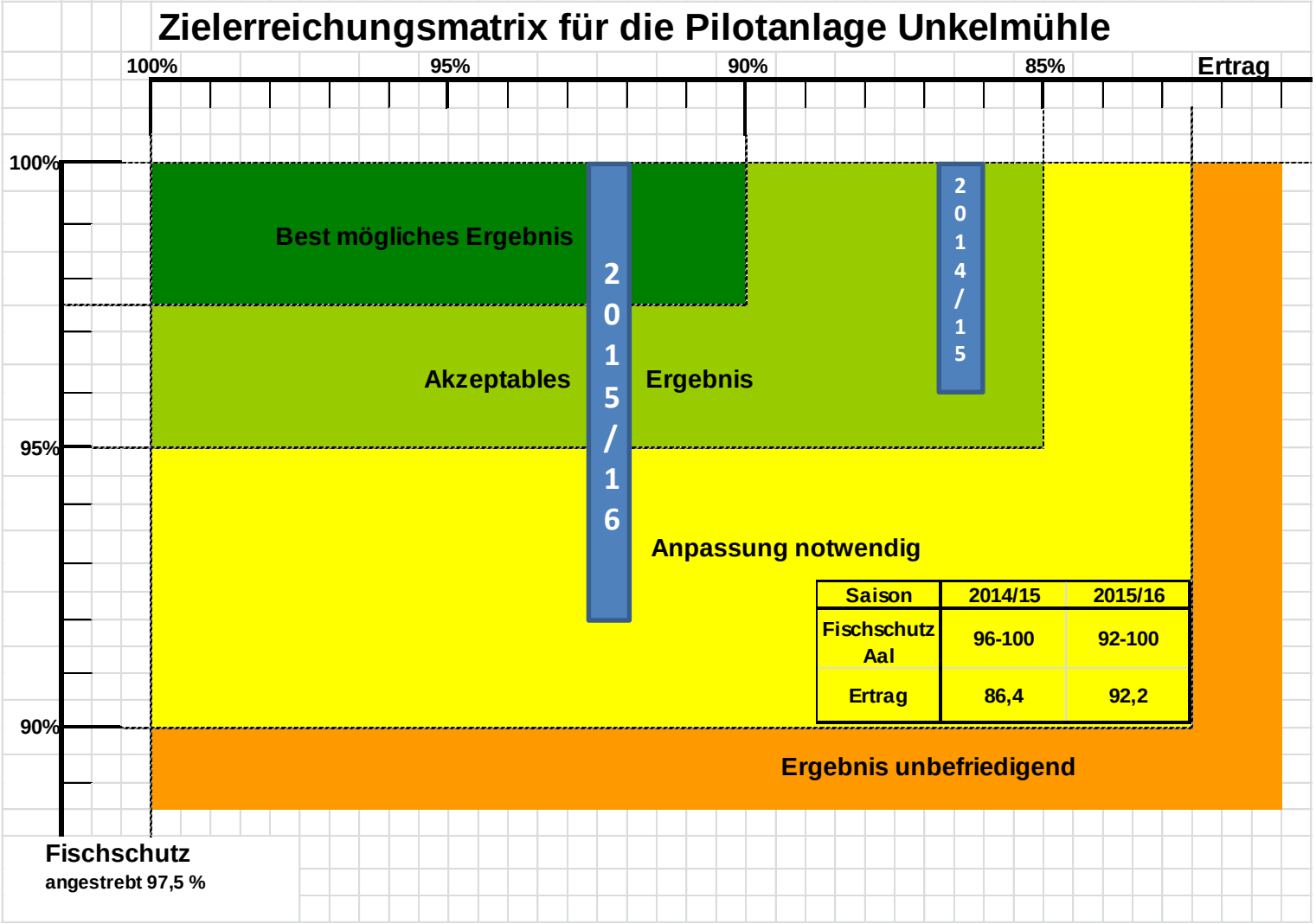
FAZIT

Ergebnis Lachssmolts



	2014	2015	2016
Fischschutz Lachs	90,1	96,4	97,1
Ertrag	87,7	86,5	92,2

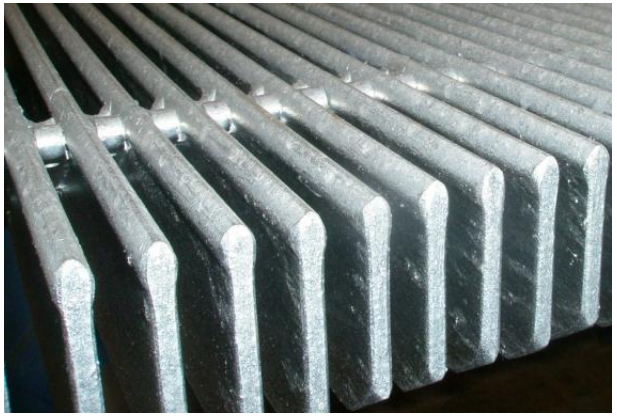
Ergebnis Blankaale



Saison	2014/15	2015/16
Fischschutz Aal	96-100	92-100
Ertrag	86,4	92,2

Zusammenfassung **betriebliches** Monitoring

1. Rechenreinigung weist noch geringe Mängel auf, Verluste können sicherlich noch geringer ausfallen
2. Rechen mit Tropfenprofil besser geeignet als Y-Profil
3. Rechenabstand von 10 mm für den Standorte bei 10,5 m^3/s geeignet, bereits bei der Größenordnung RRM jedoch teils im Dauereinsatz
4. Revisionsvorrichtung sinnvoll zur Vermeidung längerer Stillstandszeiten
5. Höhenverlust am Rechen: Theorie ≠ Praxis



Zusammenfassung biologisches Monitoring

innogy

Allgemein

- Die Kombination von Besenderung und Fang-Monitoring hat sich bewährt
- Feinrechen bietet 100 % Schutz für die Zielarten (keine Rechenpassagen)
- Monitoring über 3 Jahre hinweg hat sich bewährt:
  - Die natürliche Variabilität (Abflüsse etc.) wurde berücksichtigt
  - Probleme konnten teils reduziert werden

Lachssmolts

- Gute Schutzrate (90 bis 97 %)
- Hohe Annahme Oberflächenbypässe
- Wandergeschwindigkeit an der WKA verzögert
- Abflussabhängig teils relativ hohe Verluste im Staubereich und im Unterwasser

Blankaale

- Datenanalyse problematischer
- Hohe Schutzrate (92 bis 100%)
- Wehrklappe wird bei passenden Abflüssen bevorzugt
- Abwanderung über geneigten Feinrechen statt über Aal-Abstiege

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Backup

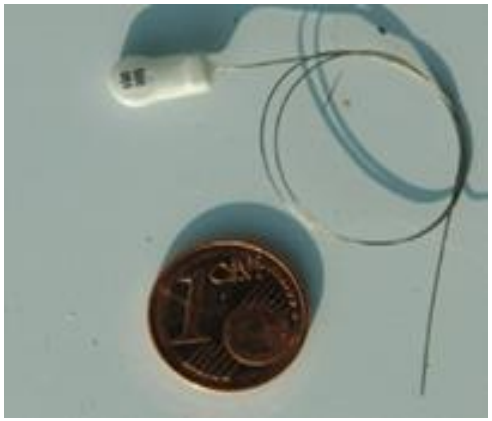
Anpassungen für die ökologische Durchgängigkeit

innogy

	Altanlage	Pilotanlage
Fischschutz - Fischabstieg		
Rechenstabweite	30 mm	10 mm
Rechenfläche	52 m^2 nahezu senkrecht	115 m^2 mit 27° Neigung, Vertiefung Obergraben
Anströmgeschwindigkeit	0,8 m/s	0,5 m/s
Abstieg Lachs + Aal	nein	Ausschnitte Oberkante Rechen, Sammelsystem Boden, seitliche Aalrohre
Fischaufstieg		
	Denilpass und raue Rampe Wehr	Neubau Vertikal-Slot *raue Rampe Wehr (wie bisher)*
Feststoffbewirtschaftung		
Weiterführung Rechengut	nein	Spülrinne
Weiterführung Geschiebe	nein	Geschiebeschütz

Radio-Telemetrie – Individuelle Bewegungen, Verluste

- Smolts stammten aus Fangmonitoring, Blankaale aus der Mosel/Rhein
- Aktive Sender werden implantiert
- Einsetzen der Fische oberhalb der Referenzstrecke
- **Aufzeichnung der Bewegungen** über Funksignale, zahlreiche stationäre und mobile Empfänger
- **Verlust = kein Funksignal mehr**, Ursache nicht immer zweifelsfrei: Mortalität durch Wasserkraft oder Räuber, Wanderstopp (bei Aalen), technische Defekte
- Abzug der natürlichen Verluste (Referenzstrecke) ergibt **zusätzliche Verluste als Ergebnis**



Quelle: Dr. Heerrmann, Dr. Teichert, University Cologne

Gab es Änderungen bei der Wandergeschwindigkeit?

Median Wandergeschwindigkeit (km/h) Smolts

Jahr	Freifließende Referenzstrecke	Stau	WKA	Strecke unterhalb WKA bis 7,5 km
2014	0,31	0,73	↓0,03	unbekannt
2015	0,63	1,27	↓0,05	0,60
2016	↑4,20	2,50	↓0,40	4,50

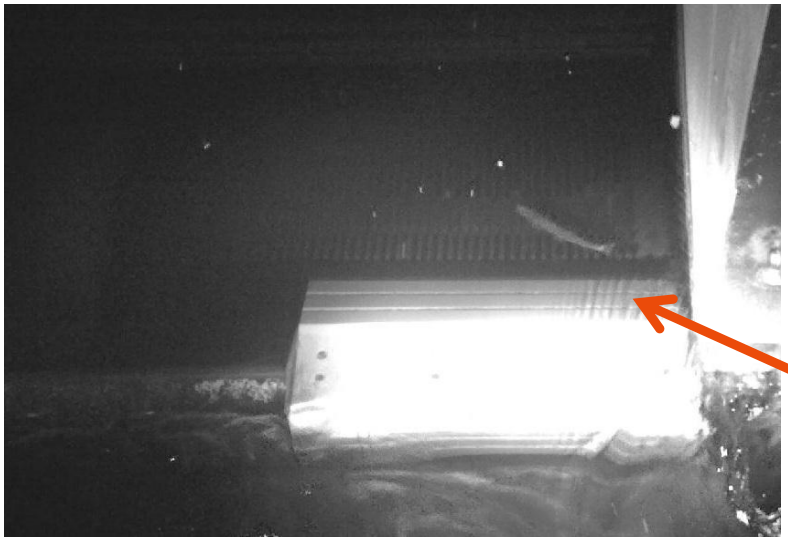
Grau hinterlegte Werte = signifikant verschieden zur freifließenden Referenzstrecke

Wandergeschwindigkeit variierte in 2016 stark - wohl bedingt durch hohen Abfluss

Verzögerung an WKA mit längerer Aufenthaltszeit im Nahbereich unterhalb

- Desorientierung durch Einmündung der Bypässe in eine Zone ohne gute Leitströmung (Ausleitungsstrecke)?

Videoaufzeichnungen an den Oberflächenbypässen



- Tagsüber vermehrt Schwärme vor den Bypässen
- Auflösung von Schwärmen in der Dunkelphase
- Smolts sondieren den Bereich meist gegen die Strömung
- Bypass selber wurde auch kopfvoran mit der Strömung passiert

- **Bevorzugung der tieferen der beiden Öffnungen**

➢ **Umsetzung im künftigen Betrieb**

Wandergeschwindigkeit Aale in den Gewässerstrecken, Median (km/h)

Jahr	Freifließende Referenzstrecke	Stau	WKA	unterhalb WKA bis 7,5 km stromab
2014/15	2,5	2,8	0,70	5,7
2015/16	0,03	1,7	0,15	4,5

Große Unterschiede in den Gewässerstrecken

- **Größte Verzögerung Besatzstelle (Motivation beeinträchtigt, Stress?)**
- Verzögerung an der WKA
- unterhalb der WKA stark erhöhte Werte – Ursache unklar?
- auch große Unterschiede bei den Individuen

Verbräuche einzelner Komponenten (TOP 10)

innogy

Zeit	2013/14	2014/15	2015/16	2013-2016	Anteil
Arbeitseinsatz	79.879	69.005	31.280	**180.164**	**34%**
Rechenverlust RRM 2	39.948	59.774	31.116	**130.838**	**25%**
Rechenverlust RRM 1	19.562	18.714	23.386	**61.662**	**12%**
Abfluss Schwenktor 1	30.476	14.250	13.207	**57.933**	**11%**
Abfluss Wehrklappe	9.588	31.983	4.948	**46.519**	**9%**
Rechenverlust RRM 3	9.345	6.314	6.765	**22.425**	**4%**
Durchfluss Aalrohre	3.286	5.385	2.496	**11.167**	**2%**
Energieverbrauch RRM 2	3.000	2.445	1.305	**6.751**	**1%**
Abfluss Schwenktor 2	3.054	1.708	1.519	**6.280**	**1%**
Energieverbrauch RRM 1	724	2.472	2.367	**5.564**	**1%**

Absteigend sortiert, Verluste / Verbräuche in kWh

Vorgehen

- Finanzierung erfolgte durch das Umweltministerium (MULNV)
- Begleitung durch eine Arbeitsgruppe beim MULNV
- Koordination / wissenschaftliche Begleitung durch Universität zu Köln mit den Partnern:
  - Norwegian Institut for Nature Research (NINA) - Radiotelemetrie
  - Fischökologisches Büro LimnoPlan - Monitoring Fangbecken