



Umgang mit Feinsedimenten am Kleinwasserkraftwerk Susasca (GR)

Dr. David Felix (vormals VAW, ETH Zürich)

M. Kastinger, N. Cracknell und Prof. Dr. R. Boes (VAW, ETH Zürich)

ETH zürich

Fachtagung Kleinwasserkraft
Flums, 05.05.2023



Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie

Inhalt

- 1) KW Susasca und Ausgangslage
- 2) Massnahmen am Entsander
- 3) Schwebstoffbelastung
- 4) Abrasion an den Pelton-Bechern
- 5) Wirkungsgradreduktion
- 6) Ausserbetriebnahme während Hochwasser

Fließgewässer führen grobe und feine Sedimente mit sich... → Herausforderung für Wasserkraftanlagen

0.0 g/l

Schwebstoffkonzentration (SSC)

3.1 g/l



Bergfluss Susasca (GR), bei Wasserfassung des KW Susasca

Abrasion an den Pelton-Turbinen

Beispiel KW Susasca

Unbeschichtetes Laufrad

nach 3.5 Betriebsjahren

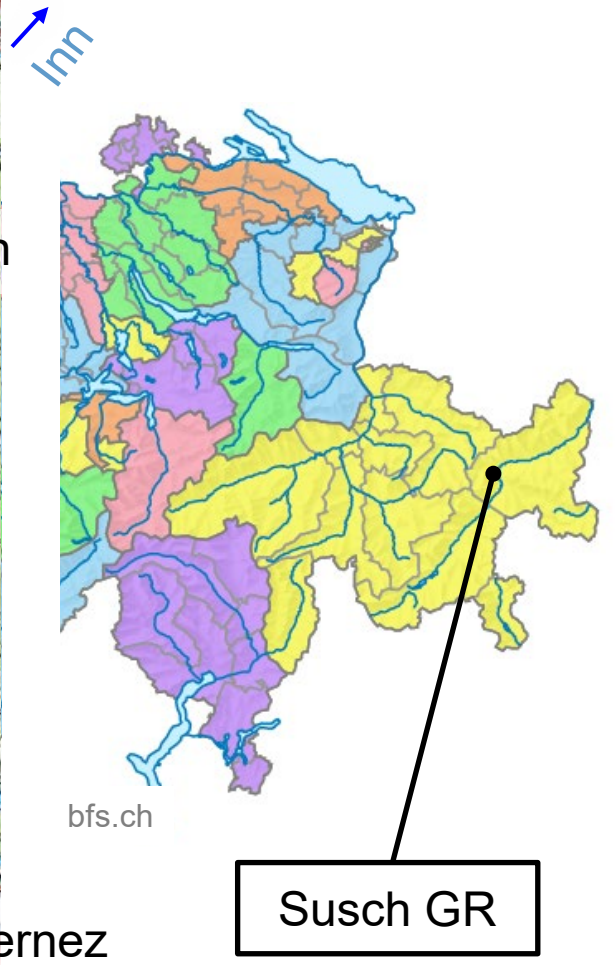
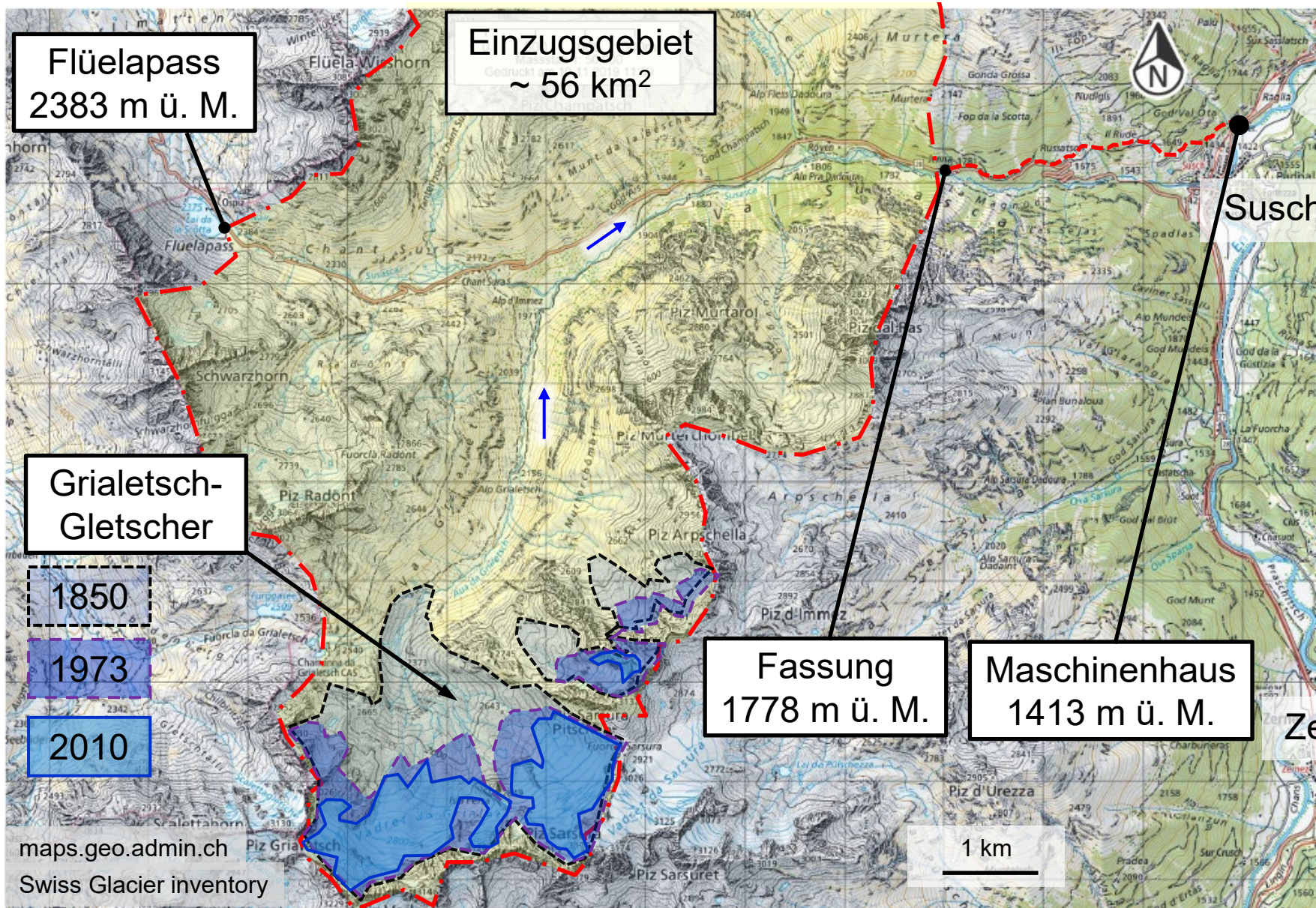


Beschichtetes Laufrad

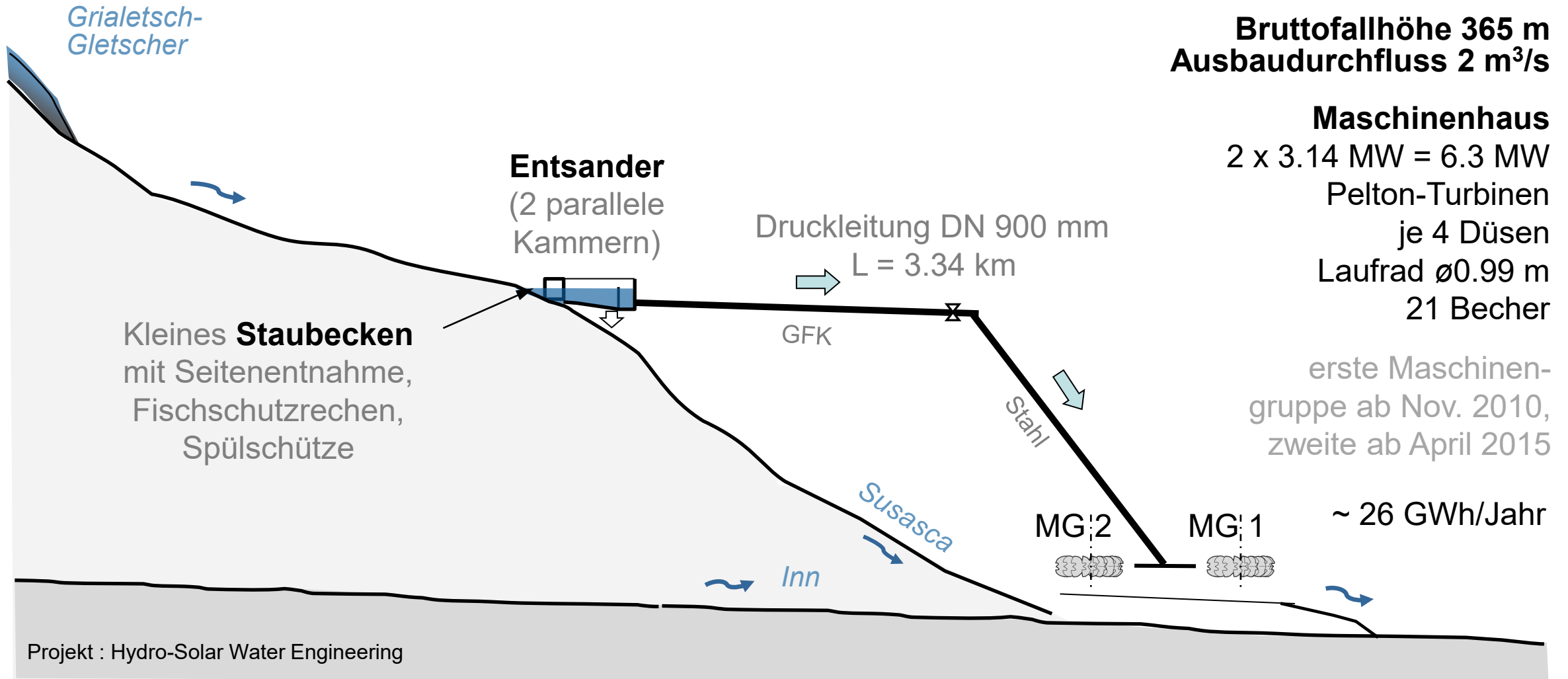
nach 3 Betriebsjahren



Kleinwasserkraftwerk Susasca – Situation



Kleinwasserkraftwerk Susasca – Längenprofilschema



Kleinwasserkraftwerk Susasca

Wasserfassung mit Entsander



Kleinwasserkraftwerk Susasca

Maschinenhaus mit 2 Pelton-turbinen



Ausgangslage

- Laufradersatz alle 3-4 Jahre trotz Beschichtung
- wenig Daten zur Sedimentbelastung vorhanden
- Anfrage von Markus Hintermann an VAW, ETH Zürich (Forschung zu Turbinenabrasion)

Forschungsprojekt

Sept. 2018 – Dez. 2021 (ca. 3 Jahre)
gefördert durch das Bundesamt für Energie (BFE)
und Ouvra Electrica Susasca Susch AG (OESS)

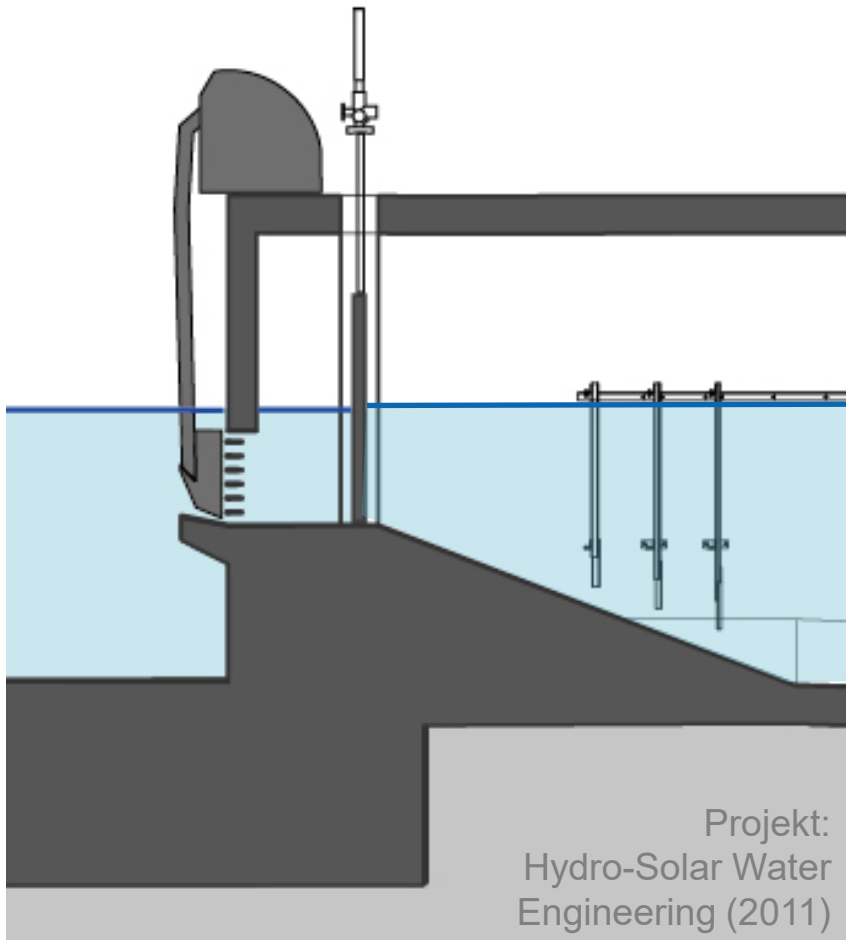
- Entsander untersuchen
- Schwebstoffbelastung und Abrasion messen
- Wirkungsgrad-Reduktionen auswerten
- Optimierungen vorschlagen



- 1) KW Susasca und Ausgangslage
- 2) Massnahmen am Entsender**
- 3) Schwebstoffbelastung
- 4) Abrasion an den Pelton-Bechern
- 5) Wirkungsgradreduktion
- 6) Ausserbetriebnahme während Hochwasser

Entsander mit Beruhigungsrechen

Prinzip nach Dufour ~1920

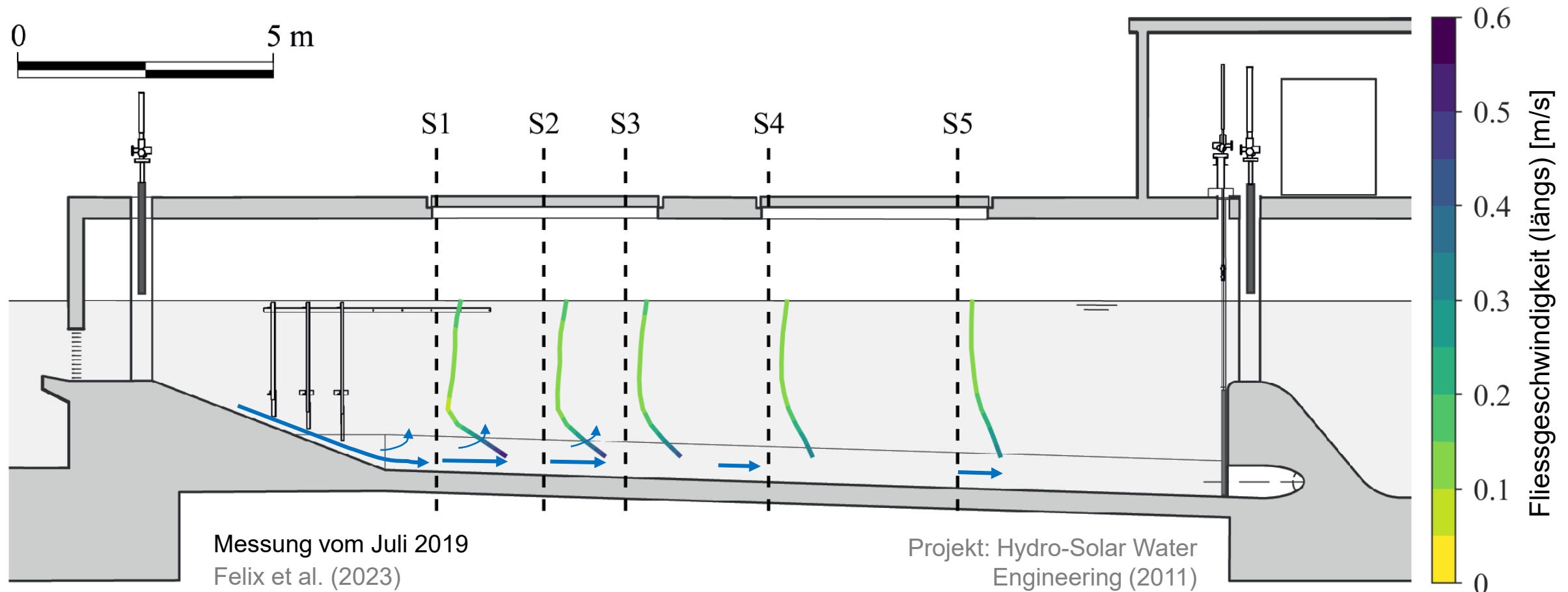


Entsander: Fließgeschw. vor Modifikation der Beruhigungsrechen

Rechnerisch (Mittelwert über Kammerquerschnitt): $\sim 0.2 \text{ m/s}$

Gemessen (am Beginn der Kammer unten): **bis 0.6 m/s**

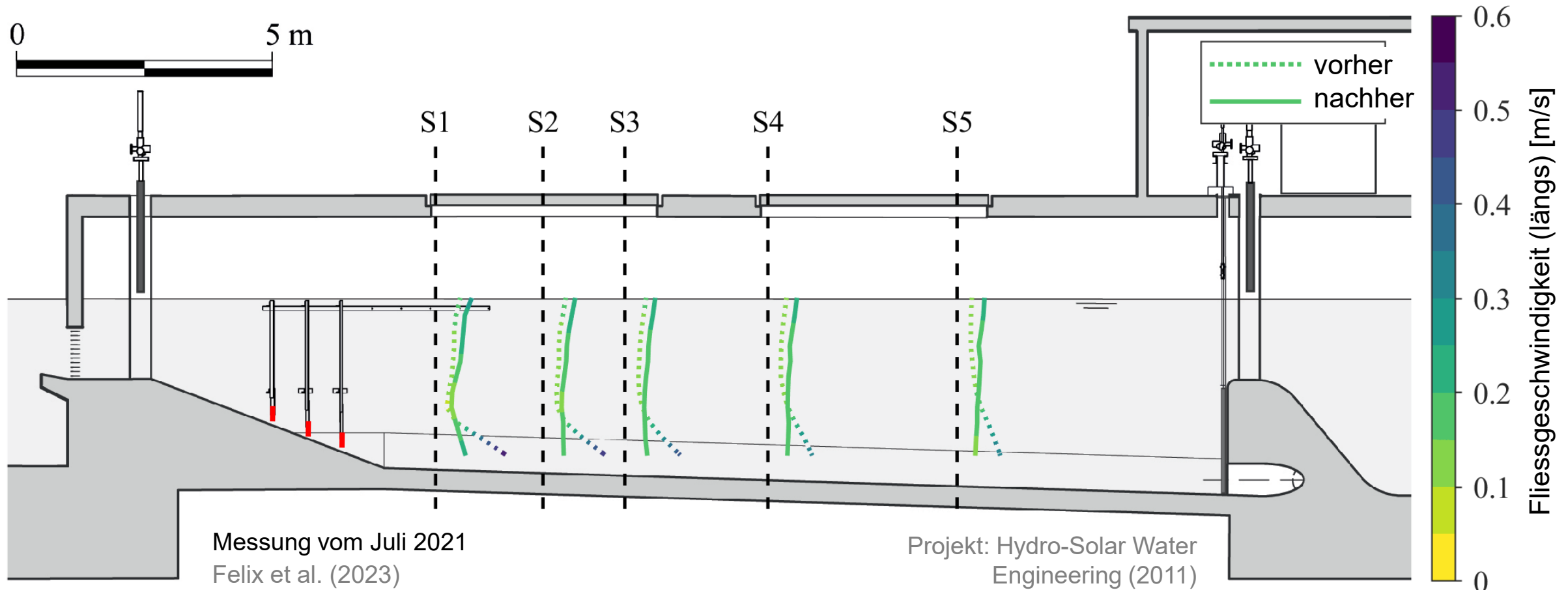
konzentrierte Strömung entlang der Sohle ist ungünstig für den Absetzvorgang



Entsander: Fließgeschw. nach Modifikation der Beruhigungsrechen

Verlängerung der Beruhigungsrechen um ~ 0.3 m (verbleibender Abstand zur Sohle = 0.05 m ausreichend, da Steine den Fischschutzrechen nicht passieren können)

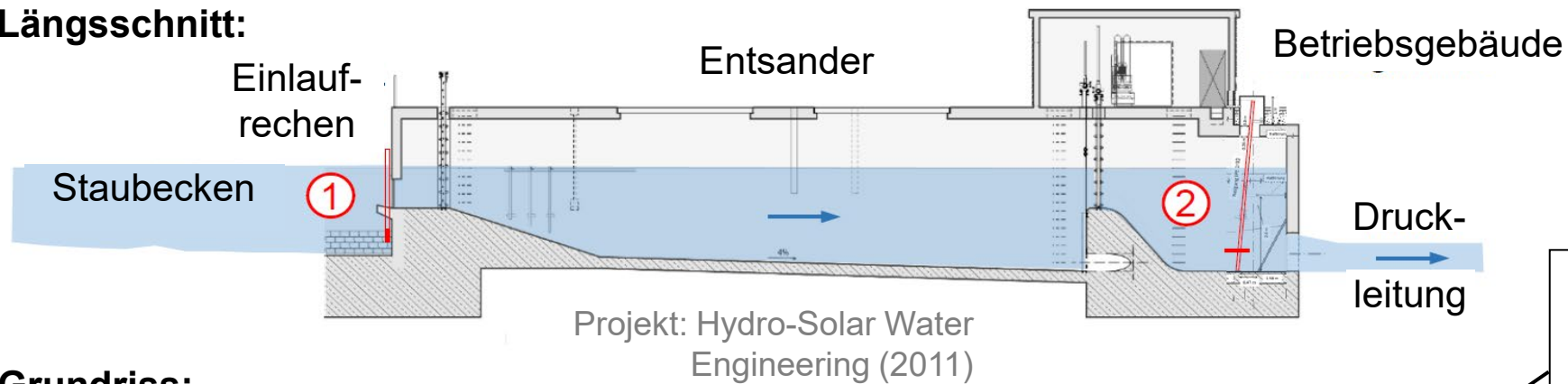
- Gleichmässigerer Strömung im Entsander
- bessere Absetzwirkung



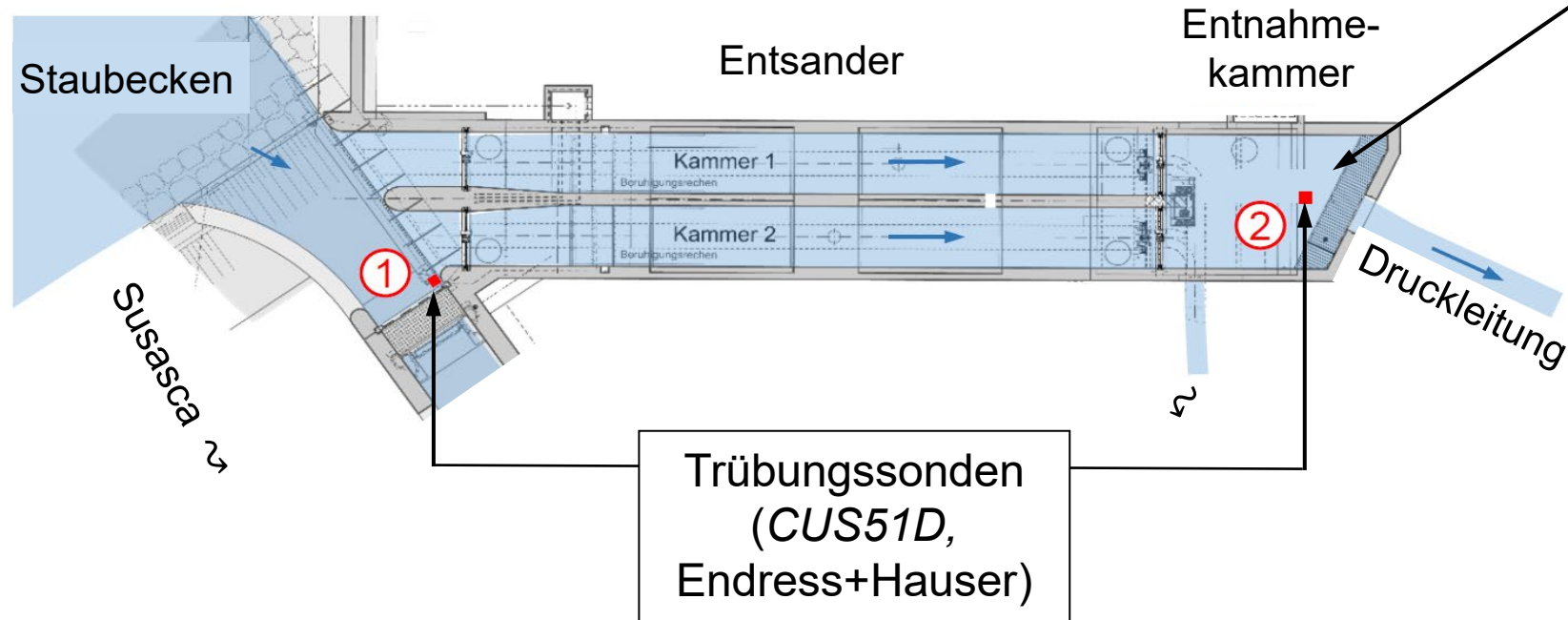
- 1) KW Susasca und Ausgangslage
- 2) Massnahmen am Entsander
- 3) Schwebstoffbelastung**
- 4) Abrasion an den Pelton-Bechern
- 5) Wirkungsgradreduktion
- 6) Ausserbetriebnahme während Hochwasser

Instrumentierung für Echtzeit-Schwebstoffmonitoring

Längsschnitt:



Grundriss:

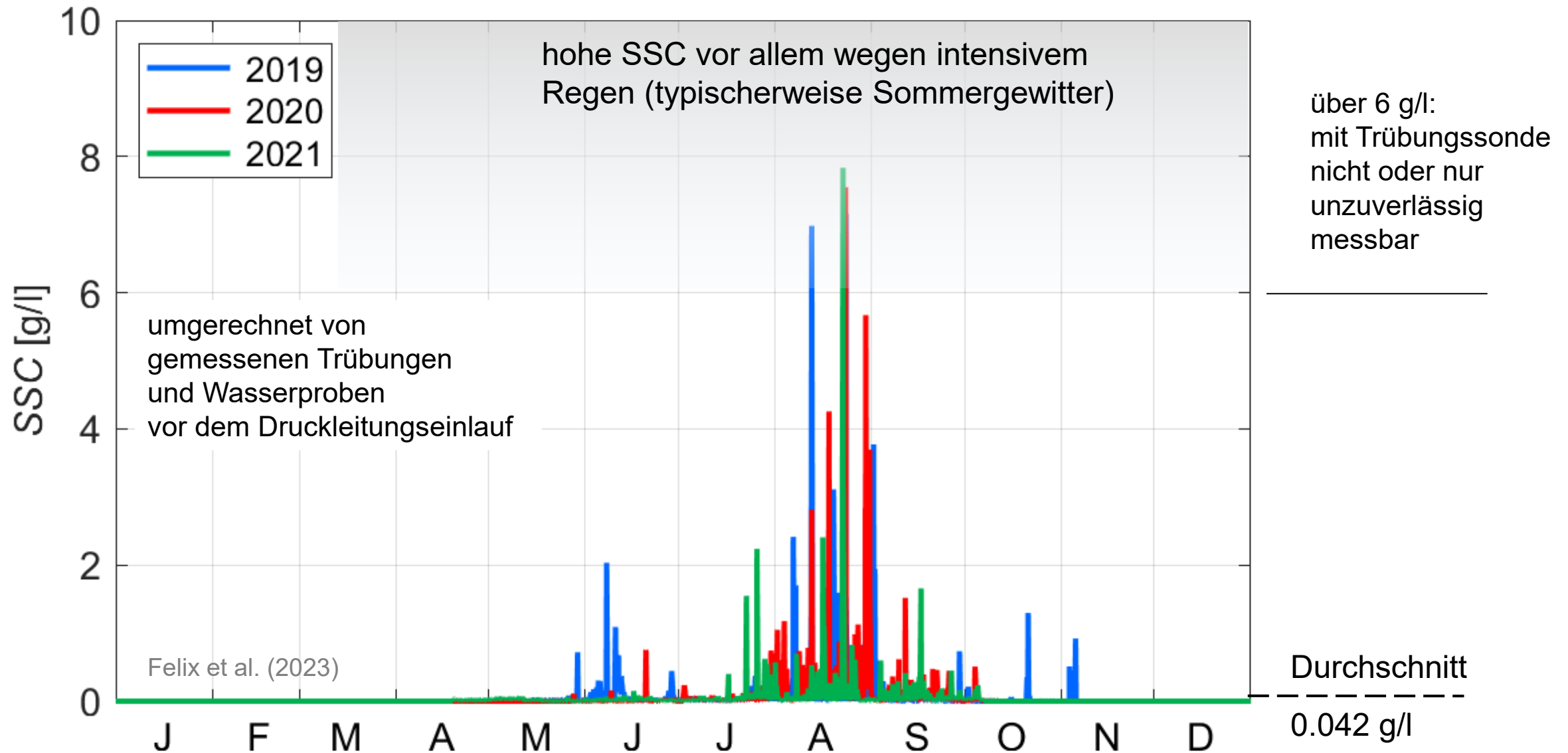


Automatischer Wasserprobennehmer (Isco 3700 mit 24 Einliterflaschen, Isco-Teledyne)



VAW (2021)

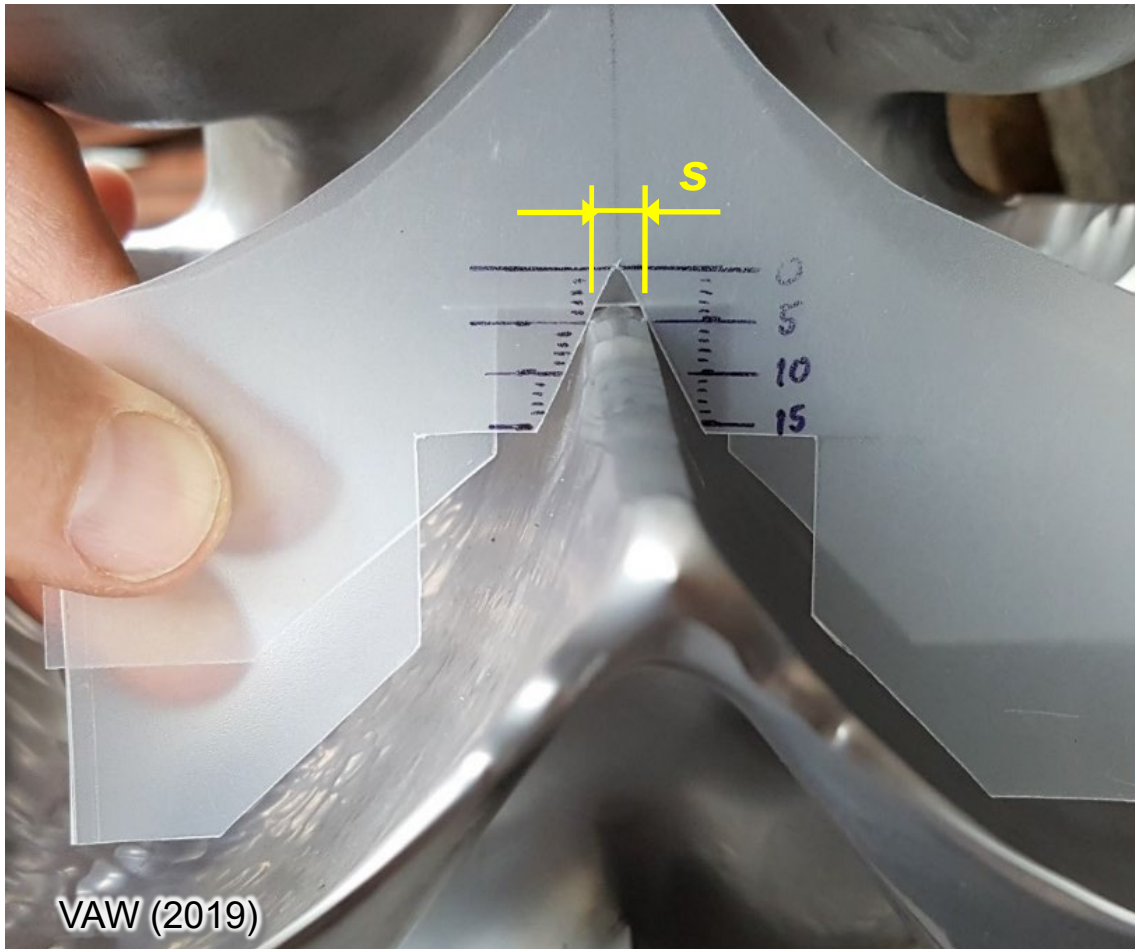
Ganglinien der Schwebstoffkonzentration SSC



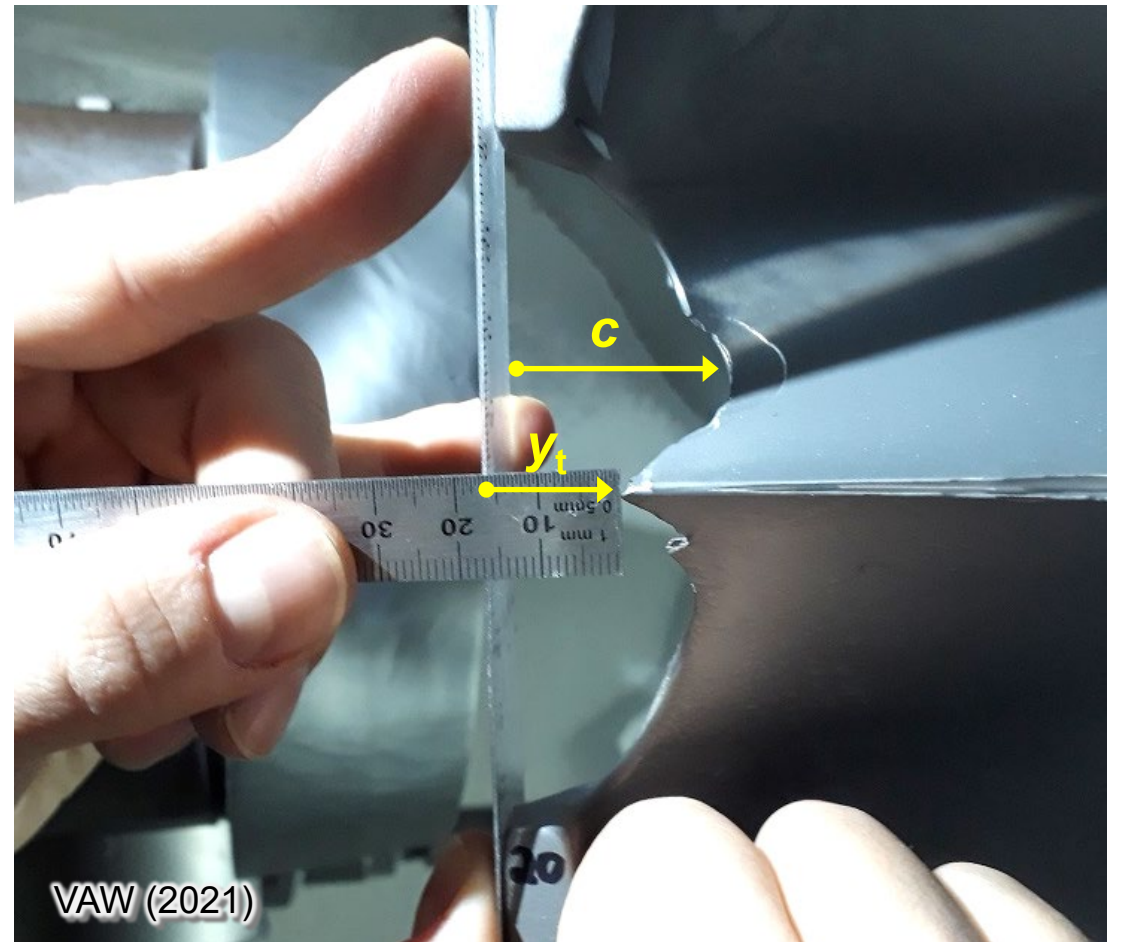
- 1) KW Susasca und Ausgangslage
- 2) Massnahmen am Entsender
- 3) Schwebstoffbelastung
- 4) **Abrasion an den Pelton-Bechern**
- 5) Wirkungsgradreduktion
- 6) Ausserbetriebnahme während Hochwasser

Laufrad-Abrasion: Fotos und charakteristische Abrasionsmasse

Mittelschneidenbreite s



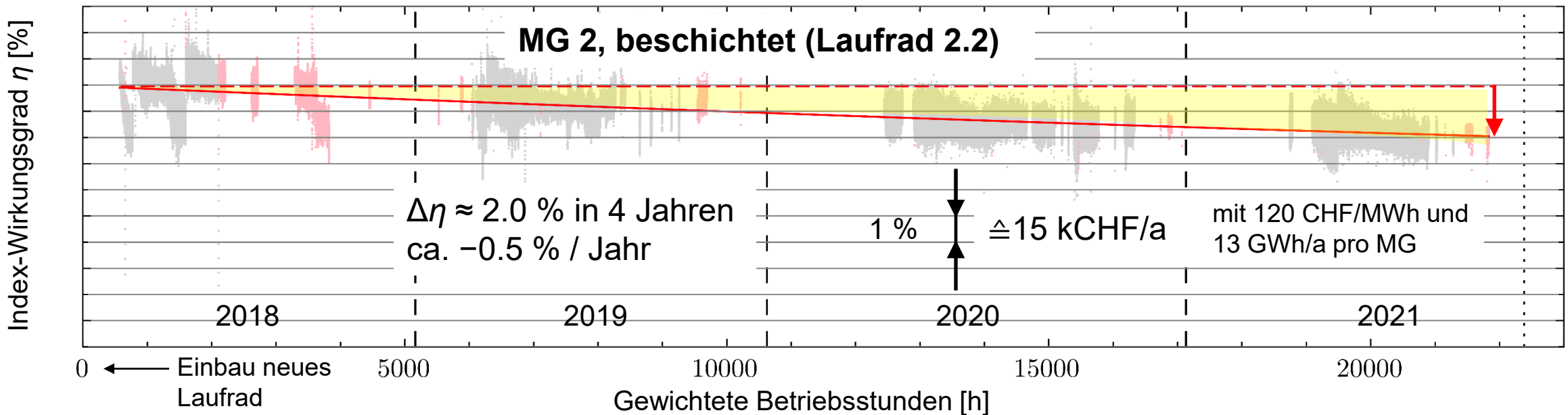
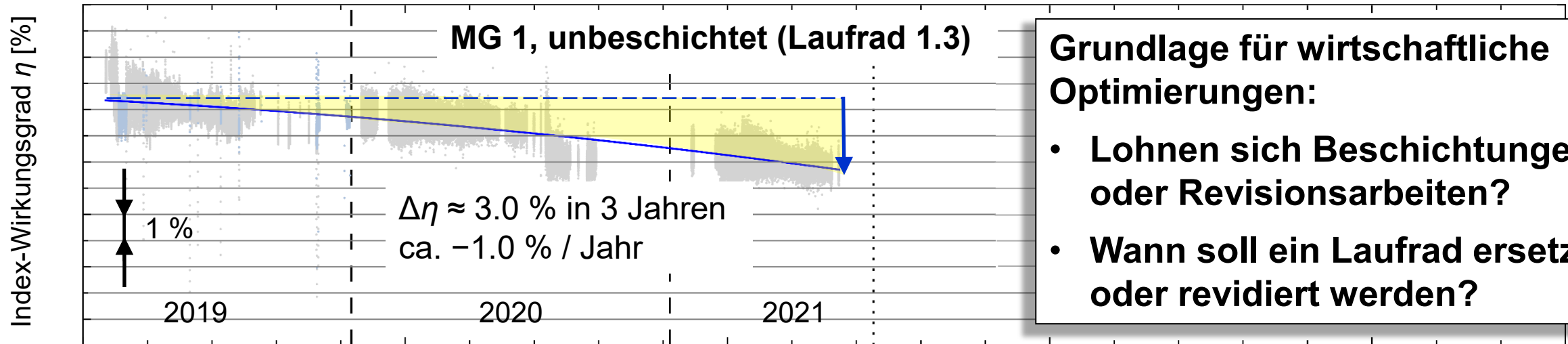
Radiale Position der Mittelschneidenspitze y_t
und Becherausschnitts-Tiefen c



- 1) KW Susasca und Ausgangslage
- 2) Massnahmen am Entsander
- 3) Schwebstoffbelastung
- 4) Abrasion an den Pelton-Bechern
- 5) Wirkungsgradreduktion**
- 6) Ausserbetriebnahme während Hochwasser

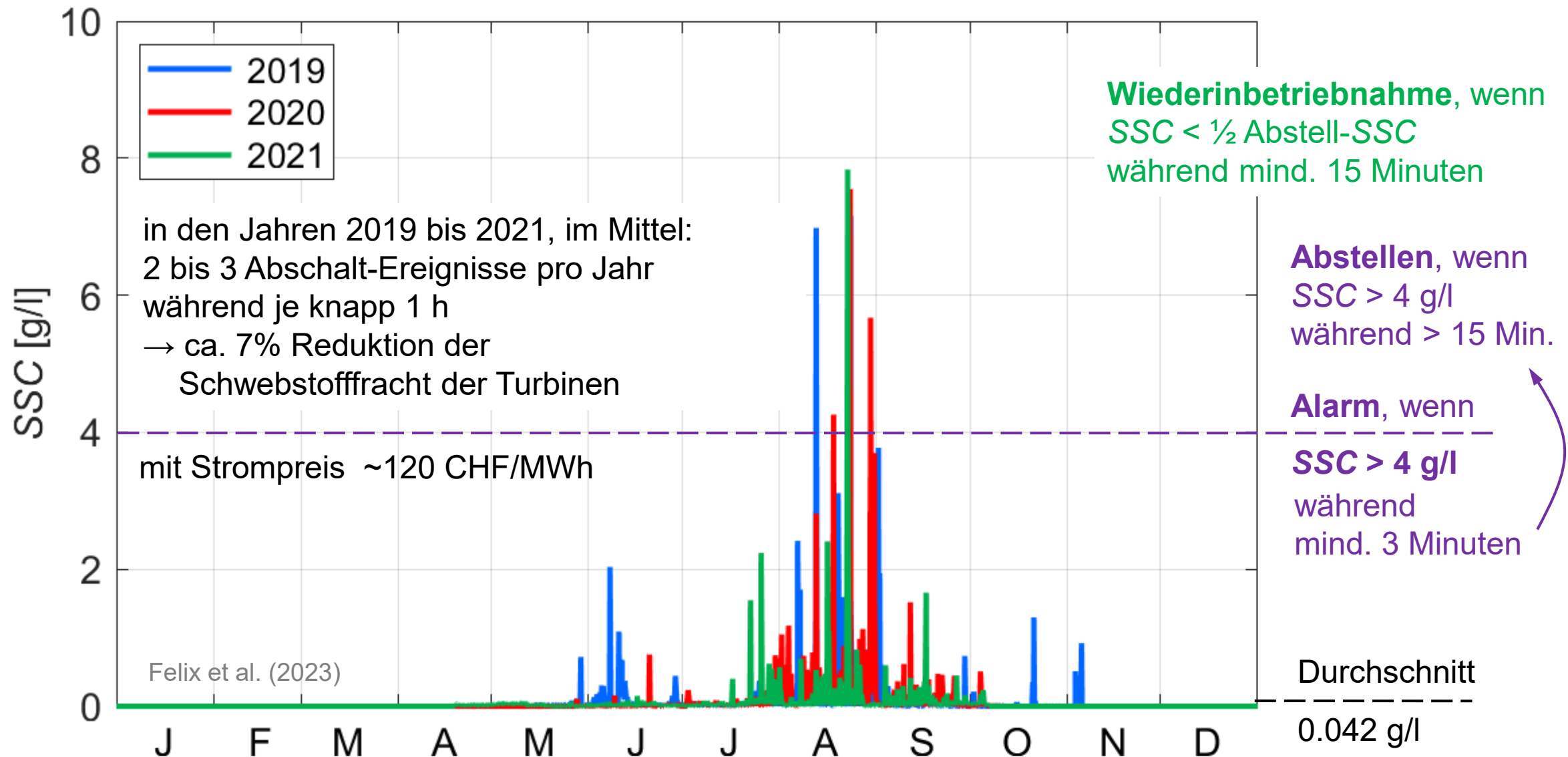
Wirkungsgrad-Reduktionen über die Jahre

bei Quasi-Volllastbetrieb ($> 0.9 Q_A$)



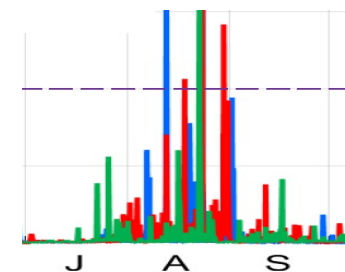
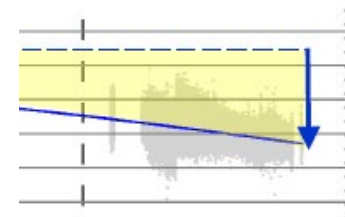
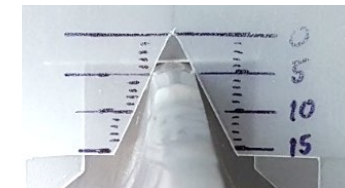
- 1) KW Susasca und Ausgangslage
- 2) Massnahmen am Entsander
- 3) Schwebstoffbelastung
- 4) Abrasion an den Pelton-Bechern
- 5) Wirkungsgradreduktion
- 6) Ausserbetriebnahme während Hochwasser

Schwellenwert für Ausserbetriebnahmen: Abstell-SSC



Schlussfolgerungen

- **Entsander:** möglichst gleichmässiger Strömungswiderstand im Fließquerschnitt bei den Beruhigungsrechen
- **Sedimentmonitoring in Echtzeit:** zeigt vorübergehend hohe Belastungen (mehr als Faktor 100 über dem Mittelwert)
- **Turbinenvermessung im Winter:** v.a. Mittelschneidenbreite und Becherausschnitte
- **Wirkungsgradmonitoring:** Grundlage für **wirtschaftliche Optimierungen** (Beschichtung, Zeitpunkt für Laufradersatz)
- **Anlage ausser Betrieb nehmen, wenn $SSC > 4 \text{ g/l}$ während > 15 Minuten;** je nach Betriebserfahrung anpassen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit und an alle Projektbeteiligten



ETH zürich



Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie

mit Yannick Marschall, Sebastian Davidis
und weiteren VAW-MitarbeiterInnen sowie
StudentInnen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN



OESS-SA
Ouvra Electrica Susasca Susch SA

G. Neuhäusler



HYDRO-SOLAR
WATER ENGINEERING AG

M. Hintermann

Schlussbericht wird veröffentlicht unter: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=41589>

david.felix@aquased.ch