

Turbinenabnutzung bei abrasiven Gewässern – Optimierung des Turbinenbetriebs am Fallbeispiel des KW Saldur

Philip BITTNER

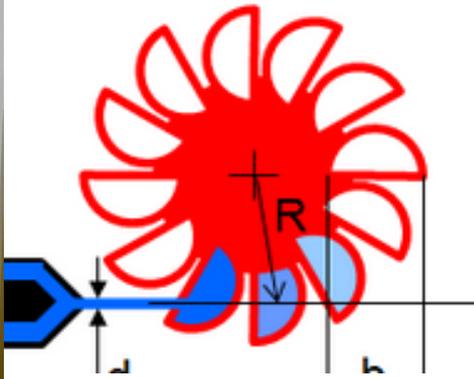
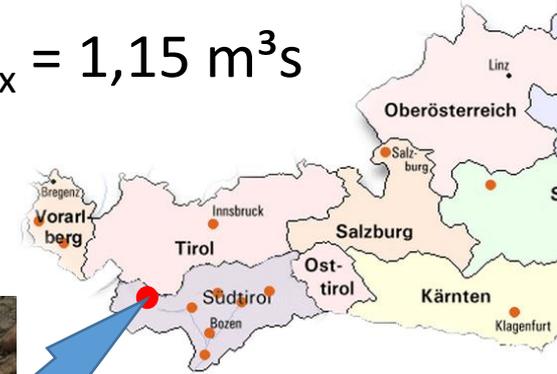
Ingenieure Patscheider und Partner GmbH

Anlagendaten KW Saldur:

1 Pelton, vertikal, 5-düsig, $n=1000^{-1}$

$H_n = 450 \text{ m}$, $Q_{\max} = 1,15 \text{ m}^3/\text{s}$

$P_{\max} \approx 4,5 \text{ MW}$



ZIEL für KW Saldur – Beantwortung der Fragen

- Grenzwert wirtschaftlich turbinierbare Sedimentfracht?
- Laufrad: beschichtet oder unbeschichtet?
- Zeitpunkt Laufradtausch?

Verschleiß hängt ab von:

Haupteinflussgrößen

- Sedimentmenge
- Sedimenteigenschaften
 - Kornform
 - Härte
 - Korndurchmesser

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

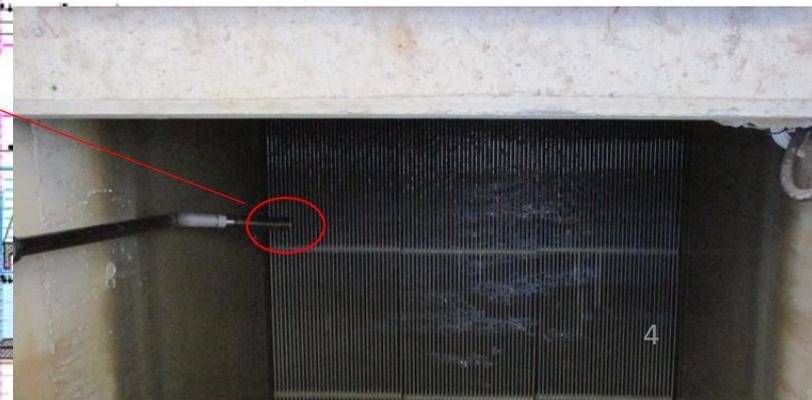
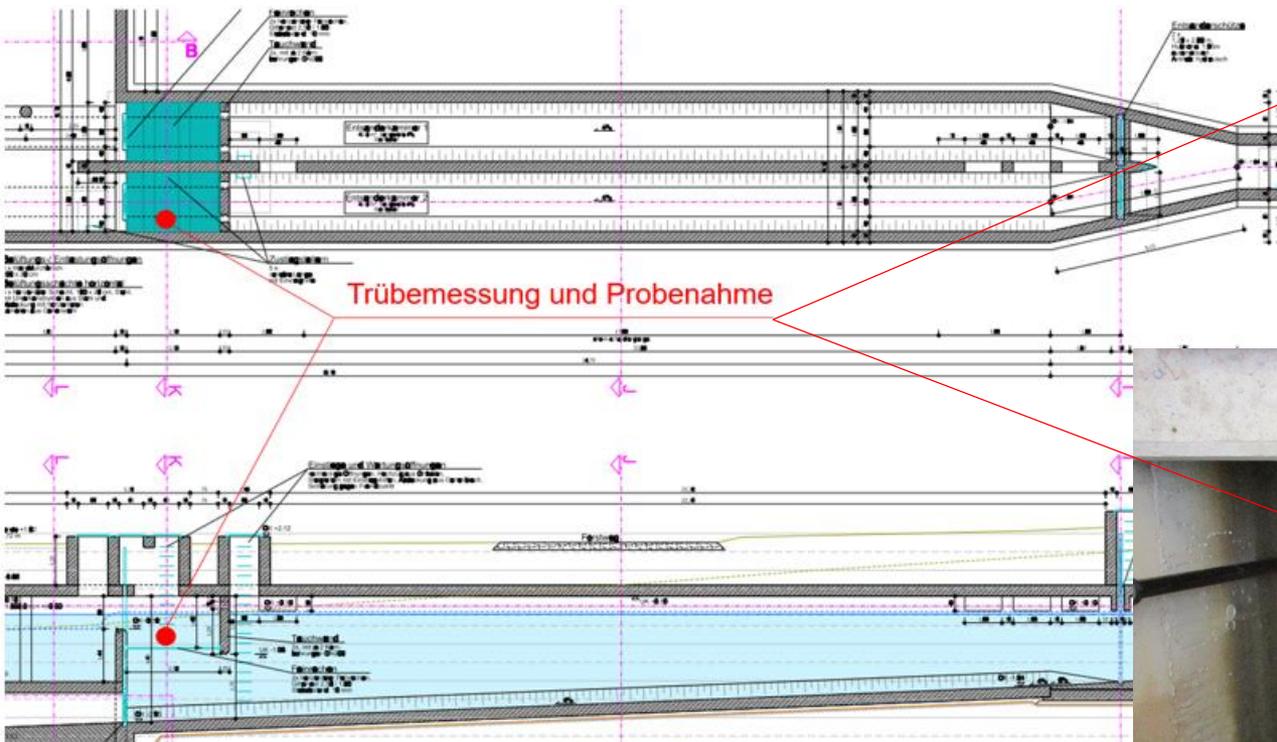
Weitere Parameter

- Düsenanzahl
- Becherbreite
- Fallhöhe

Messkampagne Juni – Oktober 2018

Triebwasser

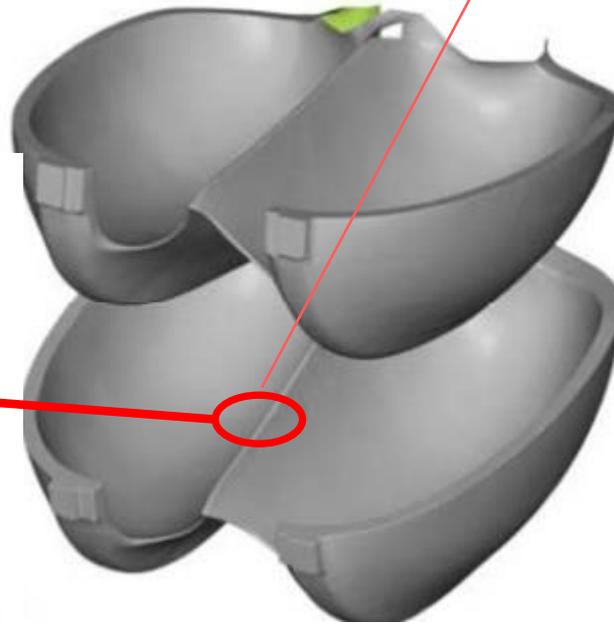
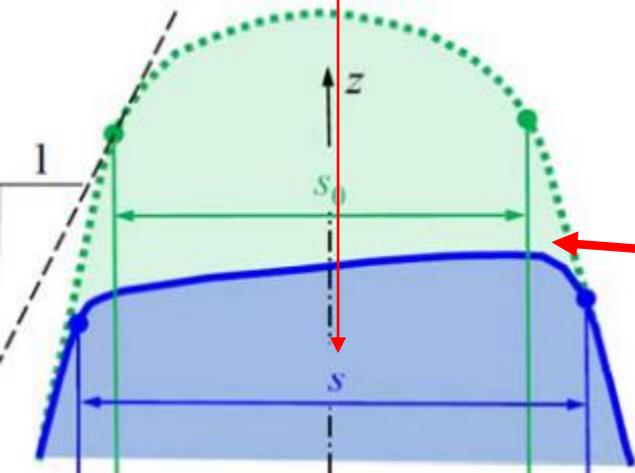
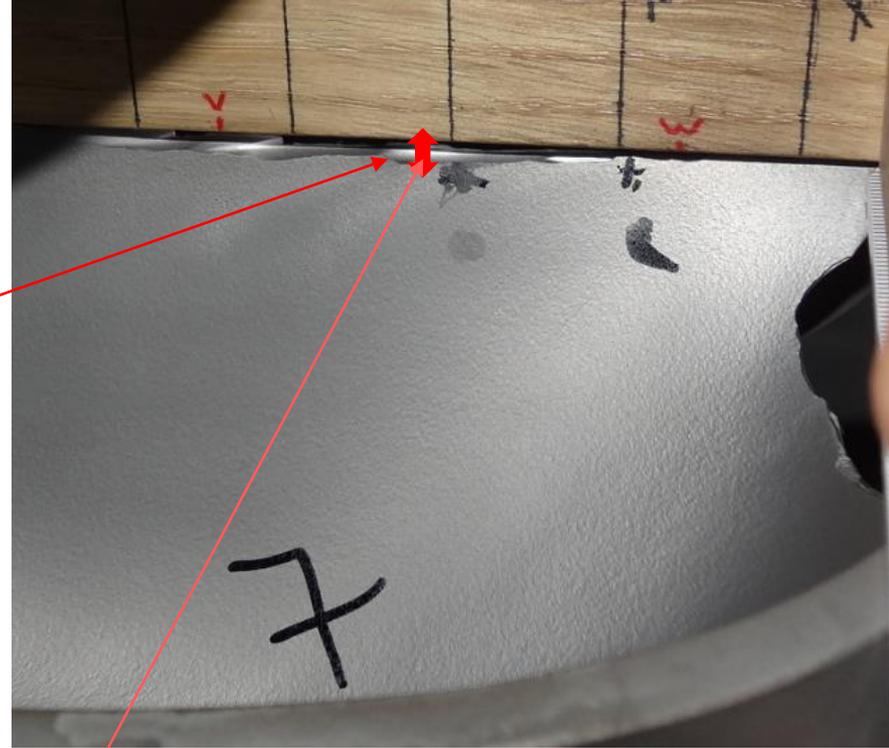
- **Probenahmen alle 4 h (Probenahmeautomat)**
- **Trübungsmessung kontinuierlich (Streulichtsonde + Datenlogger)**



Messkampagne Juni – Oktober 2018

Laufrad 3: Becher 7, 14 und 21

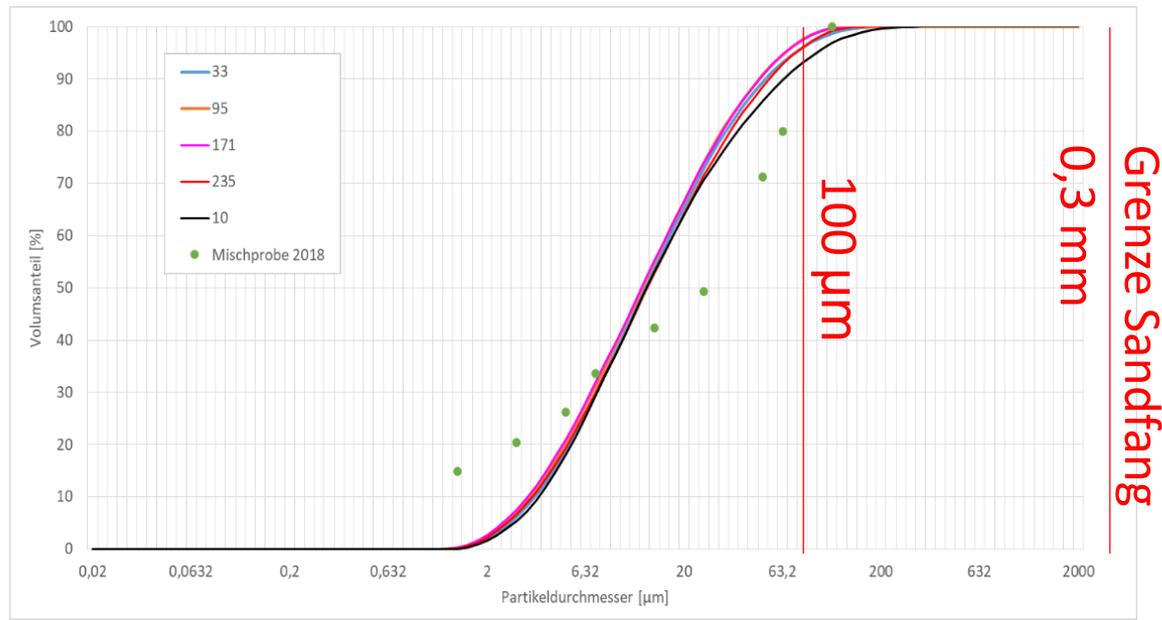
- Messung Mittelschneide:
 - Höhenabtrag
 - Breite
- Beschichtungsstärke



Probenanalyse

Laboranalyse Triebwasserproben zur Bestimmung von

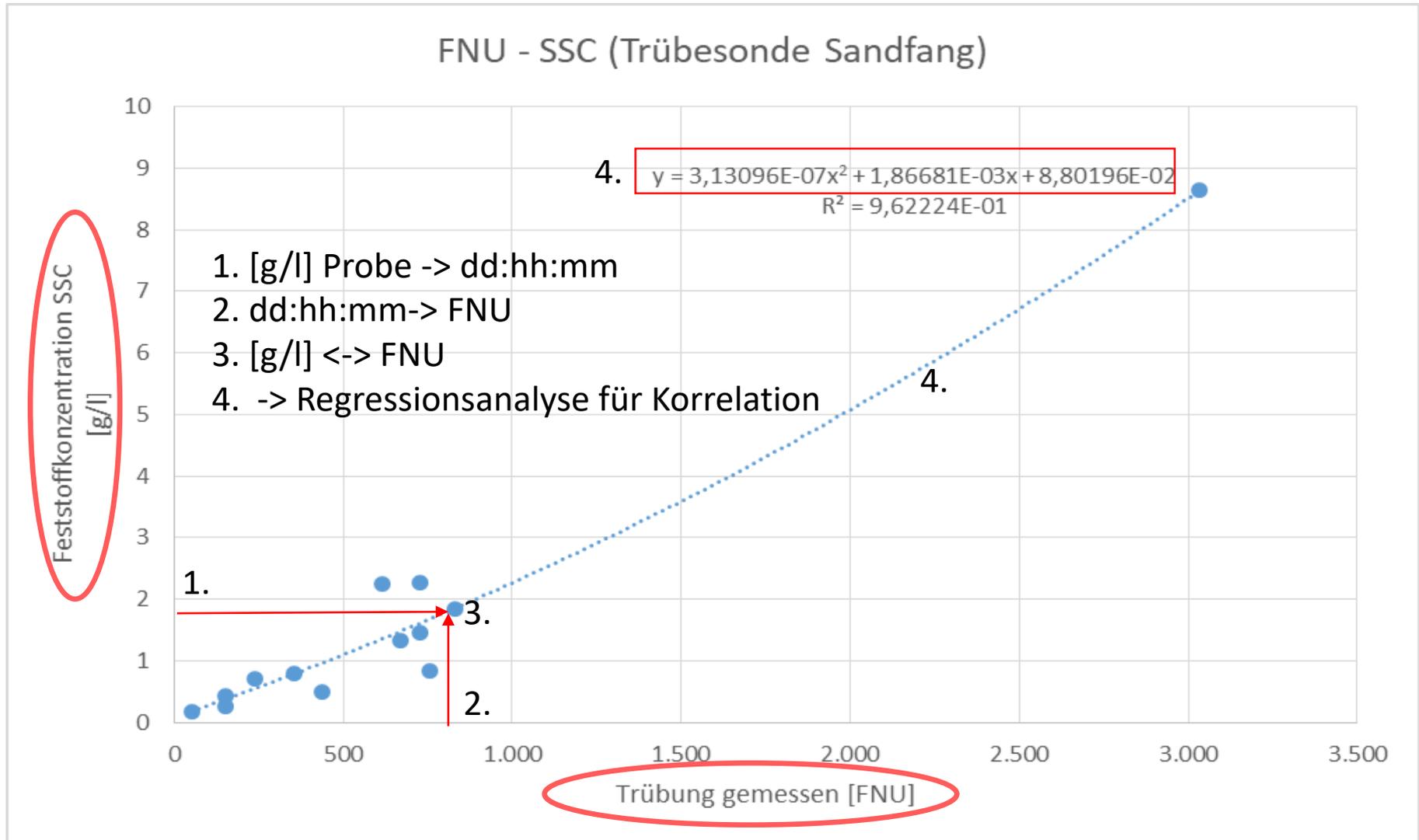
- Sedimentmenge: Feststoffgehalt [g/l]
- Sedimenteigenschaften
 - Mineralogie: **ca. 60 % Quarz** (1.100 HV → härter als 1.4313)
 - Kornform: **kantig**
 - Korngrößenverteilung **konstant über Zeit**, $d_{50} \approx 15 \mu\text{m}$
 - Korndurchmesser: Feinstes mit $\varnothing \leq 0,13 \text{ mm}$



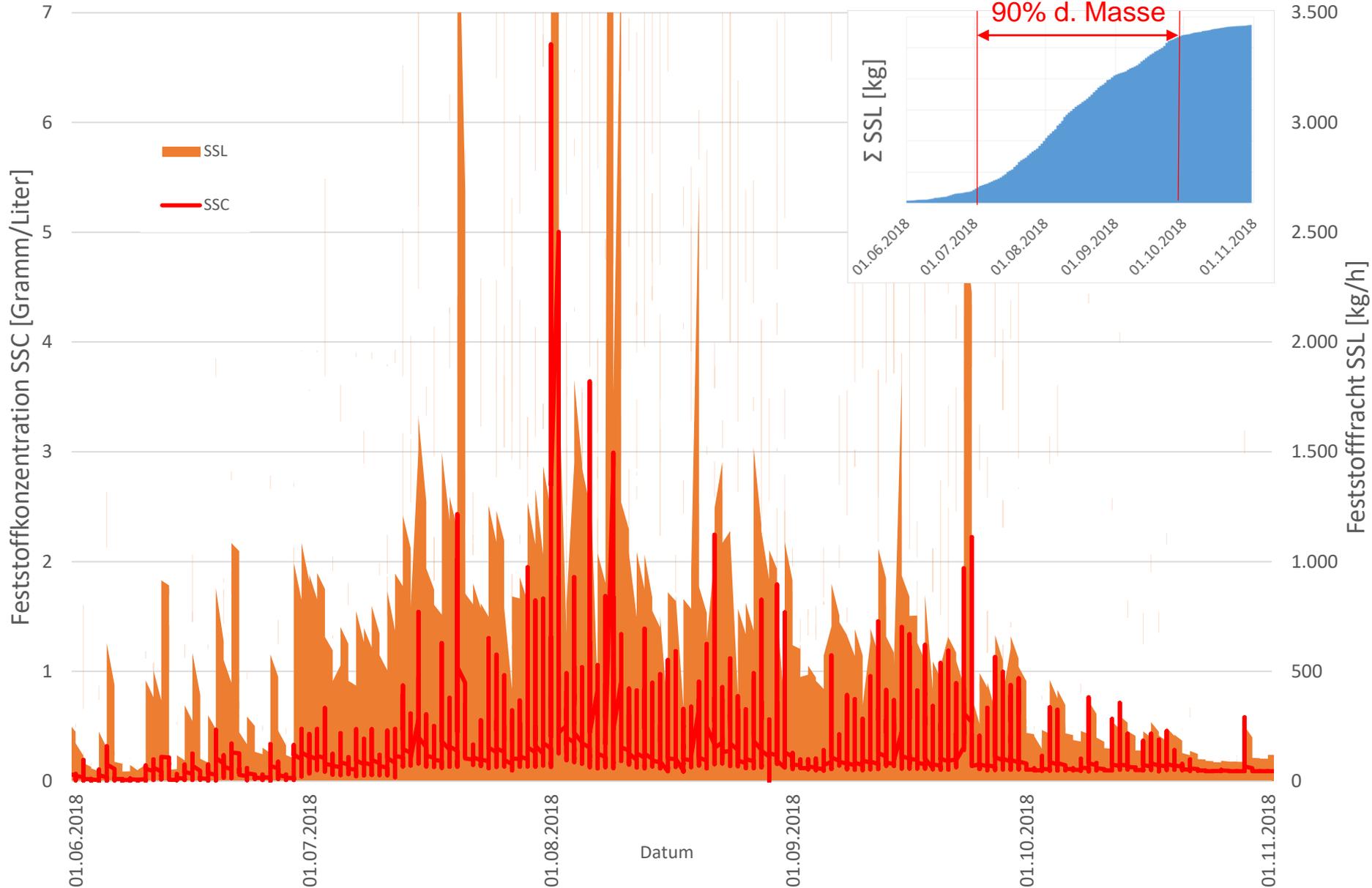
Datenauswertung Schwebstoffsaision 2018

Korrelation Daten Trübungmessung - Feststoffgehalt Labor

FNU - SSC (Trübesonde Sandfang)



Ganglinien Feststoffkonzentration und Feststofffracht

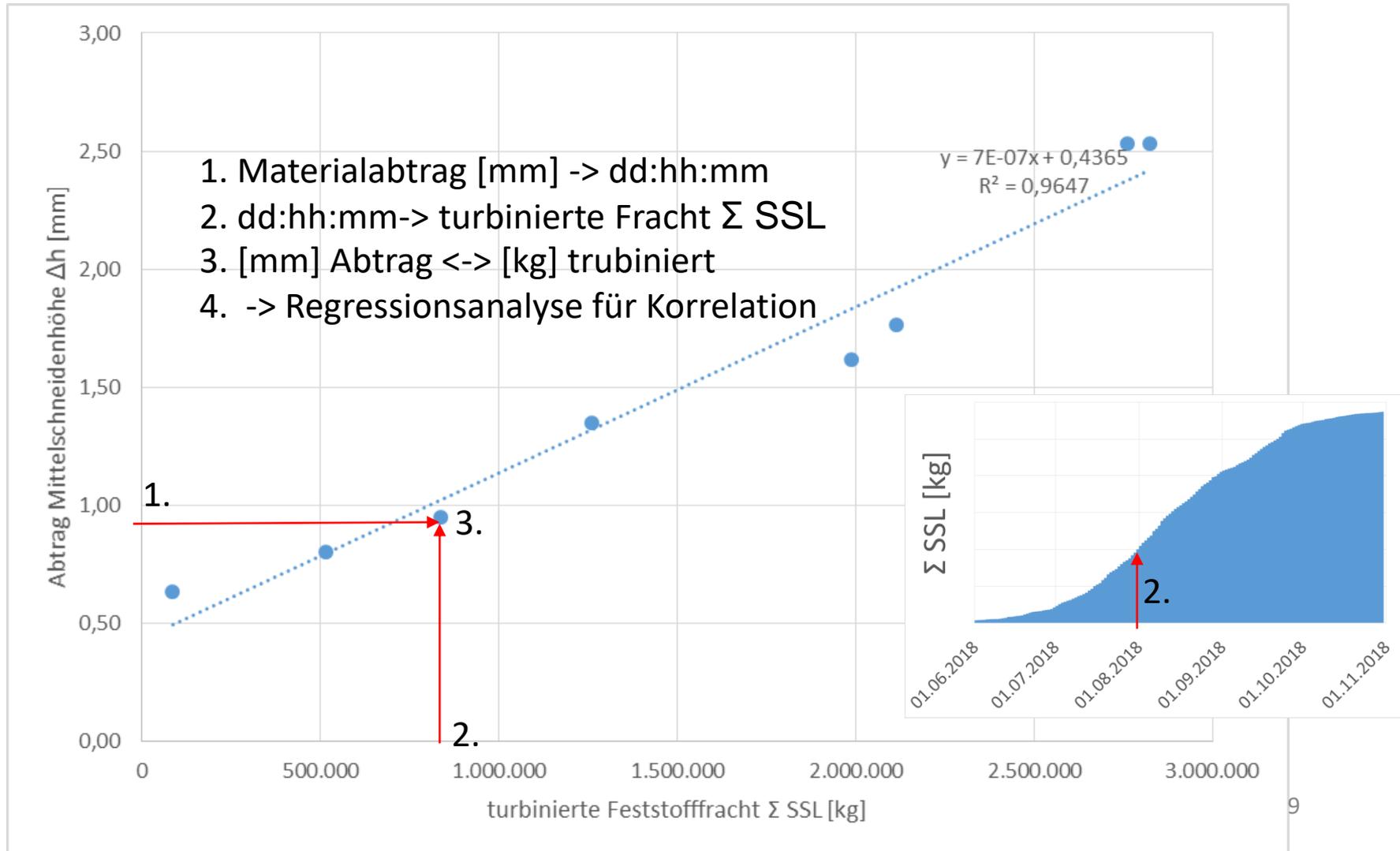


Summe 2018 turbinierte Schwebstoffmenge = ca. 3.000 to

Datenauswertung Schwebstoffsaison 2018

Korrelation Verschleiß und turbinierter Feststofffracht

-> Verschleißintensität [mm/kg] -> rd. **1 mm** pro **1.000 to**



Kosten Laufrad über gesamte Lebensdauer

Laufradbezogene Kosten = Summe aus:

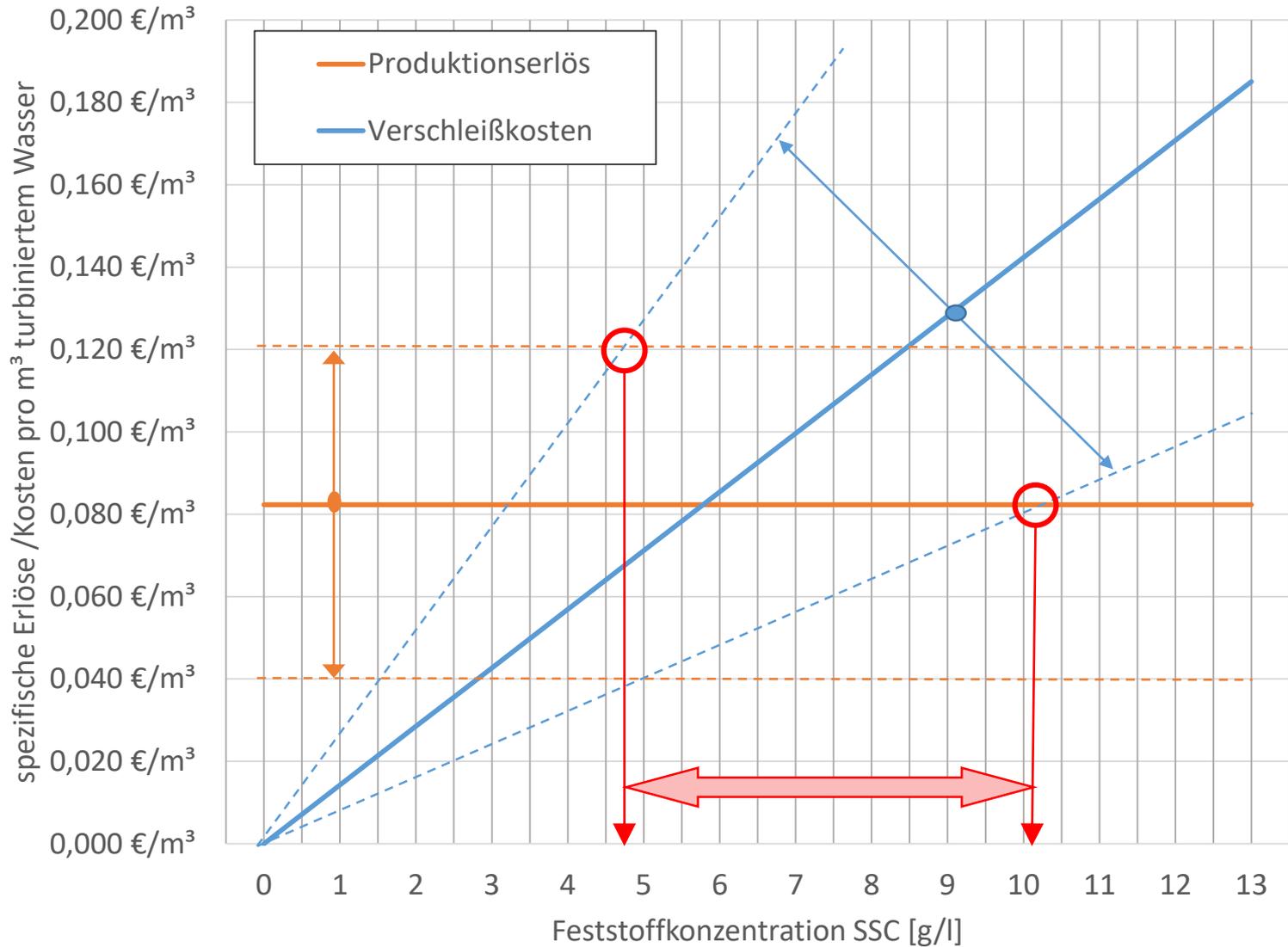
- Kosten Laufrad
- Erlösentgang zufolge Produktionsverlust aus Wirkungsgradrückgang (abhängig vom Strompreis!)

Kosten [€] / turbinierte Sedimentmasse [kg] ->

-> Verschleißkosten ca. 0,01 – 0,02 €/kg

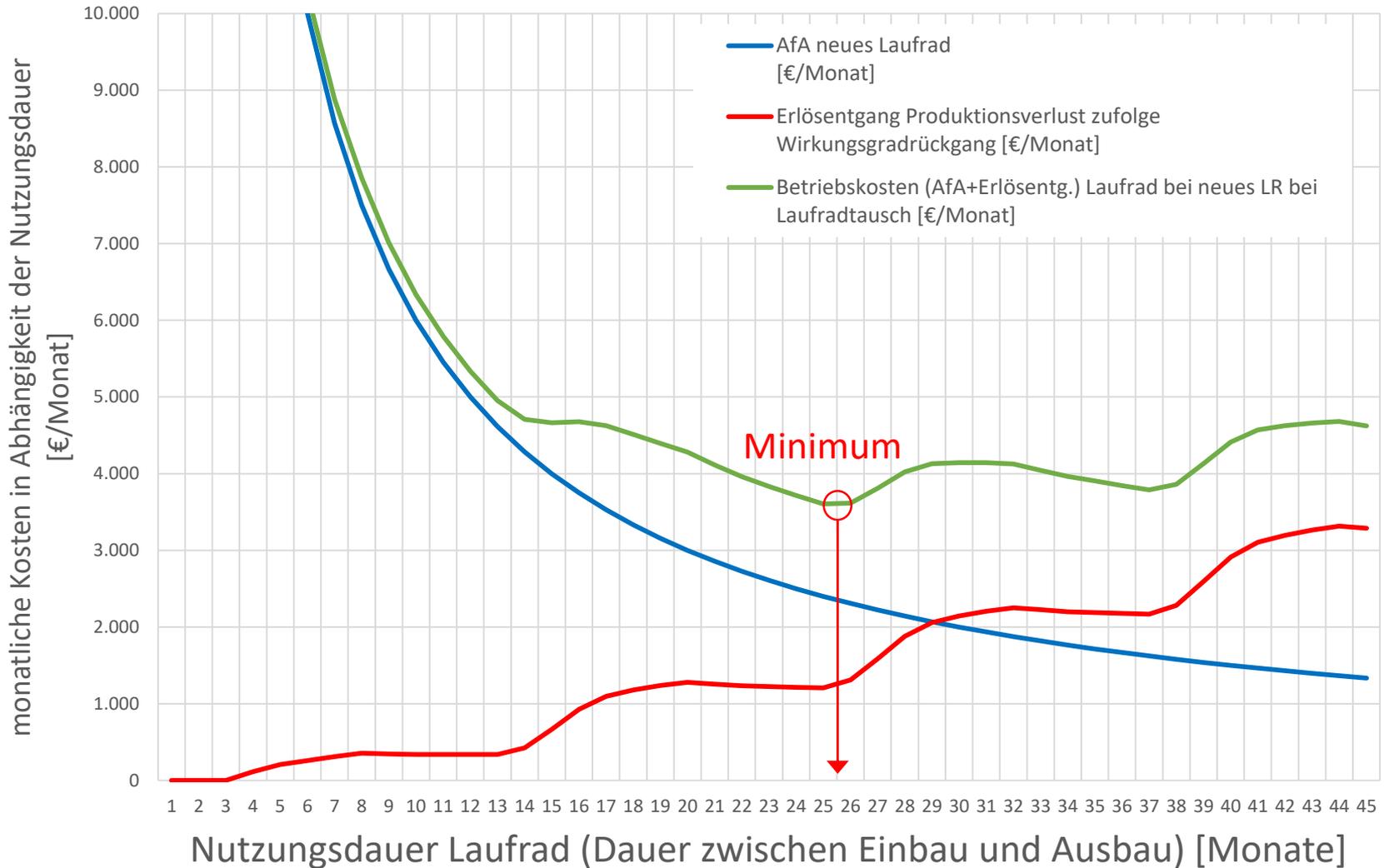
Davon rd. 30 – 50% Erlösverlust aus Wirkungsgradrückgang

Grenzwert wirtschaftlich turbinierbare Konzentration



Grenzwert Abschaltung: 5 – 10 g/l

Zeitpunkt Laufradtausch (f. Laufrad 3, hartmetallbeschichtet)



-> Geringste spezifische Kosten bei Nutzungsdauer **rd. 2 Jahre (25 Monate)**

-> Beschichtung Ja/Nein?: Faktor Mehrkosten: ca. **1,5**

Faktor Nutzungsdauerverlängerung: **> 2** -> **Ja!**

Bei der Planung zu berücksichtigen

Für Anlagen an potenziell gefährdeten Standorten/Gewässern

1. **Machbarkeitsuntersuchung** – Untersuchung Gewässer/Einzugsgebiet:

- Sediment **< 0,3 mm**? (Gletscher im Einzugsgebiet?)
- Wenn ja -> zu erwartende **Menge**?
- Sedimenteigenschaften? (**Quarzanteil**)

= Basis für **Abschätzung Verschleiß(-kosten)** auf Basis Verschleißmodelle (IEC, David Felix) -> Einfluss auf Wirtschaftlichkeit

2. **Planungs-** bzw. **Umsetzungsbeschluss erfolgt?** – dann zu berücksichtigen:

- **Düsenanzahl** möglichst **klein** -> **Becherbreite** und damit Krümmung **groß** (geringere Reibungskräfte)
- **Maschinenanzahl**: je **mehr** desto kleiner mögliche Düsenanzahl und Redundanz (Wartung)
- Möglichkeit von **Kaskaden** (mehr Stufen mit kleineren Fallhöhen) prüfen
- **Zugänglichkeit/Demontierbarkeit** Laufrad und Düsen bei Turbinenaufstellung
- **Hartmetallbeschichtung** Laufrad, Düsennadeln und Mundstücke vorsehen



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

patscheider**partner**

E N G I N E E R S

Ingenieure Patscheider & Partner GmbH

Dipl.-Ing. Philip Bittner, M.Eng.

p.bittner@patscheiderpartner.at

Schwaz - Mals - Bozen