



„Vom River Rider zum Fluss- Strom Flottillenkraftwerk“

SIBAU Genthin GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing. Heinrich Baumgärtel, Geschäftsführer

Dipl.-Ing. Stephan Mertens, Projektleiter Forschung und Entwicklung



FACHFORUM FLUSS-STROM^{PLUS} 27.09.2018 – Magdeburg





Firmenvorstellung SIBAU Genthin GmbH & Co. KG

Die Idee der Flottile

Forschungsvorhaben Flottillenkraftwerk

Prototyp **L**-eistungs-**E**-inheit-**F**-lottille I-III

Optimierung Prototypentwicklung LEF IV

Prototyp LEF klein Neugattersleben





Firmenvorstellung



SIBAU Genthin GmbH und Co. KG

90
Mitarbeiter

Berechnung

Konstruktion

Fertigung

Montage

Stahlwasserbau,
Stahlbrückenbau,
Stahlanlagenbau und
Stahlsonderbau



Eigener
Schiffsanleger

Mitglied im Netzwerk
Fluss-Strom seit über 10 Jahren





Firmenvorstellung



Stahlsonderbau



**Zuschauertribünen
Olympiastadion Berlin**



**Großwerbeanlage Allianz
Treptower Berlin**





Firmenvorstellung



Stahlwasserbau



**Montage Schleusentor
(Trier)**



**Drehsegmentarm Obertor Schleuse Trier
(Trier)**

Wir machen
Schifffahrt möglich...





Firmenvorstellung

Stahlwasserbau



Neubau der 2. Schleuse Zerben

Wir machen
Schifffahrt möglich...





Firmenvorstellung



Stahlwasserbau



Neubau der 2. Schleuse Zerben

Wir machen
Schifffahrt möglich...



Firmenvorstellung



Stahlwasserbau



**Ersatzmaßnahme Stadtwehr
Dessau**





Firmenvorstellung

Stahlbrückenbau



Ersatzneubau Schleusenbrücke
Calbe/Saale





Firmenvorstellung



Stahlanlagenbau

Asphaltmischbehälter





Firmenvorstellung



Stahlsonderbau



**Wir betreiben den Fluss-Strom-
Forschungsversuchsträgers VECTOR**

Forschung

**Testläufe mit
unterschiedlichen
Strömungswandlern**

**Mitentwicklung des
RIVER RIDER®**

Turbinenentwicklung

**Multifunktionsträger
für Schweißroboter**





Idee und Ausgangspunkt der Entwicklung eine einfache robuste Schiffsmühle



RR solo:

8m x 5m 5t

Wasserrad

B 4m x D 2m

2 kW Leistung



Idee



RR Tandem:

12m x 7,3m 12t

Auslegung:
2 Wasserräder

B: 5,7m x D 2,5m

Mit je 4 kW Leistung

Tatsächliche Leistung:

5kW!





Motivation



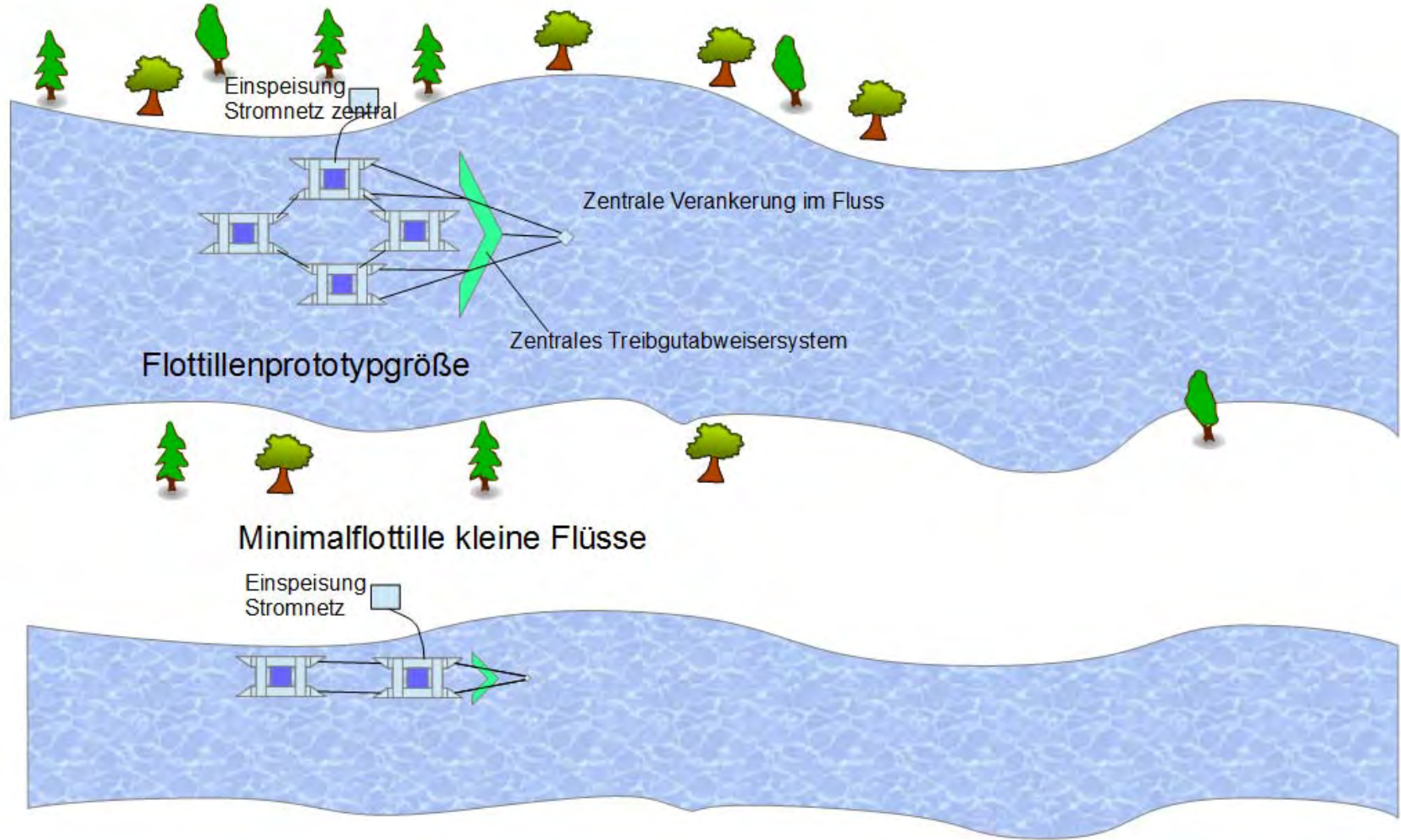
Eine schwimmende Kleinwasserkraftanlage mit gleichen Baugruppen geschickt dem jeweiligen Standort anpassbar in einem Verbund kombinieren.

Einzelkosten der einzelnen Anlage durch Mehrfachfertigung senken (Serie)

Nutzung von zentraler Verankerung, Treibgutabweisung
Netzeinspeisung bzw. Standardisierter Baugruppen dadurch
Senkung von Planungskosten und Genehmigung



Motivation





SIBAU – Genthin GmbH & Co. KG (Verbundkoordinator)
Industriepark Am Werder
39307 Genthin



EAG D-I-E Elektro AG
Göschwitzer Straße 56
D - 07745 Jena



Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Institut für Strömungstechnik & Thermodynamik,
Lehrstuhl Strömungsmechanik & Strömungstechnik
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg

Verbundprojekt 2 „Technologieentwicklung für Flottillenkraftwerke“



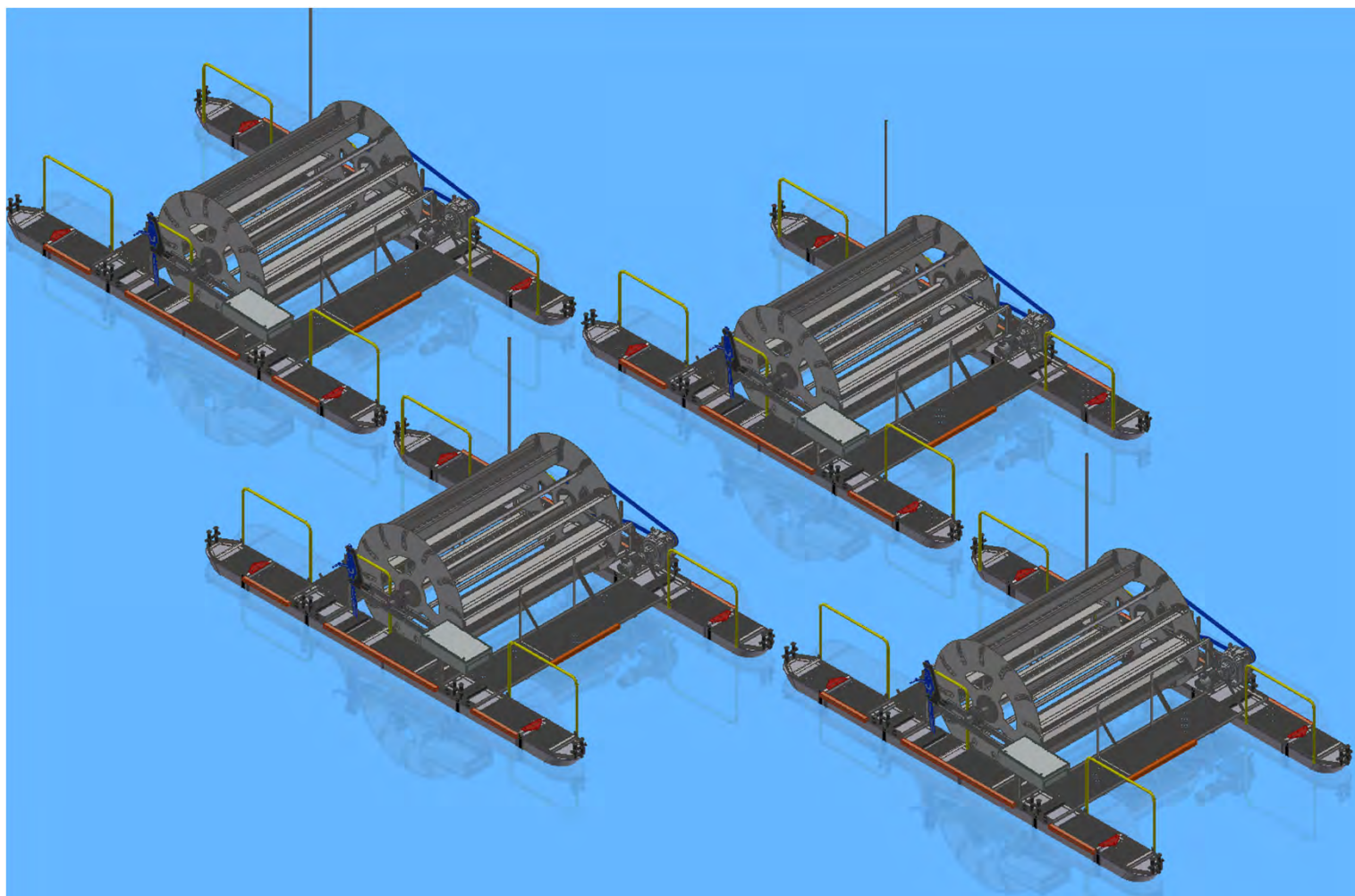
engelke engineering art gmbh
Schilfbreite 3
39120 Magdeburg

2015- 2018





Modulares Flottillenkraftwerk mit „Raute“ als kleinste Einheit pro Verankerung



Leistung pro „Raute“

Je nach
Fließgeschwindigkeit

4 kW – 12kW



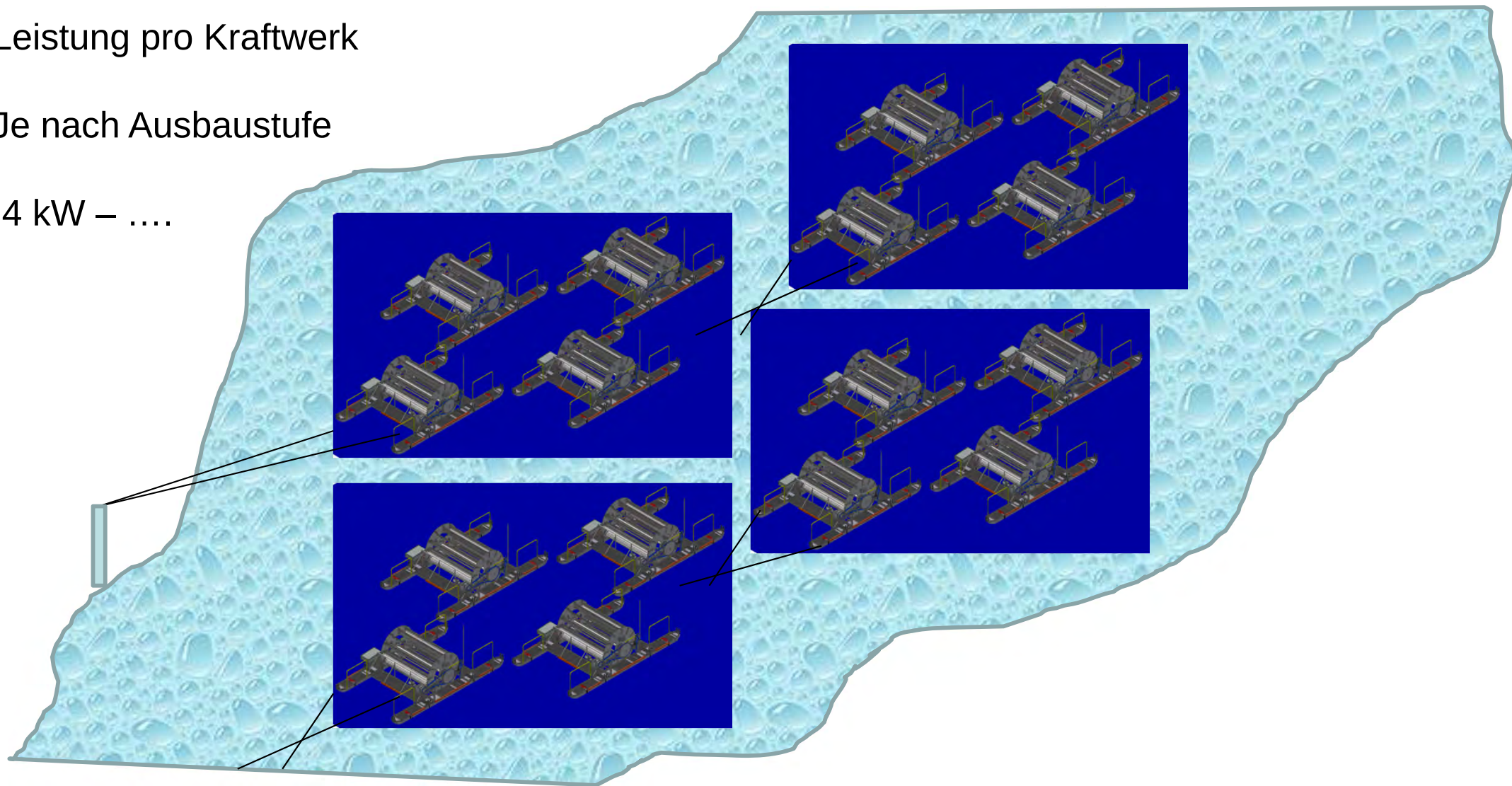
Forschungsvorhaben

- Skalierbarkeit des Flottillenkraftwerk je nach Platz

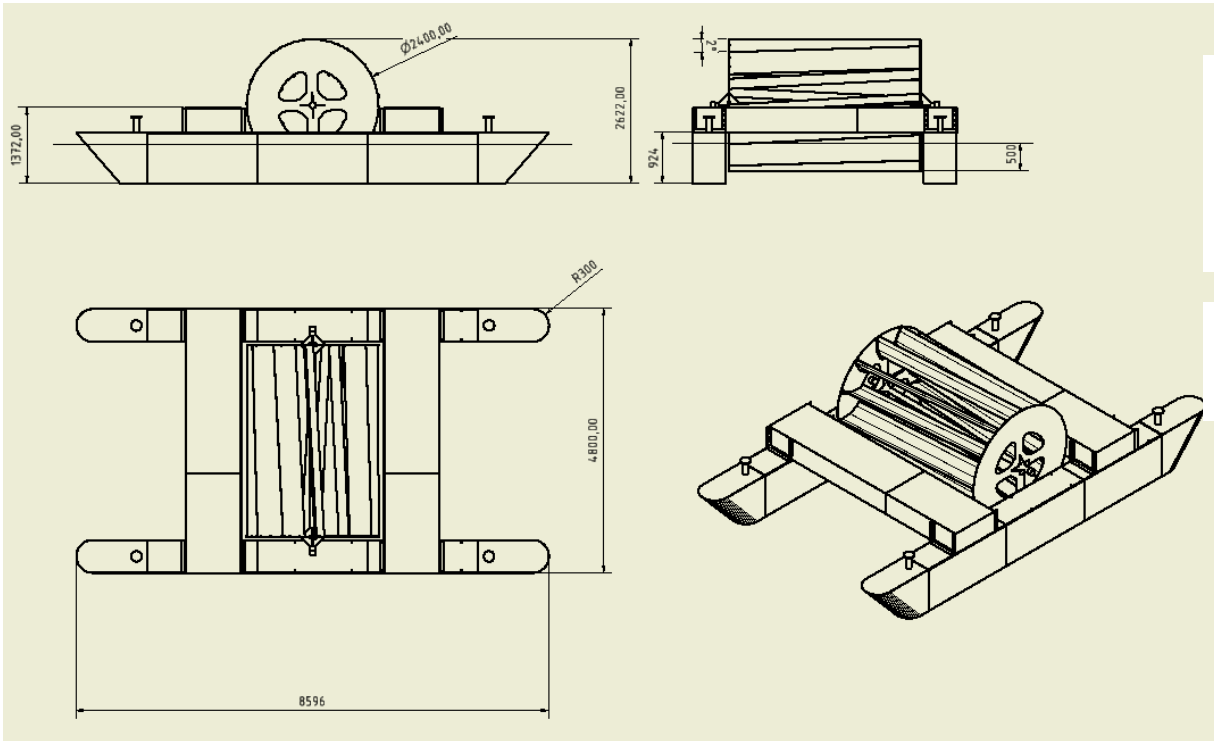
Leistung pro Kraftwerk

Je nach Ausbaustufe

4 kW –



Flottillenkraftwerks Leistungseinheit 1. Entwurf



Masse Schwimmkörper: ca. 2000kg
Auftrieb: ca: 6200kg
Nutzlast: ca: 4000kg
Anbauteile/Steuerung: ca: 1000kg

Masse für einsetzbare Strömungswandler
ca. 3000kg

Strömungsgeschwindigkeit
am Standort 1,7 m/s

Wirkungsgrad hydraulisch
(angenommen) 0,35

Durchströmte Fläche

1,75 m²

Durchfluss Q

2,975 m³/s

Massenfluss m

2975 kg/s

Leistung Theoretisch 1,7m/s
(2m/s)

4,298875 kW (7kW)

Leistung 1,7m/s (2m/s)

1,50460625 kW (2,45kW) = ca. 6kW für die Flottille

Leistungseinheit mit:

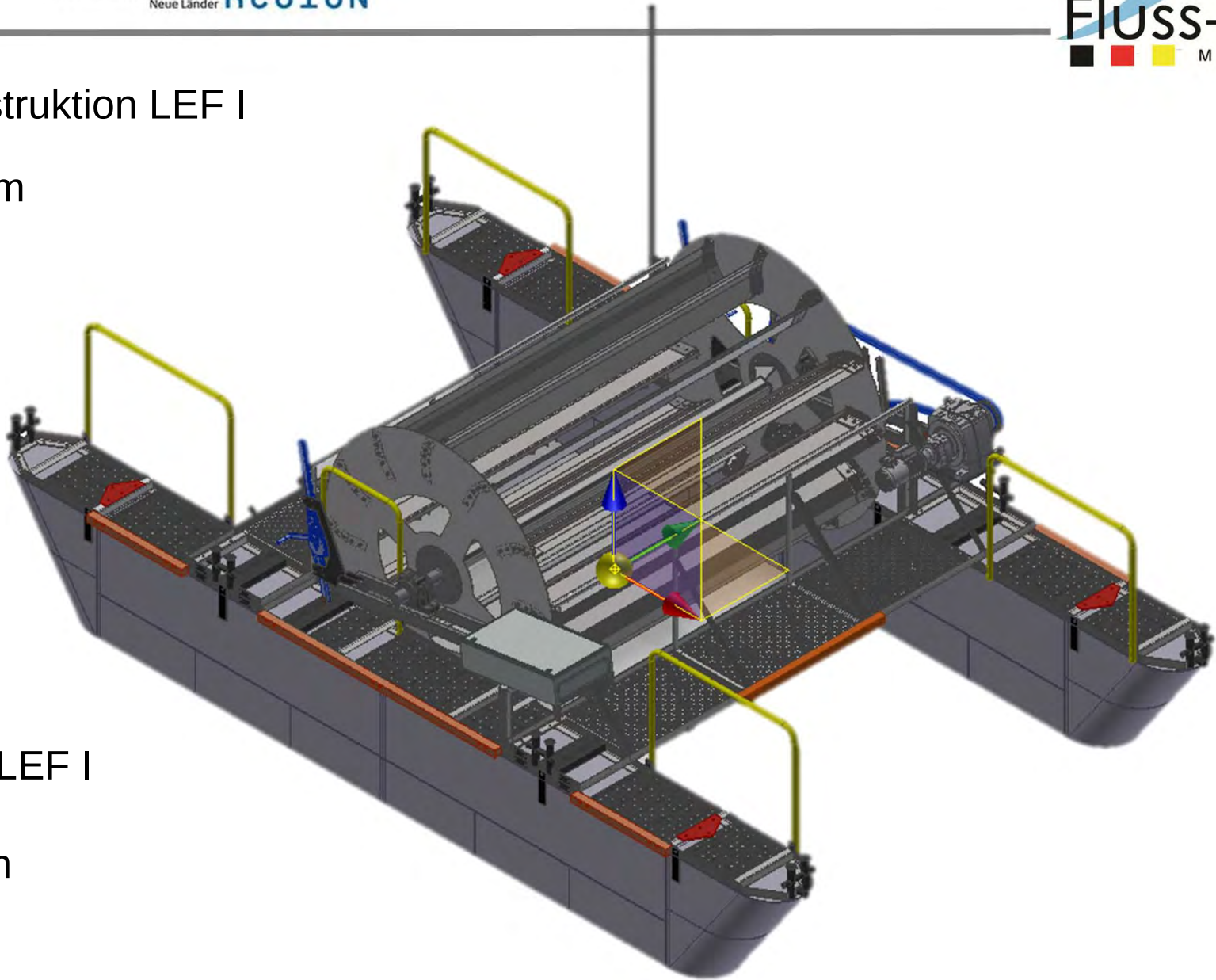
- trimmbarem Katamaranschwimmkörpersystem
aus beschichteten Stahlblech 8m x 5m , 0,2m Freibord
- Wasserrad Durchmesser 2,4m, Breite 3,5m,
12 Schaufeln aus Stahlblech, Eintauchtiefe 0,5m
mit wartungsfreier Pendelrollenlagerung
- Maschinensatz Umrichtergeführter Synchrongenerator LEF I
2x Umrichtergeführter Asynchrongenerator LEF II
2x Umrichtergeführter Synchrongenerator LEF III
Umrichter Direktangetriebener Transversalflussgenerator mit
geteilter Wicklung LEF IV
- Leistung 5kW (standortabhängig)
- Verankerung je nach Standort in der Flusssohle
oder am Ufer
jeweils 4 Leistungseinheiten an einer Verankerung bei 2 m/s



Protoypenentwicklung

Finale Konstruktion LEF I

8,5m x 4,8m



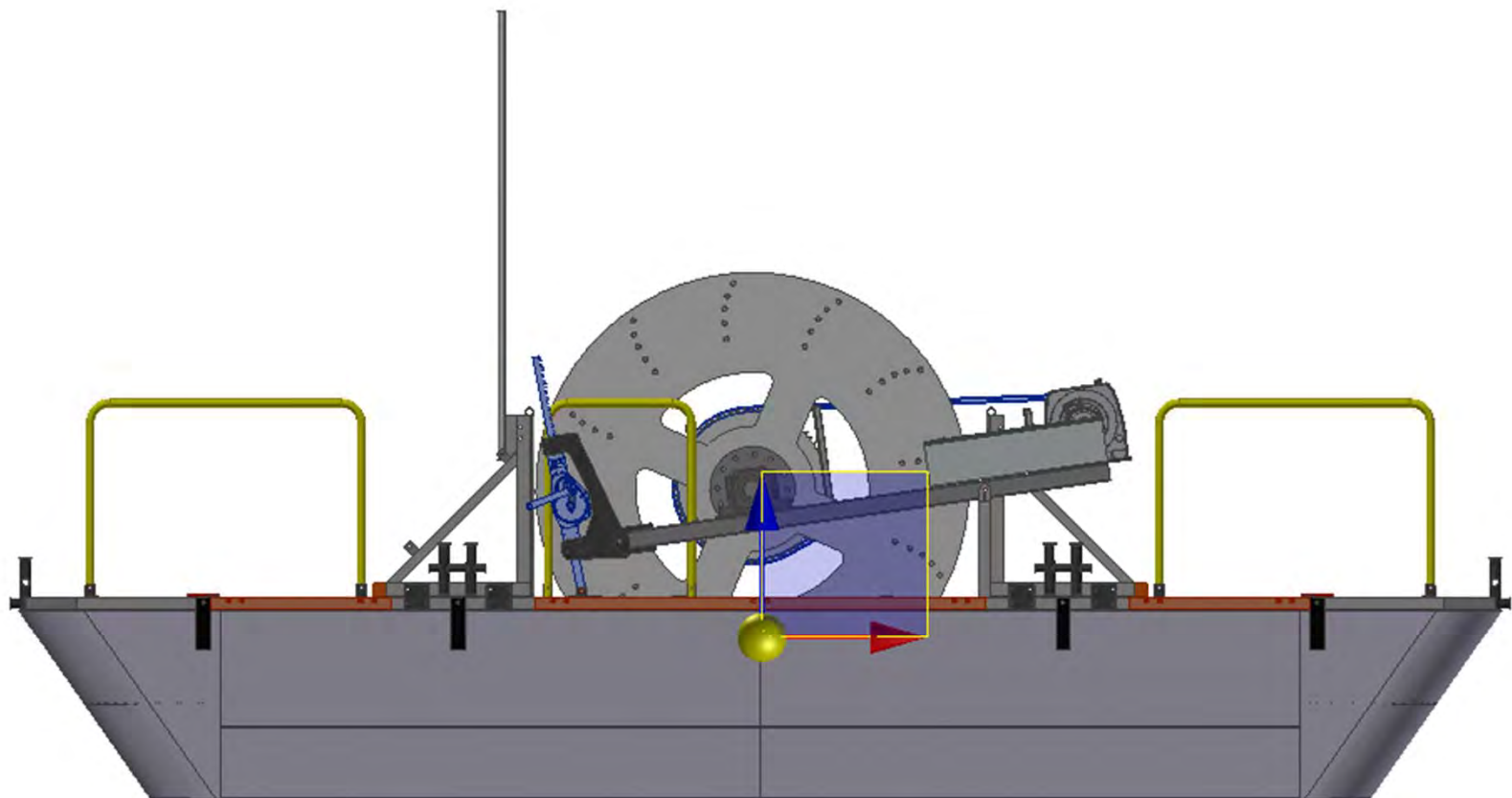
Wasserrad LEF I

3,5m x 2,4m





Protoypenentwicklung



Auftrieb bei 200mm Freibord: 7,425 m³ $\approx$ 7400kg bei 0mm $\approx$ 9300kg

Eigengewicht aktuelle Konfiguration: $\approx$ 5800kg

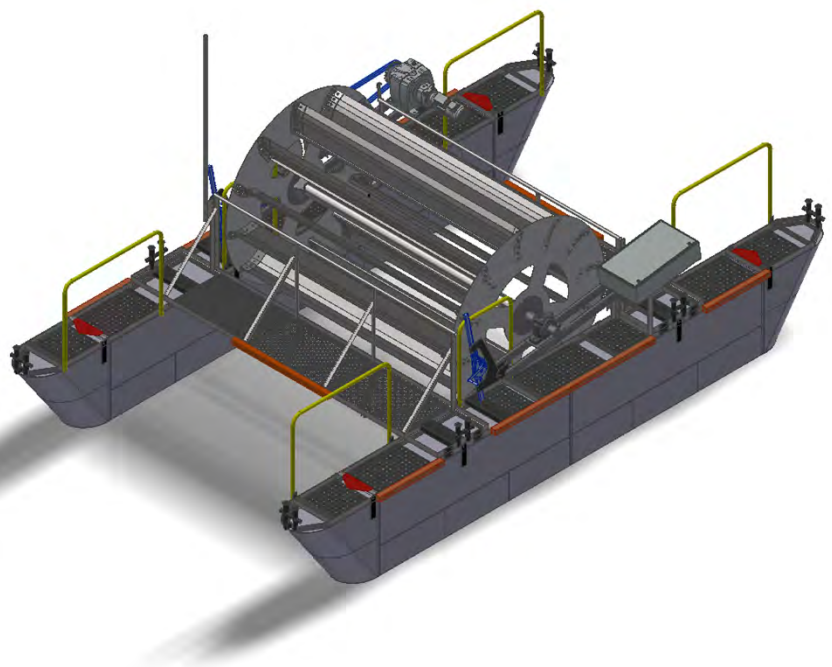


Protoypenentwicklung



Leistung je Einheit

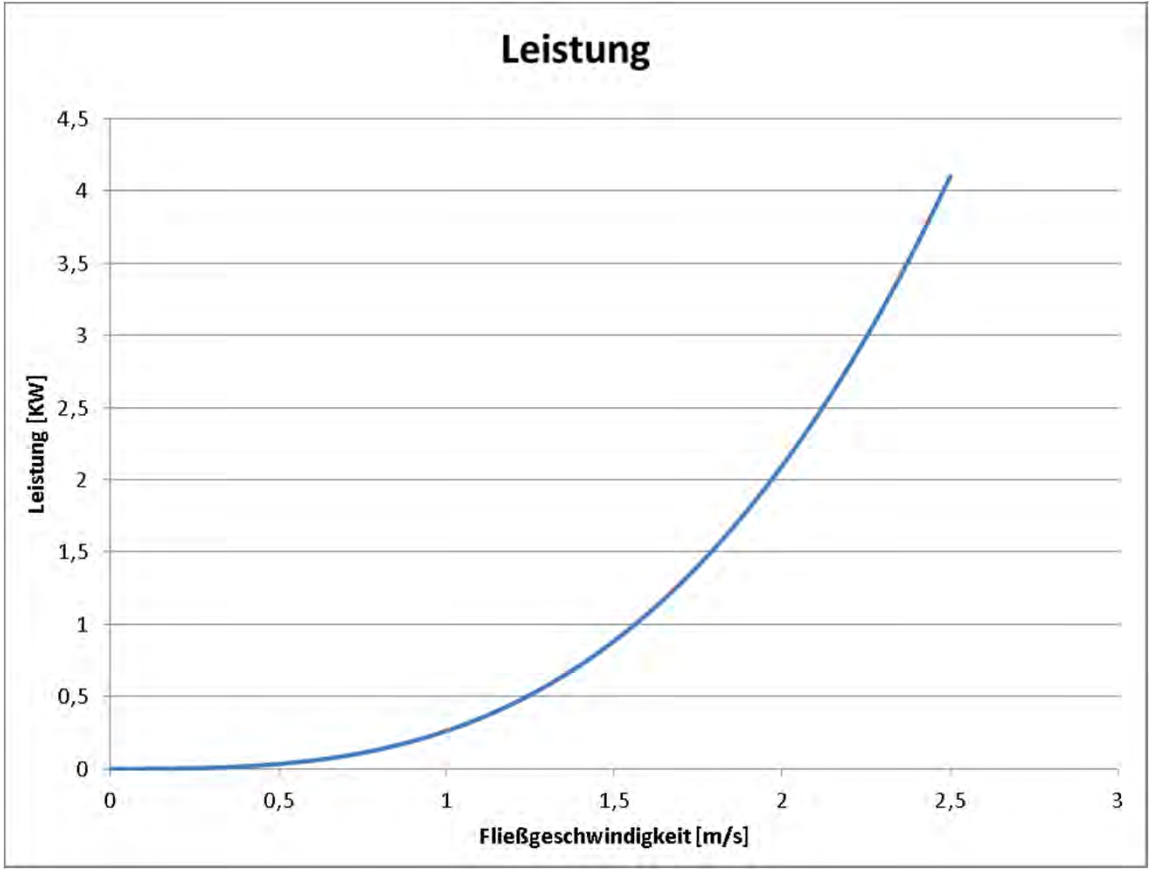
1kW – 4kW (2kW Generator)



Leistung pro Kraftwerk

Je nach Ausbaustufe

10 kW - ...





Protoypenentwicklung





Protoypenentwicklung



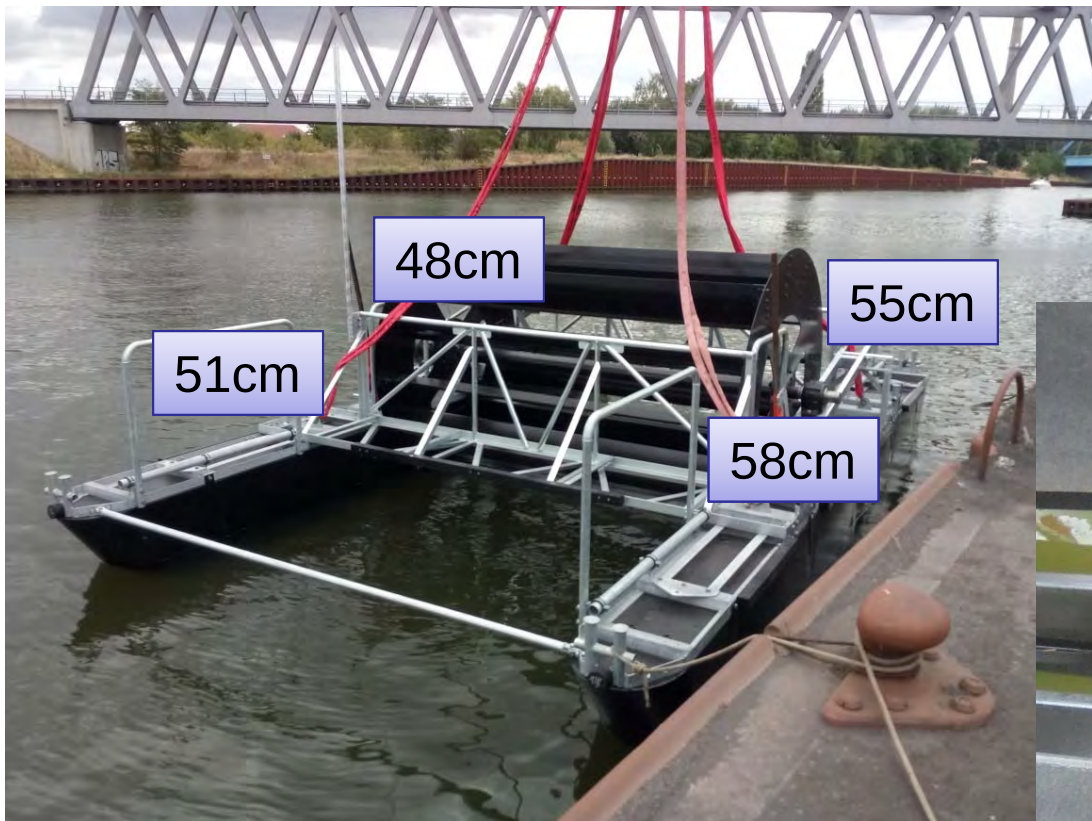
Probewasserung

Im Elbe-Havelkanal





Probewasserung

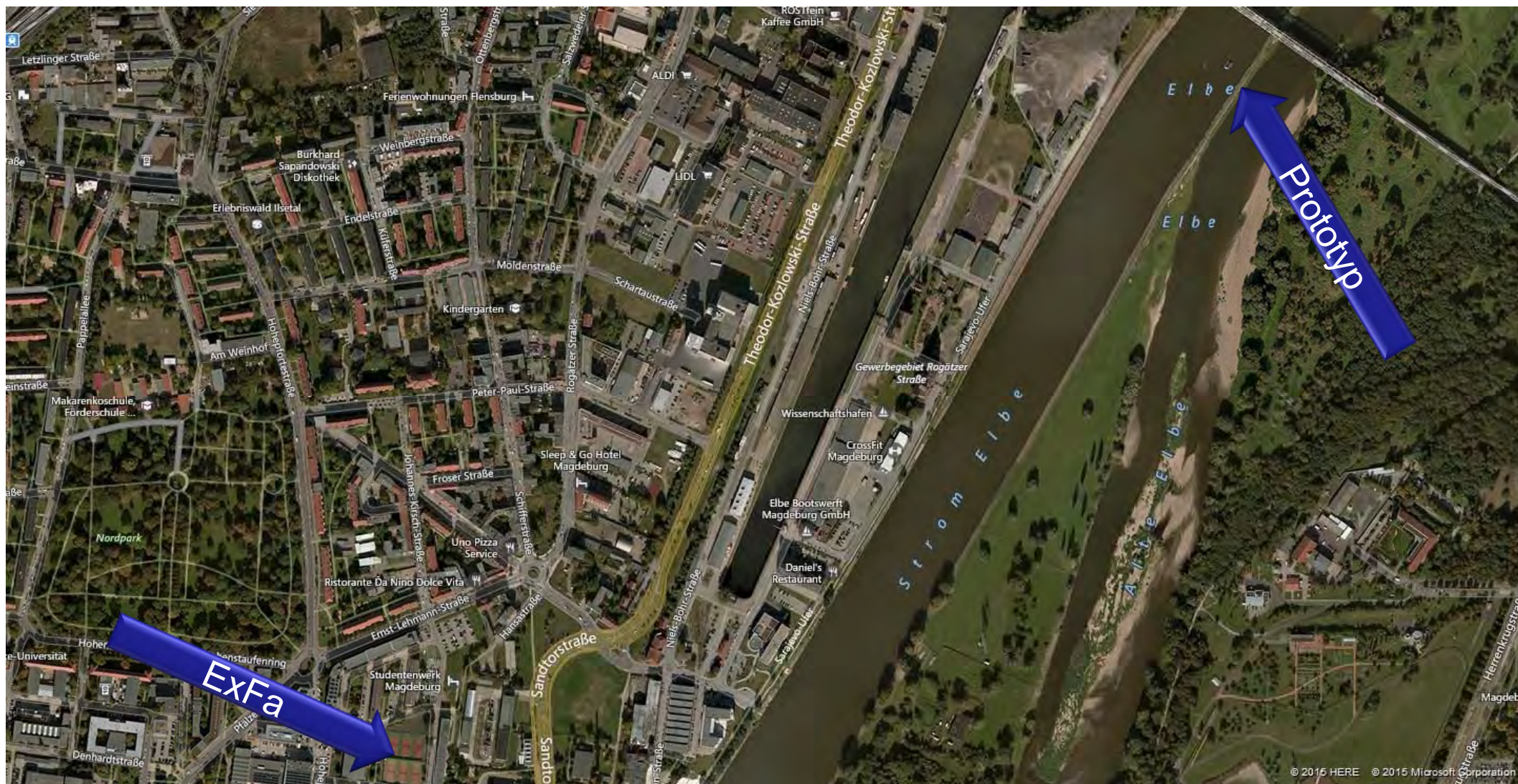


LEF I einseitiger Generator

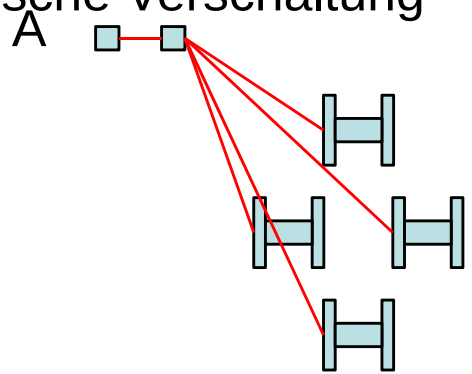
7cm Unterschied
Steuerbord und Backboard



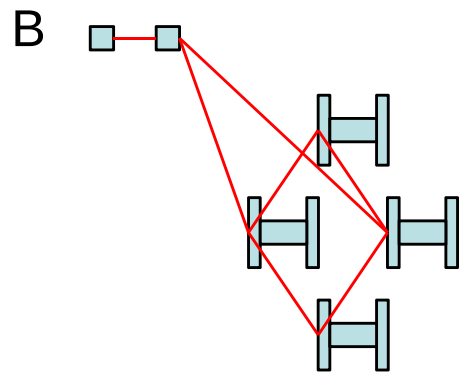
Prototypenstandort der Flottille am Vectorstandort auf der Elbe



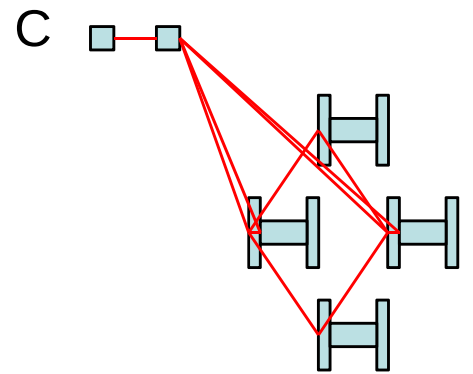
Elektrische Verschaltung



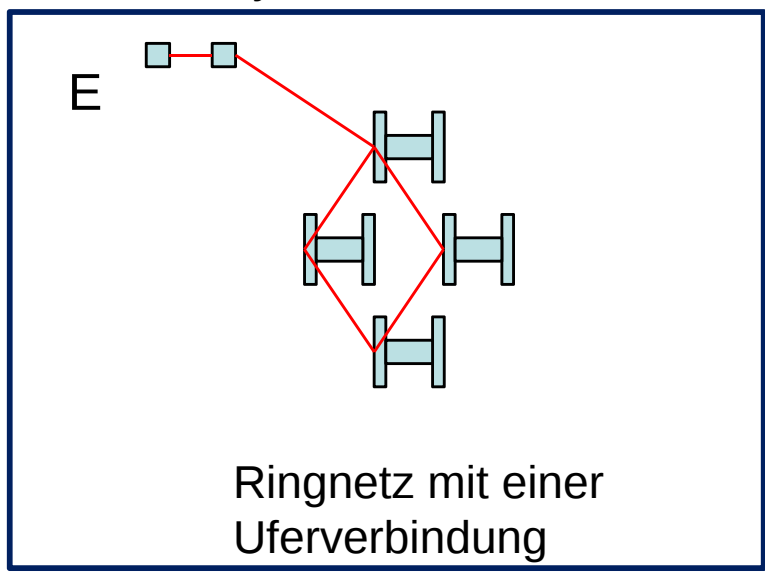
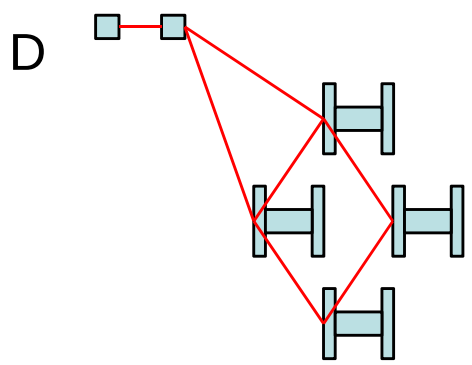
Stichnetz/
Strahlennetz



Ringnetz mit zwei
Uferverbindungen.
symmetrisch

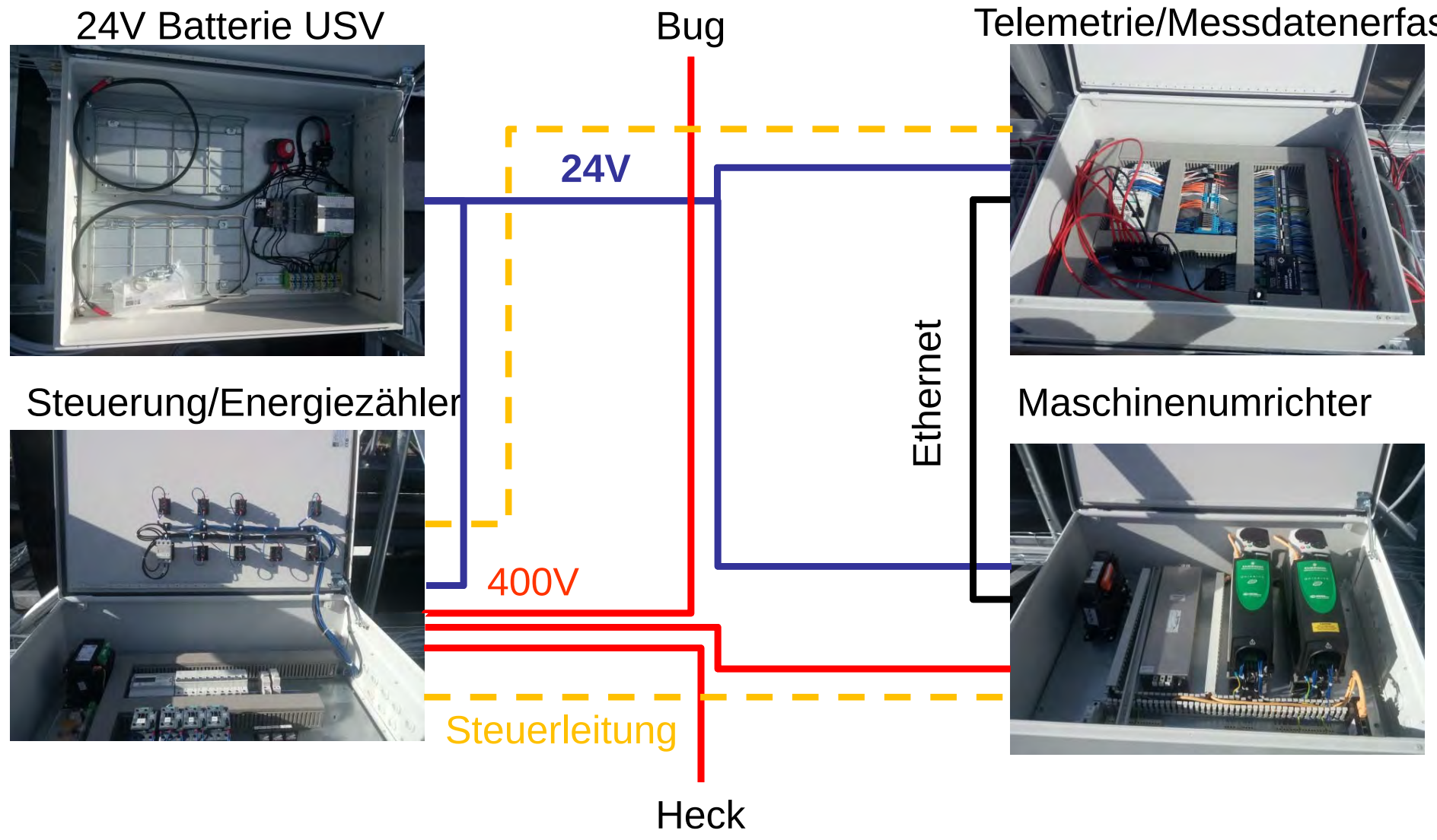


Ringnetz mit zwei
Uferverbindungen,
symmetrisch, 2 Systeme



Ringnetz mit einer
Uferverbindung

Protoypenentwicklung





Variante 1:

Basis-Infrastruktur für Flottillenkraftwerke an Land:

„Energie-Container“ als Basismodul an Land mit Kabelführung zu den Leistungseinheiten und vom Container bis zum Einspeisepunkt (ggf. Inselnetz)

→ **Beispiel Neugattersleben**

Variante 2:

Basis-Infrastruktur für Flottillenkraftwerke auf einer

„Master-Leistungseinheit“ auf dem Wasser:

„Master-Leistungseinheit“ eines Flottillenkraftwerkes als Modul auf dem Wasser mit Kabelführung an Land bis zum Einspeisepunkt für bis zu vier Leistungseinheiten

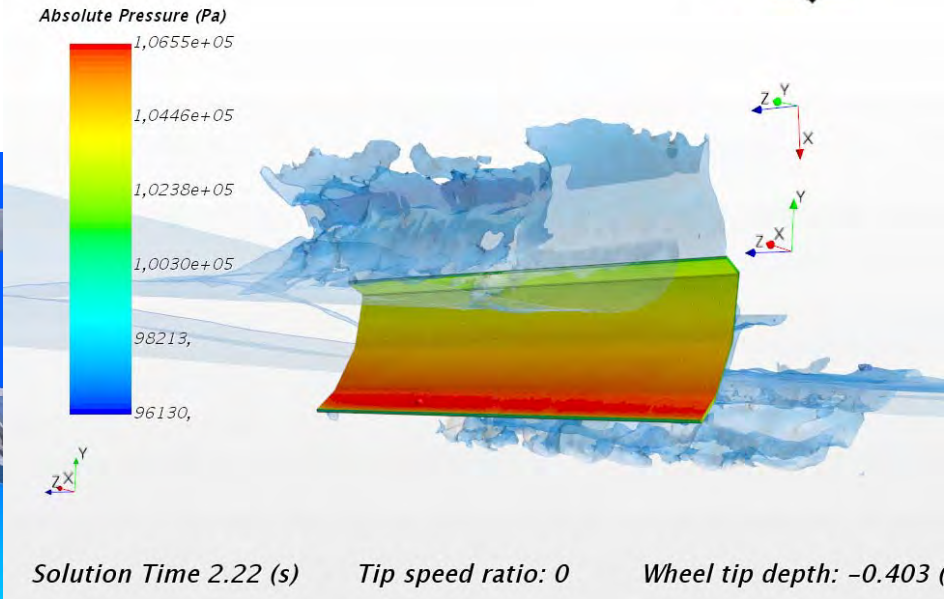
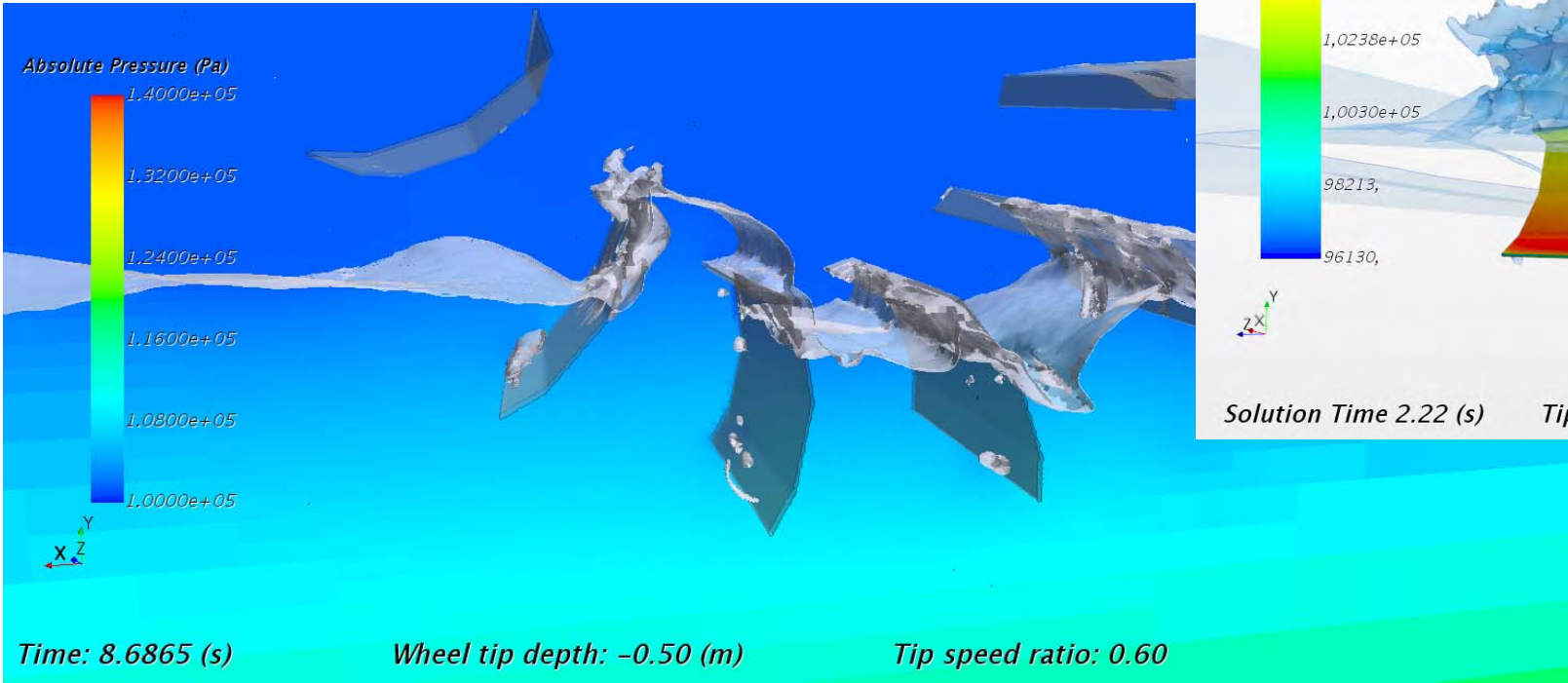
→ **Beispiel FKW – Elbe**



Fluss-Strom®-Hybridkraftwerk
(Solar + H2W + LE FKW + HKT)



Optimierung des Wasserradentwurfes LEF I – III am ISUT
Auswirkungen der Leistungseinheiten im Flottillenkraftwerk zueinander
Mit 2D- Simulationen als auch 3D- Simulation





Parametrierung und Evaluierung der Simulationsmodelle im Wasserkanal am ISUT





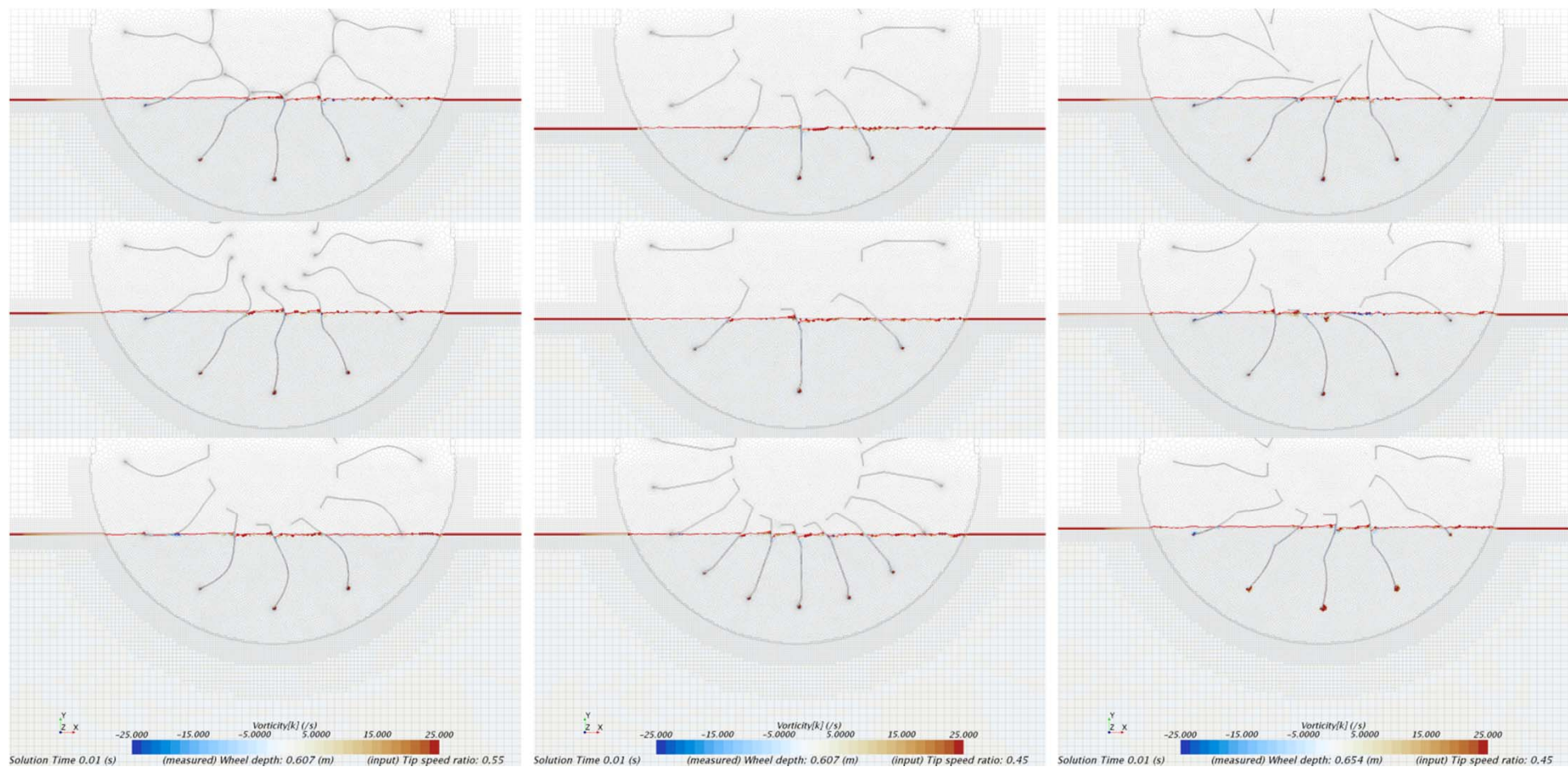
Parametrierung und Evaluierung der Simulationsmodelle für die Flottile im Wasserkanal





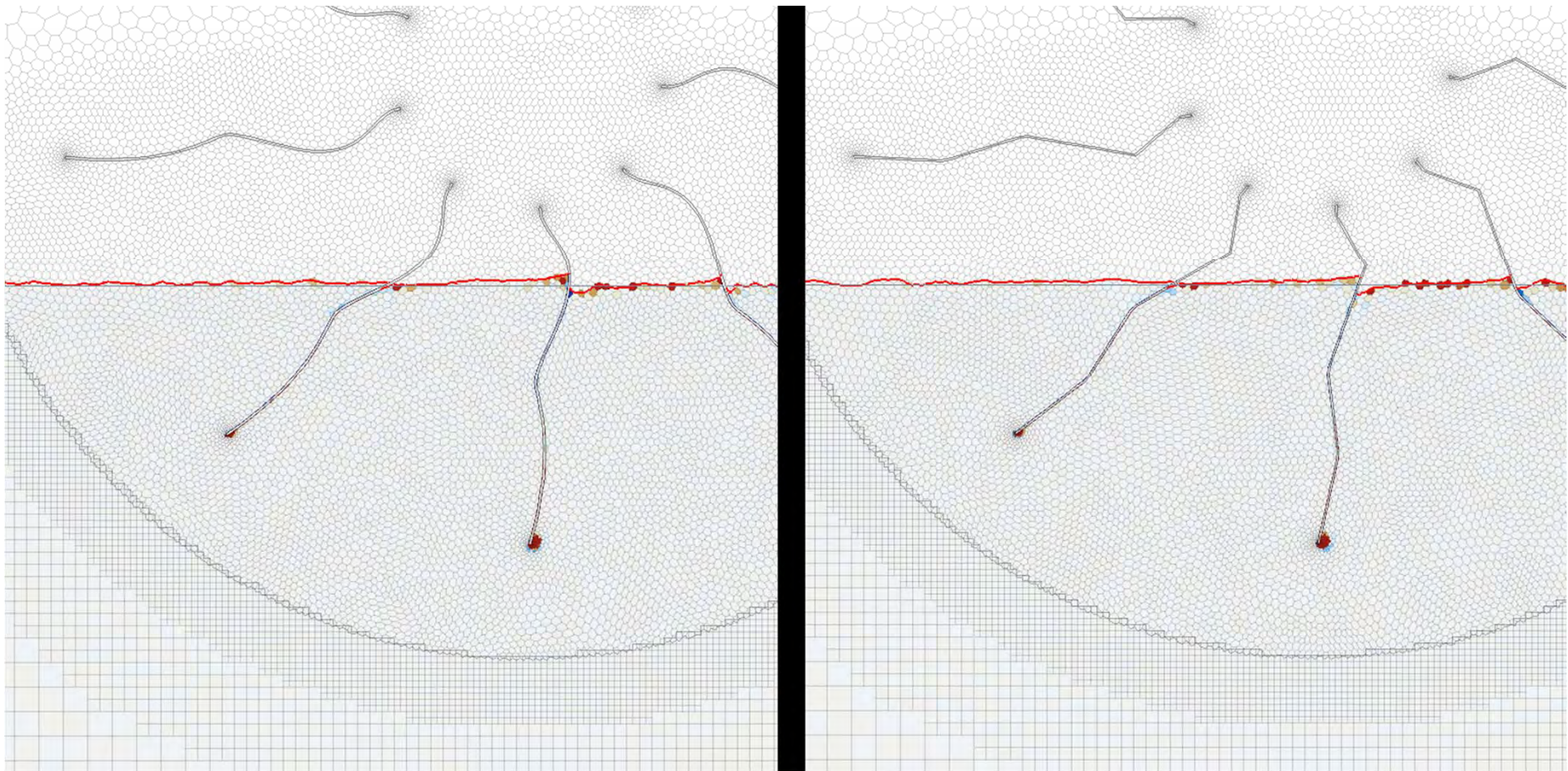
Protoypenentwicklung

Iteratives Verfahren mit 2D- Simulation: In mehreren Schritten zum Optimum
Vorgabe 2,4m Durchmesser, 3,5m breit





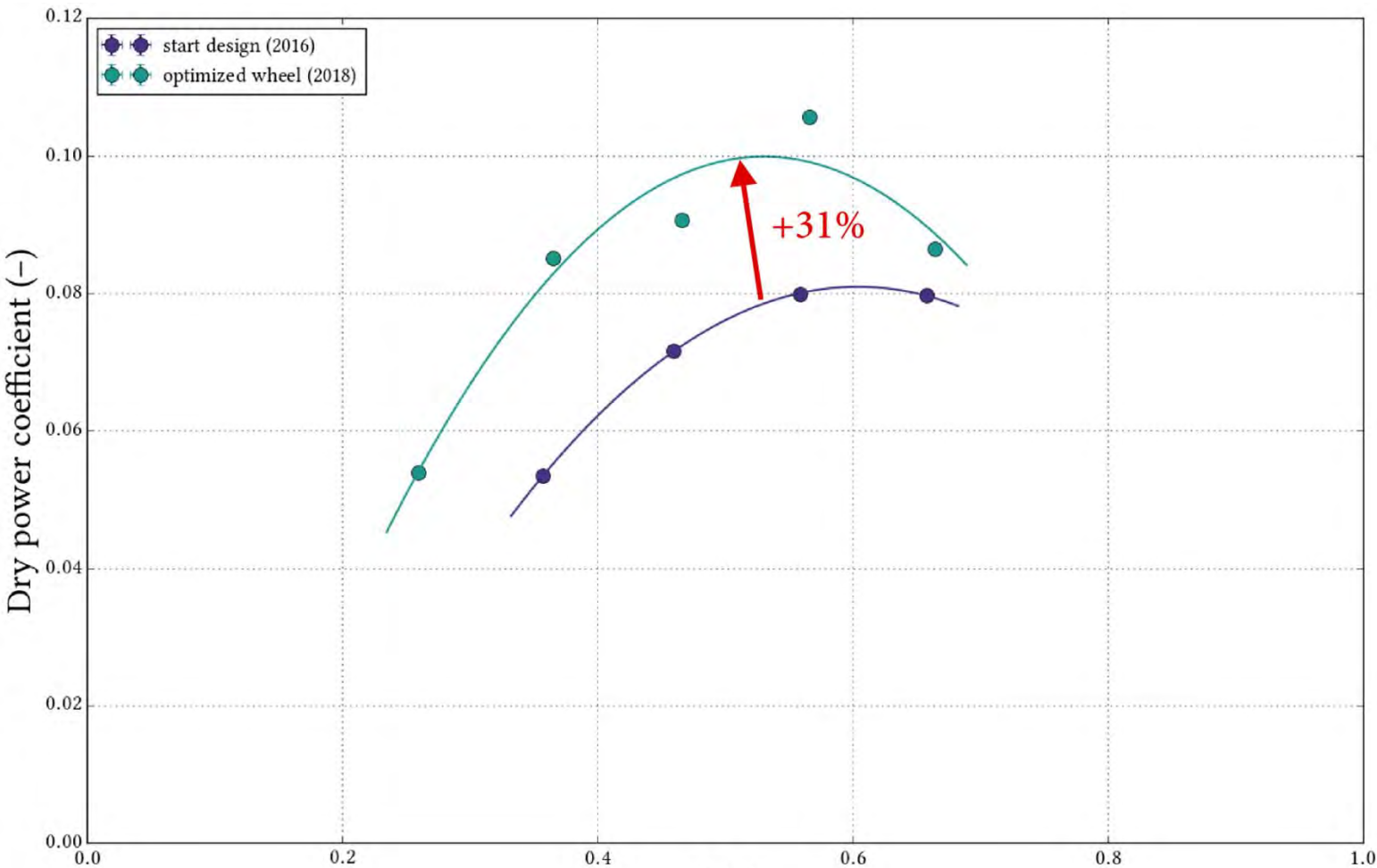
Optimierung des Wasserradentwurfes LEF I - III



Kompromiss zwischen Simulation und Fertigung 2 %



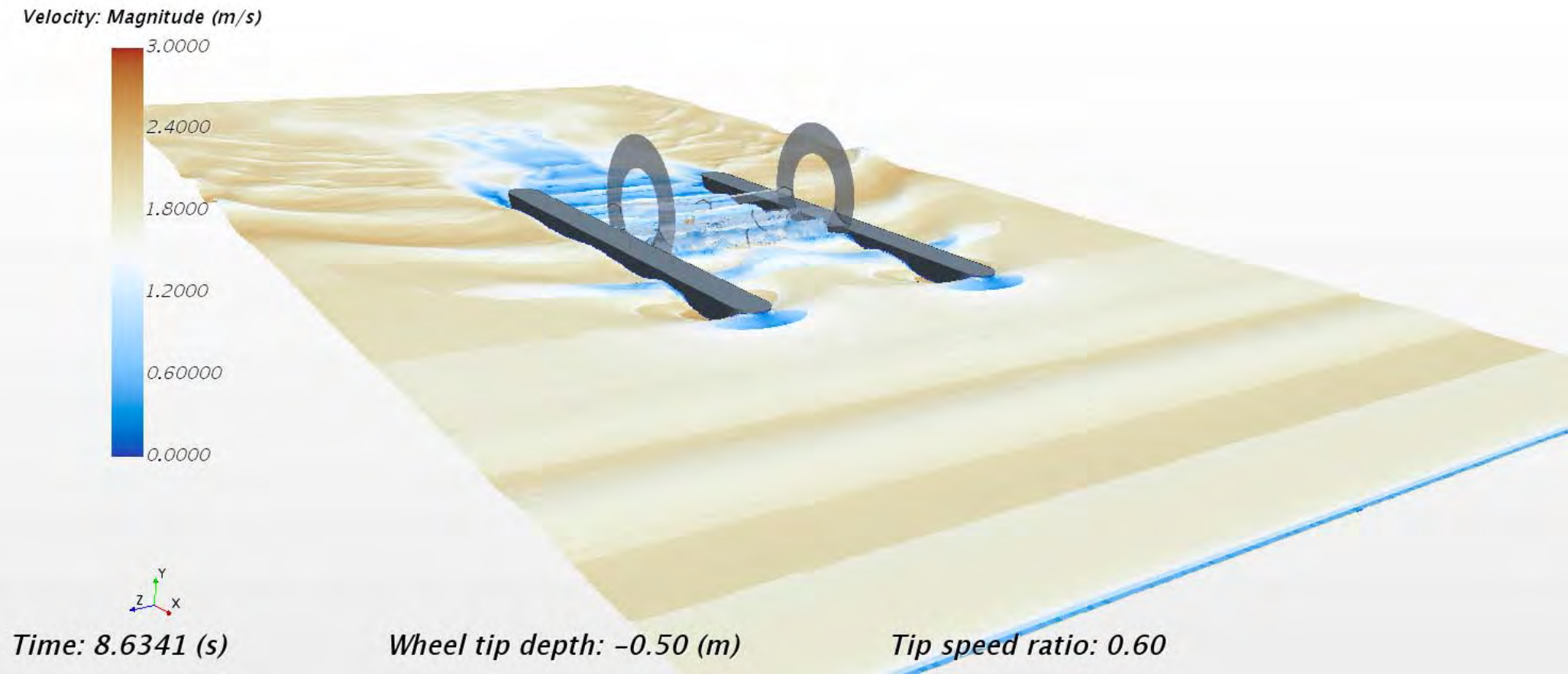
Optimierung des Wasserradentwurfes LEF I - III



Verbesserung der Leistung um 31% bei gleichen Abmessungen des Wasserrades

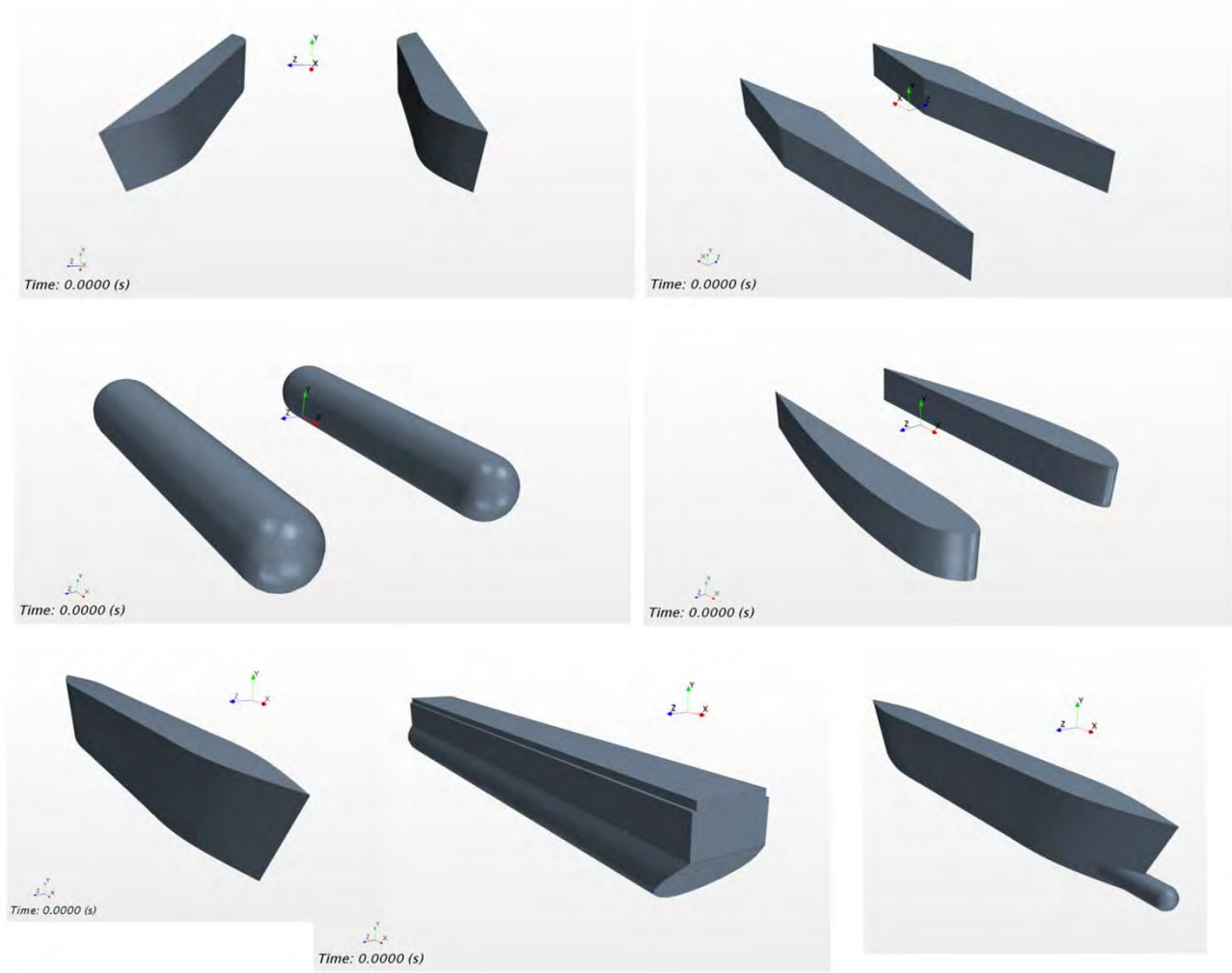


Optimierung des Schwimmkörpers



Optimierung des Schwimmkörpers

Untersuchung des Einflusses
des Schwimmkörpers
auf das Wasserrad.

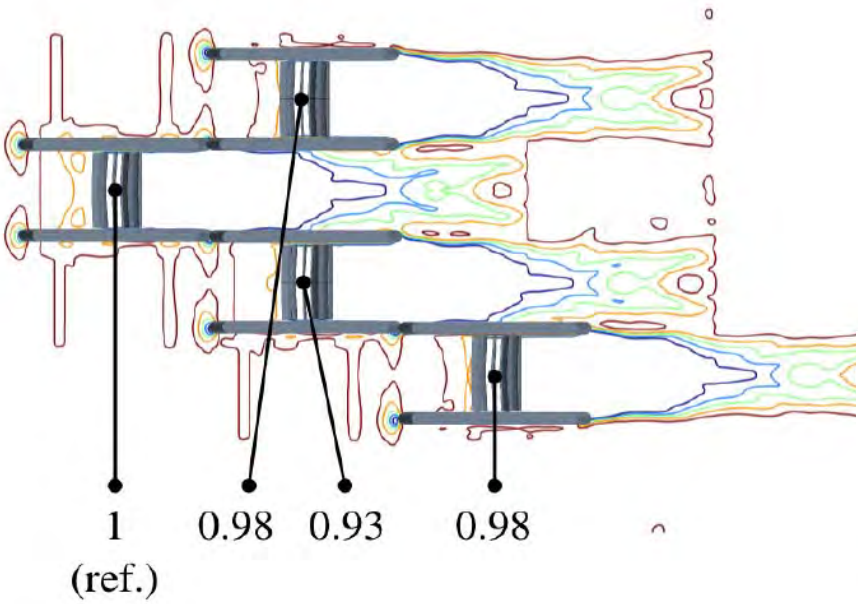




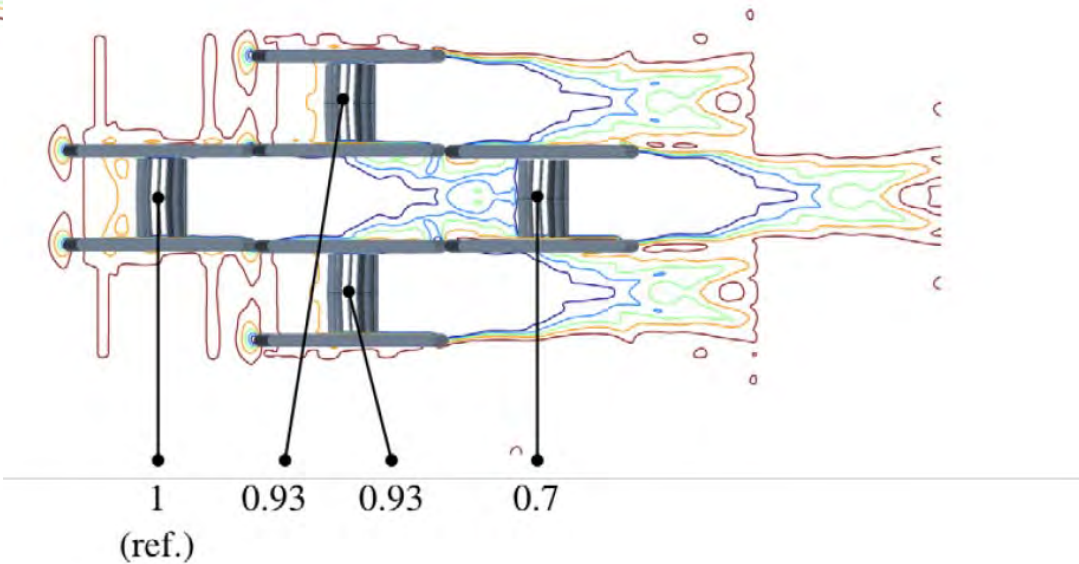
Protoypenentwicklung



Optimierung der Position innerhalb der Flottille



Untersuchung des Einflusses der Einheiten untereinander



Weiterführende Informationen in den Veröffentlichungen

Vorträge bei Fachkonferenzen:

- [1] Cleynen, O., Hoerner, S. and Thévenin, D., Performance mapping of ducted free-stream hydropower devices, in Sustainable Hydraulics in the Era of Global Change, (Epicum et al., Eds.), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02977-4, 284-289 (2016).
- [2] Cleynen, O., Kerikous, E., Hoerner, S. and Thévenin, D.: Influence of flotation bodies on the power characteristics of a free-stream water wheel. In: 9th International Conference on Computational & Experimental Methods in Multiphase & Complex Flow, Tallinn, Estonia, June 20-22, 2017.

Masterarbeit am Institut:

- [3] Wahrlich, J., Entwicklung eines Optimierungskonzeptes für schwimmende Wasserräder als Leistungseinheit eines Fluss-Strom-Flottillenkraftwerkes, Master's Thesis, Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungstechnik, Univ. of Magdeburg "Otto von Guericke", (2018).

Veröffentlichungen in internationalen Zeitschriften:

- [4] Cleynen, O., S. Hoerner and D. Thévenin (2017). Characterization of hydraulic power in free-stream installations. Int. J. Rotating Mach. 2017:9806278/1-10.

Veröffentlichung in Begutachtung:

- [5] Cleynen, O., E. Kerikous, S. Hoerner and D. Thévenin (submitted to Energy). Characterization of the performance of a free-stream water wheel using computational fluid dynamics.

Veröffentlichung in Bearbeitung:

- [6] Optimization of a free-stream water wheel using computational fluid dynamics (in preparation)

Ansprechpartner:

**Prof. Dr.-Ing. habil.
Dominique Thévenin**

M.Eng. Olivier Cleynen

M.Sc. Stefan Hörner

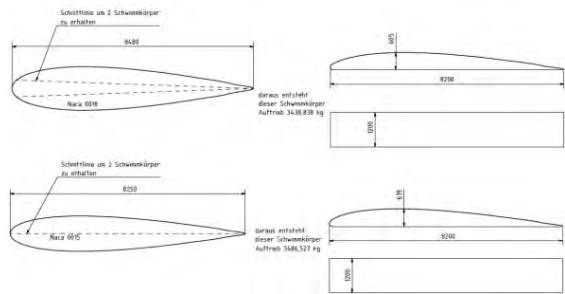
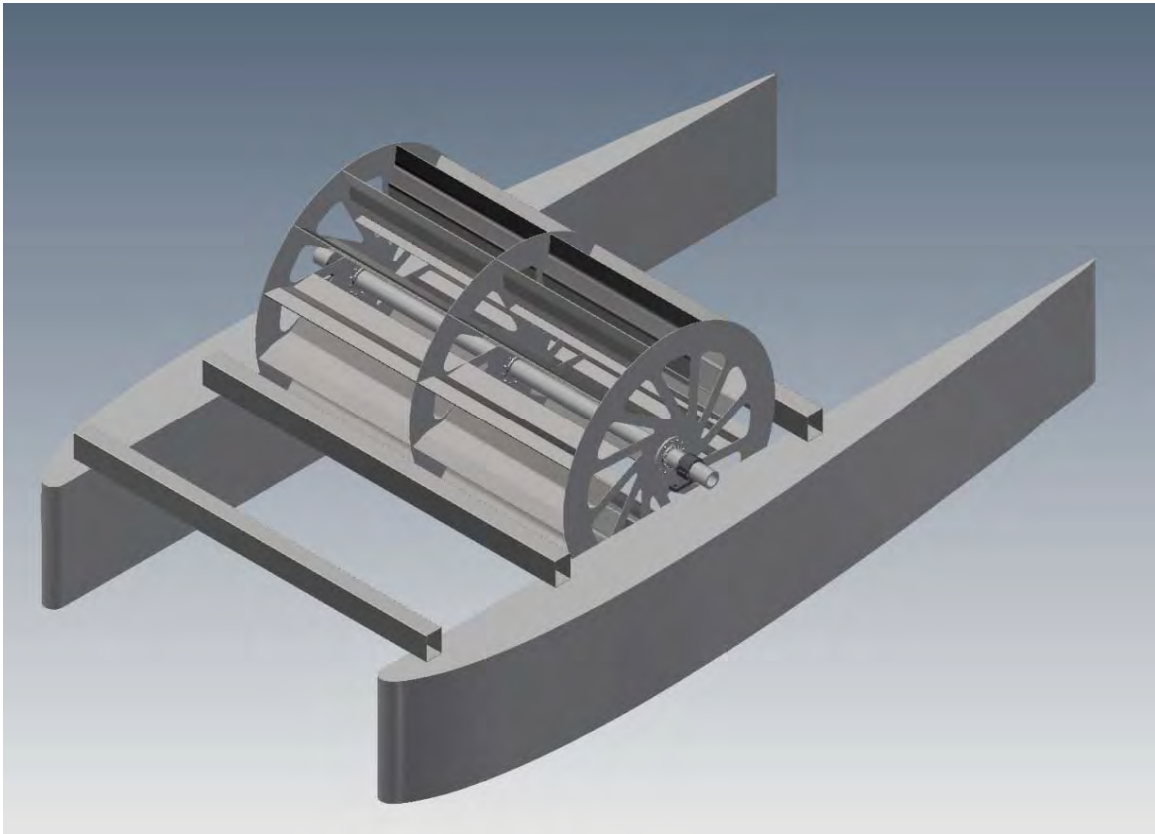




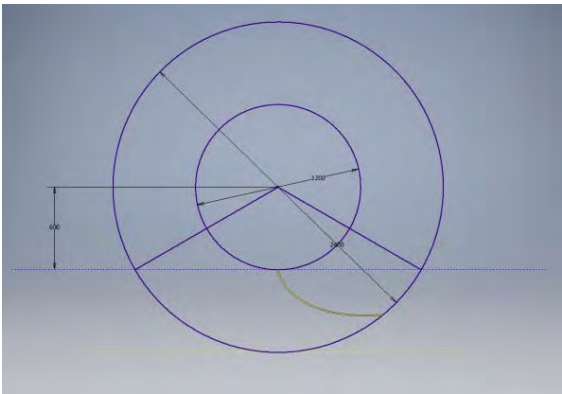
LEF VI



Umsetzung der Ergebnisse des ISUT und des LEF klein Neugattersleben



optimierter
Schwimmer



Eintauchtiefe
600mm
Ca. 20%
mehr
Leistung
Als LEF I-III





LEF VI

Finale Konstruktion LEF Vi optimiert

7,8m x 5m

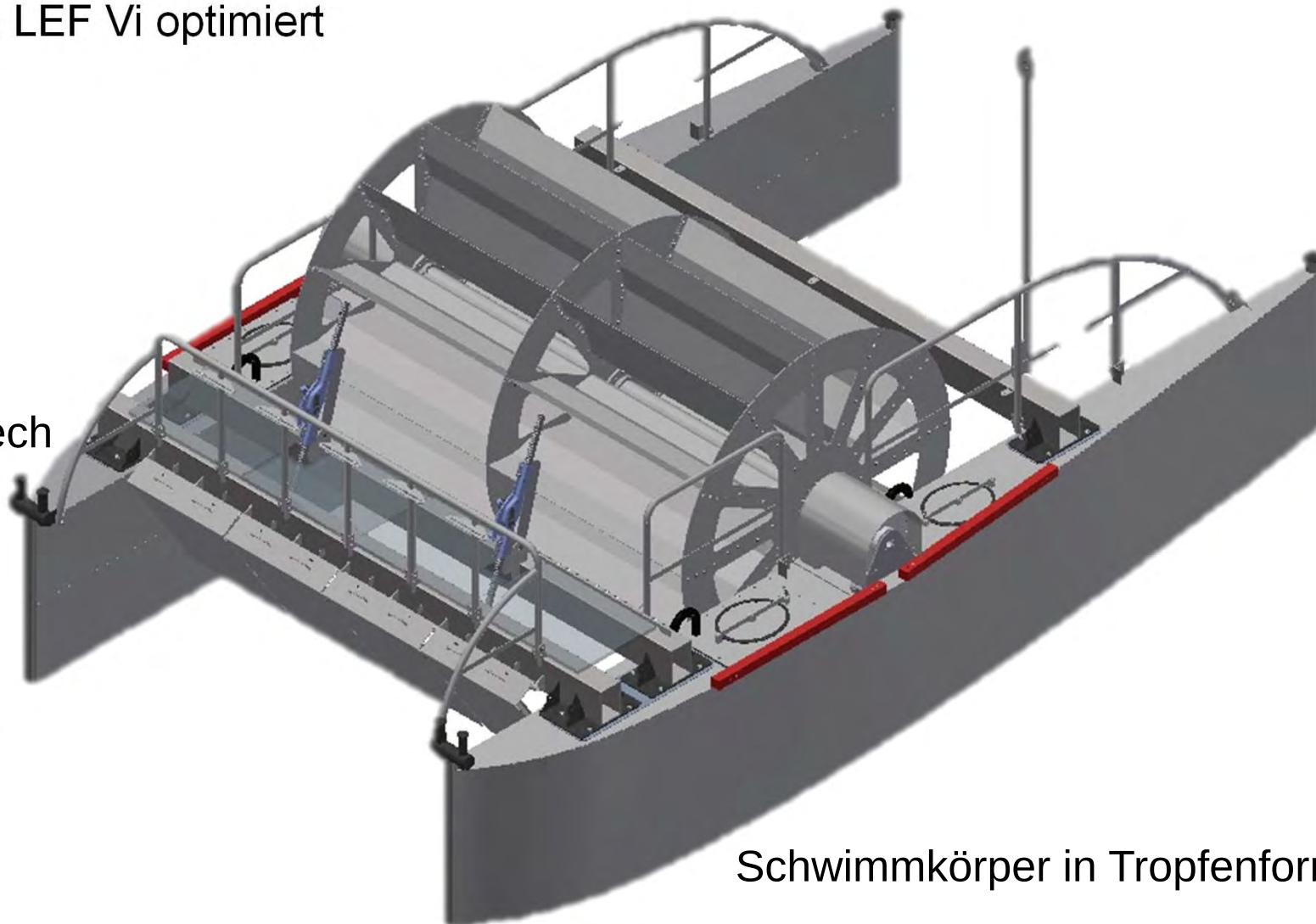
E-Technik im Rumpf

Treibgutabweiser mit
integrierten Schwallblech

Wasserrad fest

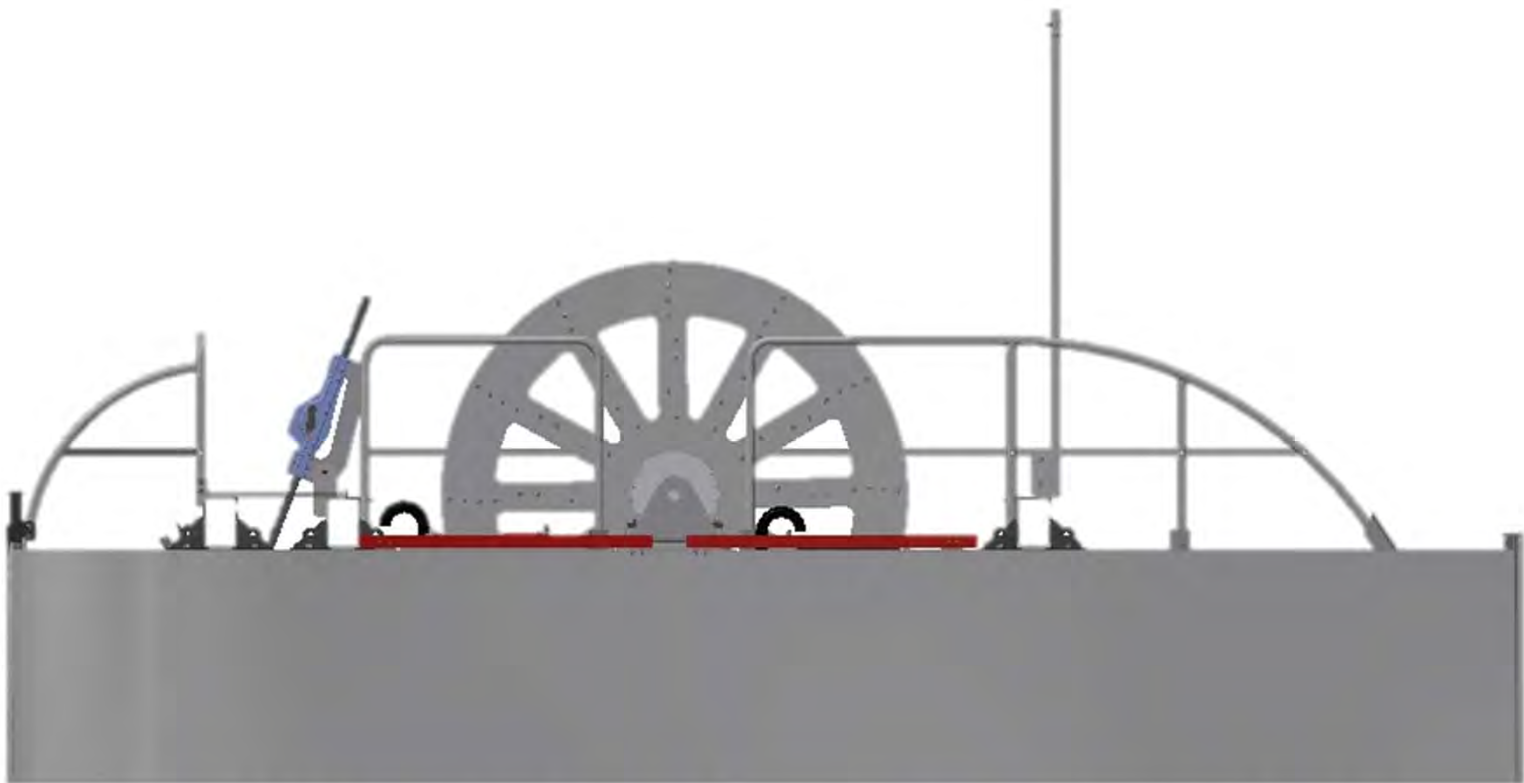
3,5m x 2,4m

Schwimmkörper in Tropfenform





Protoypenentwicklung

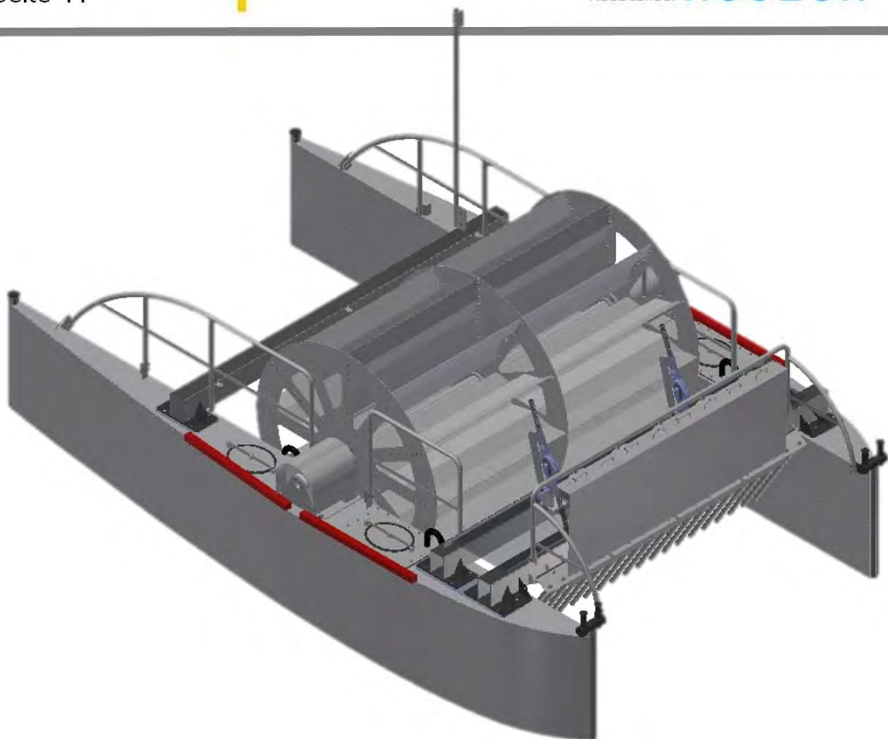


Auftrieb bei 320 mm Freibord: 6 m³ $\approx$ 6000kg bei 0mm $\approx$ 8800 kg

Eigengewicht aktuelle Konfiguration: $\approx$ 6000 kg



Protoypenentwicklung



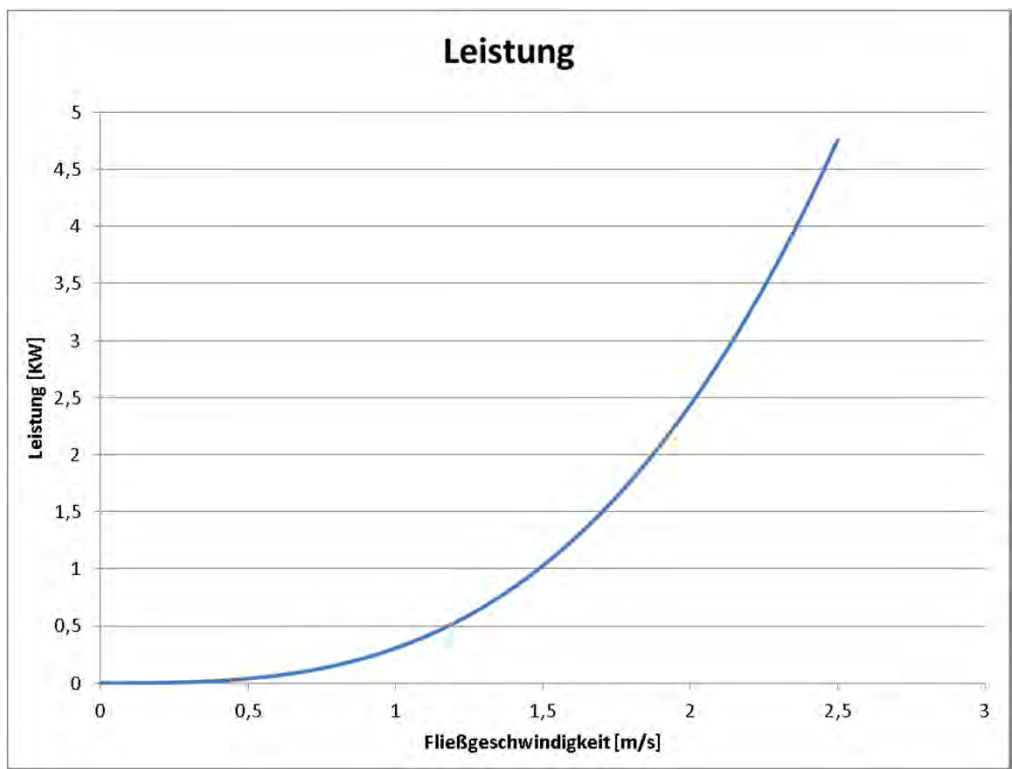
Leistung je Einheit

1kW – 5kW

Leistung pro Kraftwerk

Je nach Ausbaustufe

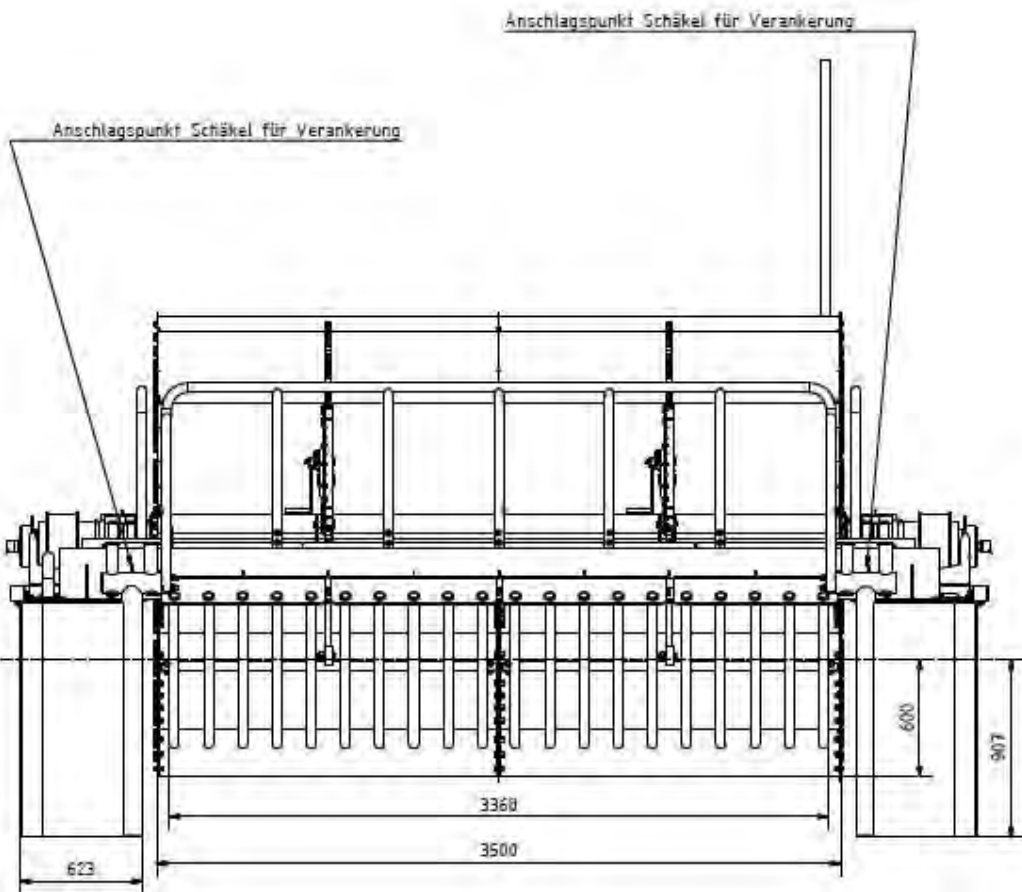
10 kW - ...



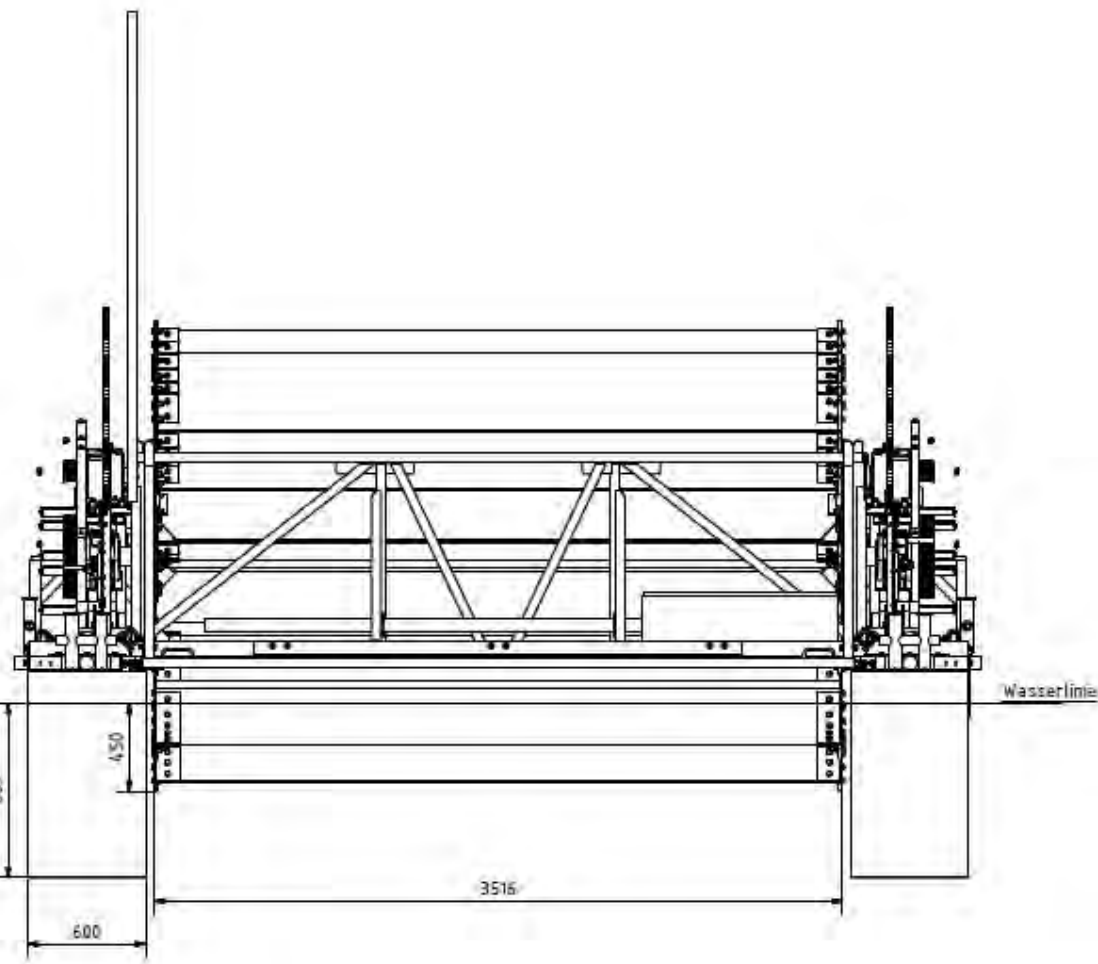


Protoypenentwicklung

LEF IV



LEF I - III





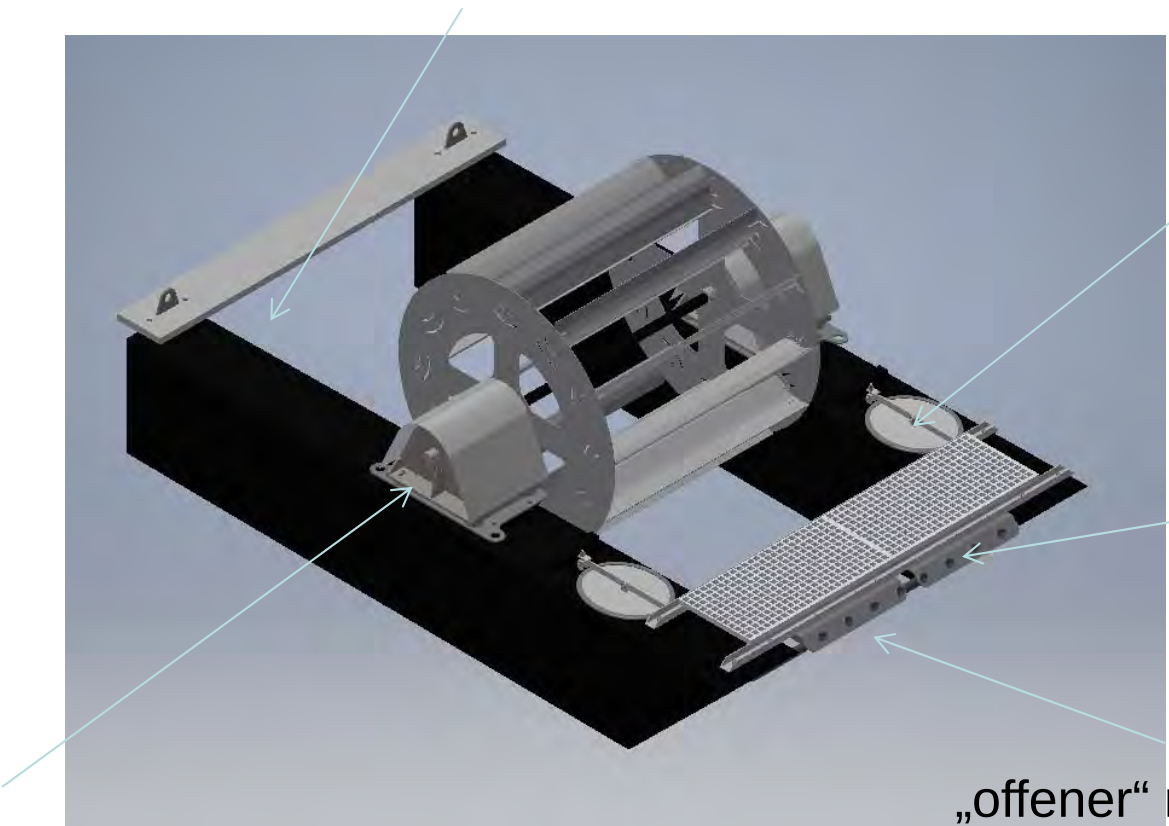
Erfahrungsbericht Neugattersleben

Probewasserrad im Massstab 1:2

Außendurchmesser : 1,5 m ; Welle rechnerisch dimensioniert
Schaufelbreite: 1,4 m ; Konstruktion über FEM-Analyse
Eintauchtiefe: 0,125 m
Worst-Case-Szenario: $c_W = 2,3$; $v \leq 2,5 \text{ m/s}$



Selbsttragene „Karosserie“ (Schwimmer 5mm Blech) 2,5m x 5m (BxL)



Elektrik im Rumpf

Modulares Schwallblech

„offener“ modularer Schrägrechen

Tf-Generator mit integriertem Wasserradlager



Installiert seit 04/2018

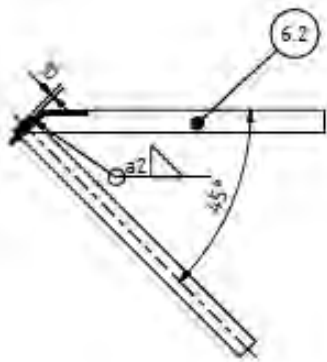
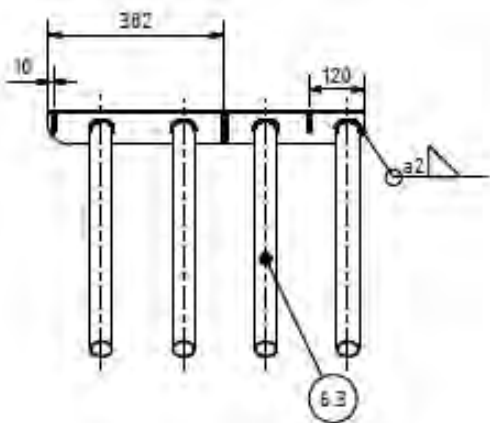
Anlaufgeschwindigkeit 0,7m/s
Arbeitsbereich 0,6m/s -2 m/s
Eintauchtiefe 0,25m

Buhnenstandort 2 Neugattersleben, Bode



Das Wasserrad ist prinzipbedingt ein robuster Strömungswandler
auch bei hohem Treibgutaufkommen...

Treibgutbedingten Stillstand 1x pro Woche durch Abschattung am Rechen



Durch Makrophyten
hängt sich der Schrägrechen zu
Obwohl der Rechen glatt, offen
und unter 45° verbaut ist



Treibgutproblematik



Hohes Treibgutaufkommen

Pflanzenreste, Holz,
Flaschen, Styropor, Bälle, Autoreifen...



RR_Small / LEF klein Versuchsträger

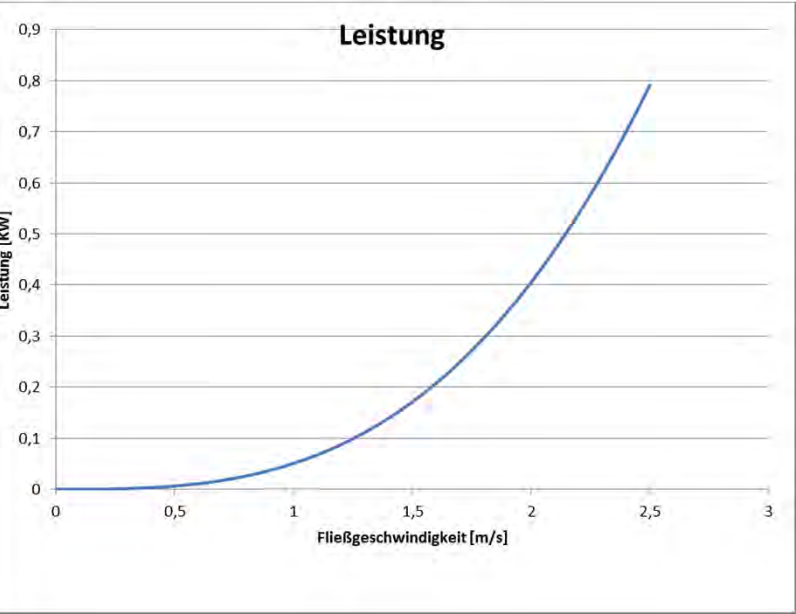


12 W bei 4,46 U/min, 0,6m/s Fließgeschwindigkeit

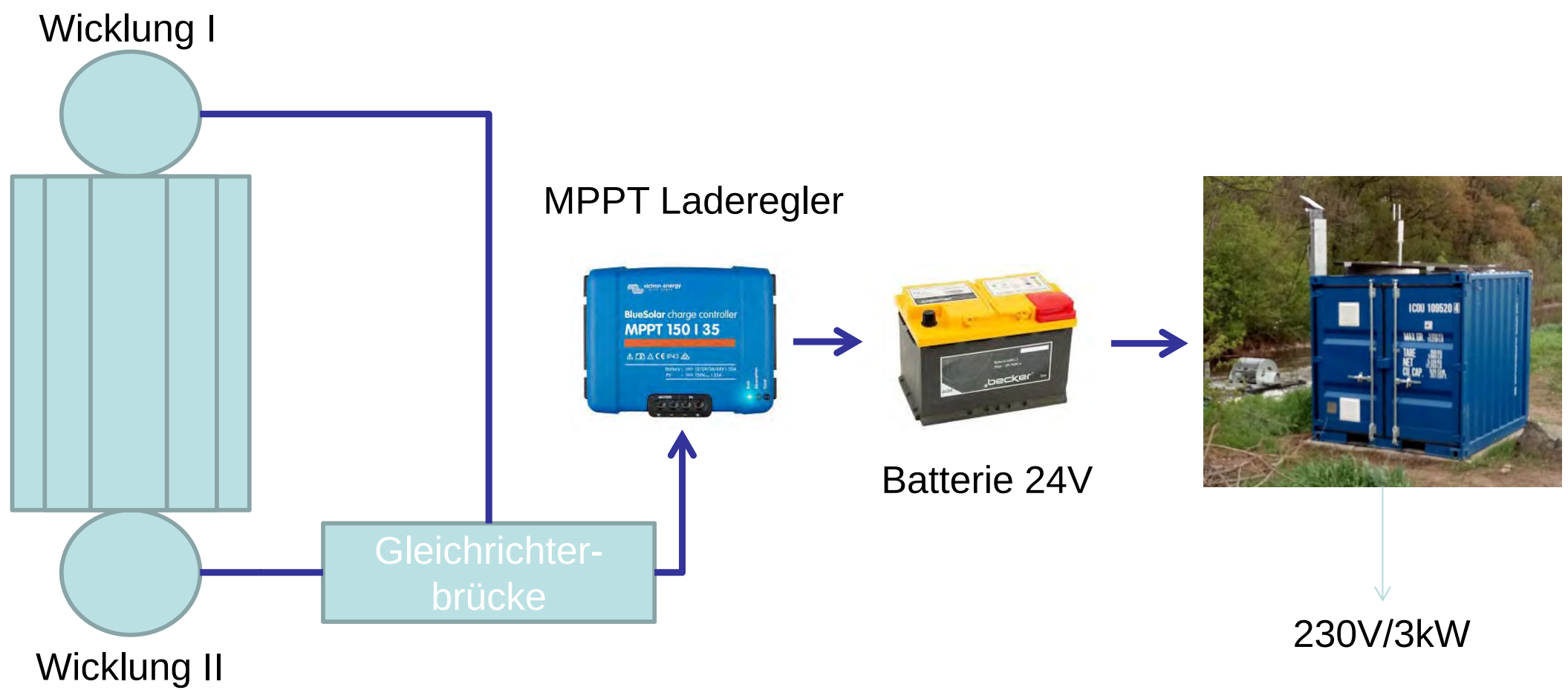
Energie des Wassers im Arbeitspunkt 40W!

Wirkungsgrad 29% Gesamtsystem 😊

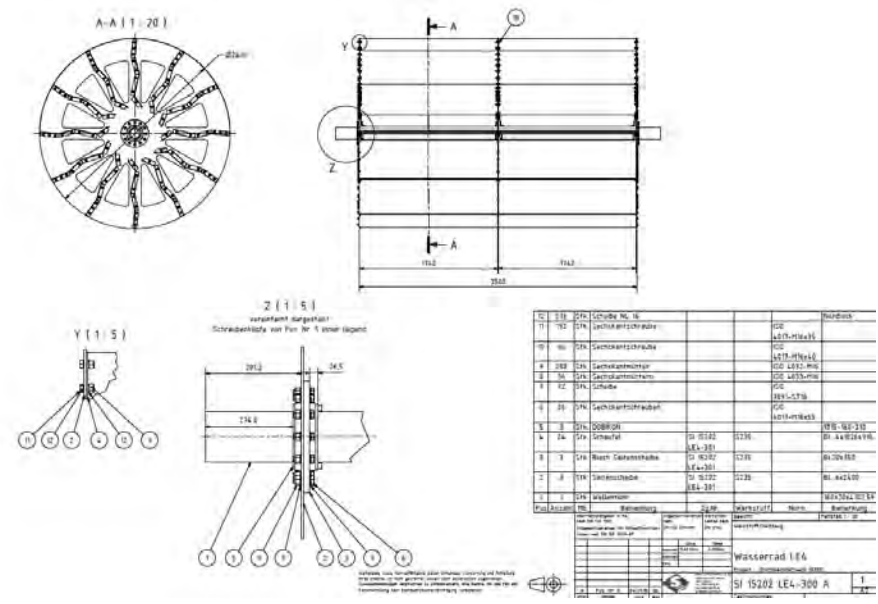
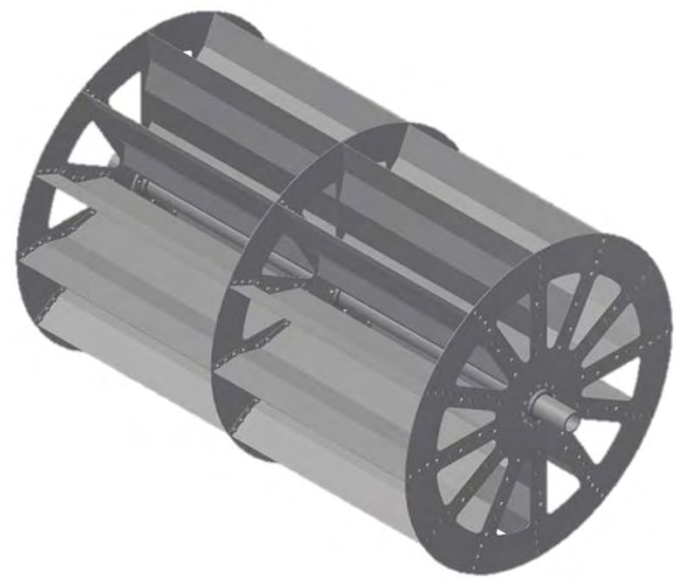
Aktuell:
ca. 0,6 m/s Fließgeschwindigkeit



Generatorkonzept: „IGW“ Insel mit geteilter Wicklung



Ausstellung des optimierten Wasserrades LEF IV in der Laborhalle



2,4m x 3,5m, 0,6m Eintauchtiefe , 1900kg, keine Schweißverbindung



- Installation des Prototypen wenn es der Wasserstand wieder hergibt Elbe mit 3 Leistungseinheiten
- Fertigstellung optimierte 4 Leistungseinheit 10/2018
- Testphase Magdeburg Elbe Inselbetrieb



Danke



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit...

