Stromerzeugung aus Meeresströmungen

- Potenziale
- Stand
- Perspektiven

Jochen Bard
Institut für Solare Energieversorgungstechnik
Verein an der Universität Kassel

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Europäische Kommission, DG Research
Department for Trade and Industry, GB

Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V.

Systemtechnik für die Nutzung Erneuerbarer Energien und die Rationelle Energieverwendung

Anwendungsnahe Forschung und Entwicklung

- Windenergie, Wasserkraft
- Biomassenutzung, Photovoltaik
- Energiewandlung und Speicher
- Hybridsysteme
- Energiewirtschaft
- Information und Weiterbildung

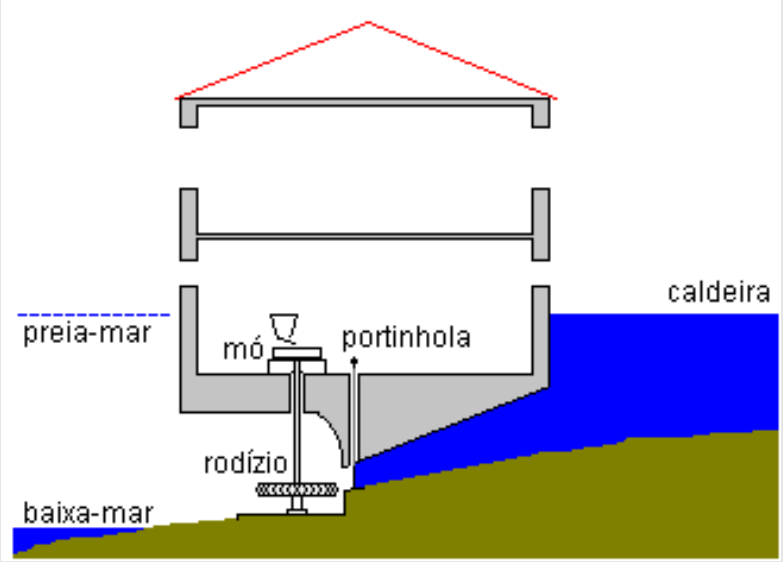
Vorstand:	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmid
	Dr. rer. nat. Oliver Führer
Personal:	ca. 75 Beschäftigte
Jahreshaushalt:	ca. 8 Mio. Euro
Information:	www.iset.uni-kassel.de

Energie aus dem Meer: Übersicht

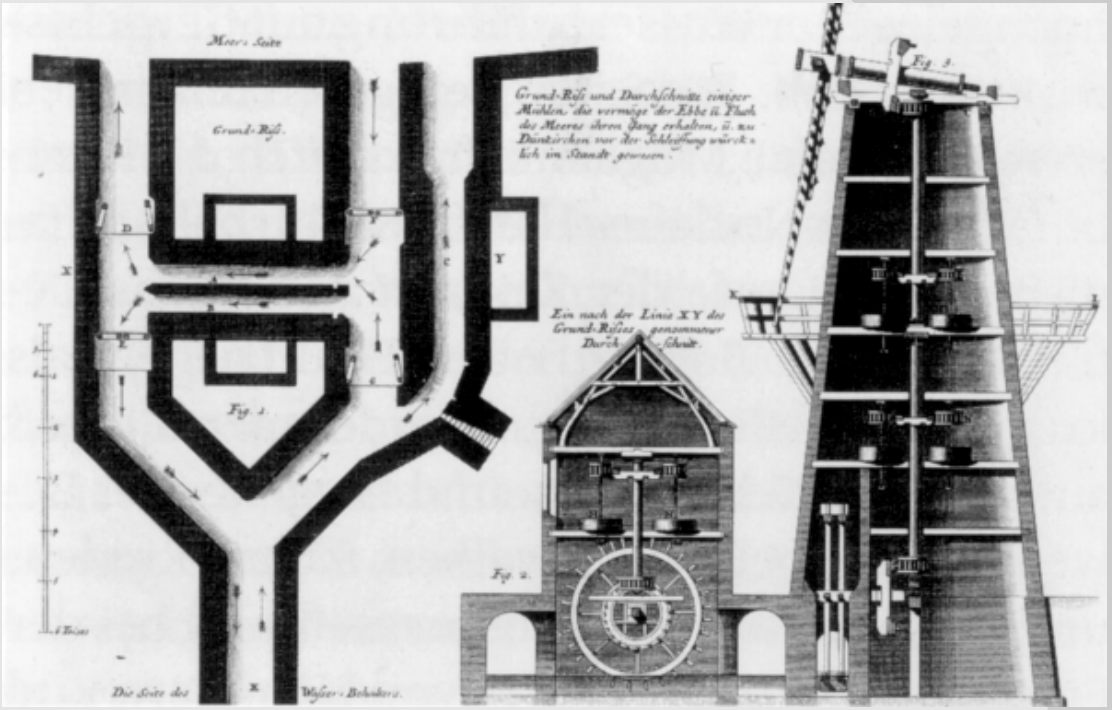
Energiequelle	Wandlungsprinzip	Projekte, realisierte Systeme
Gradient der Salzkonzentration	Osmotischer Druck und Wasserturbine	Saltkraft PRO
Temperaturgradient	Niedertemperatur-dampfkreislauf	OTEC
Potentielle Energie aus Tidenhub	vgl. konventionelle Wasserturbine	Gezeitenkraftwerke
Kinetische Energie der Wellen	• Körperbewegung- bzw. Verformung • Wasserstauerzeugung • Luftstauerzeugung	OSPREY, Limpet, Exim, Pelamis, OWEC, Mighty Wale, Tapchan, SSG, Wavedragon, Waverotor, ...
Kinetische Energie der Meeresströmungen	Auftriebsläufer	TideEl, Brian, UEK, Stingray, Blue Concept, SEAFLOW

ISET

Historische Technik zur Nutzung der Gezeiten: Flutmühlen



Portu Errota Flutmühle, Portugal

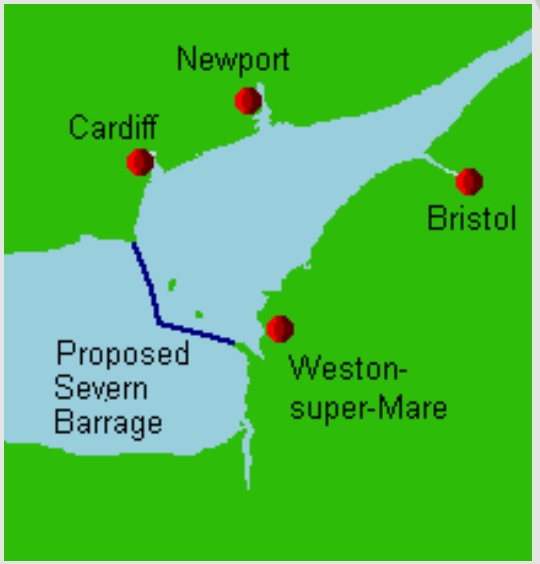


Flutmühle des Zimmermeister Perse zur Nutzung der Ebbe und Flutströmung, 18. Jhr.

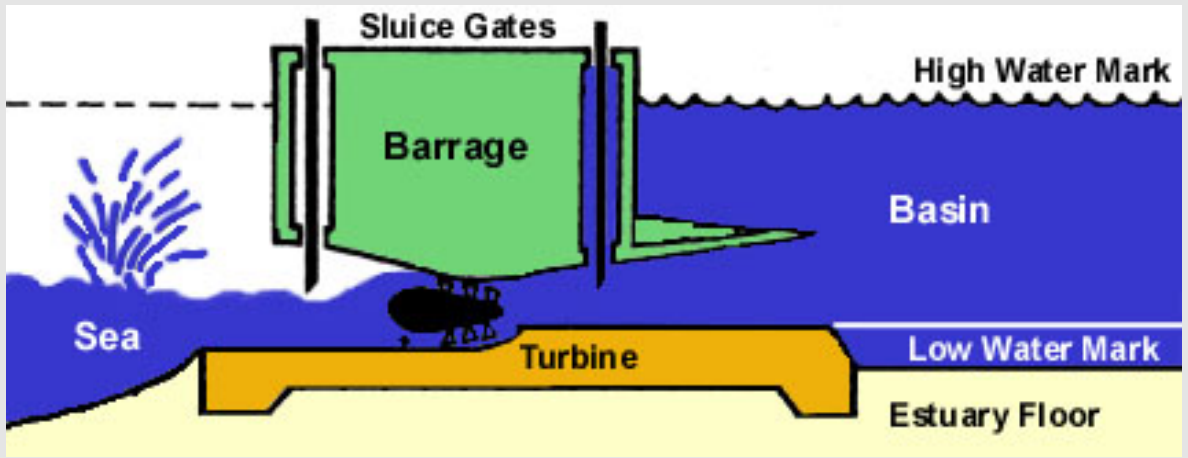
älteste belegte Gezeitenmühle anno 787

Gezeitenkraftwerke: Tidenhub als Fallhöhe

St. Malo, 240 MW
erbaut 1966

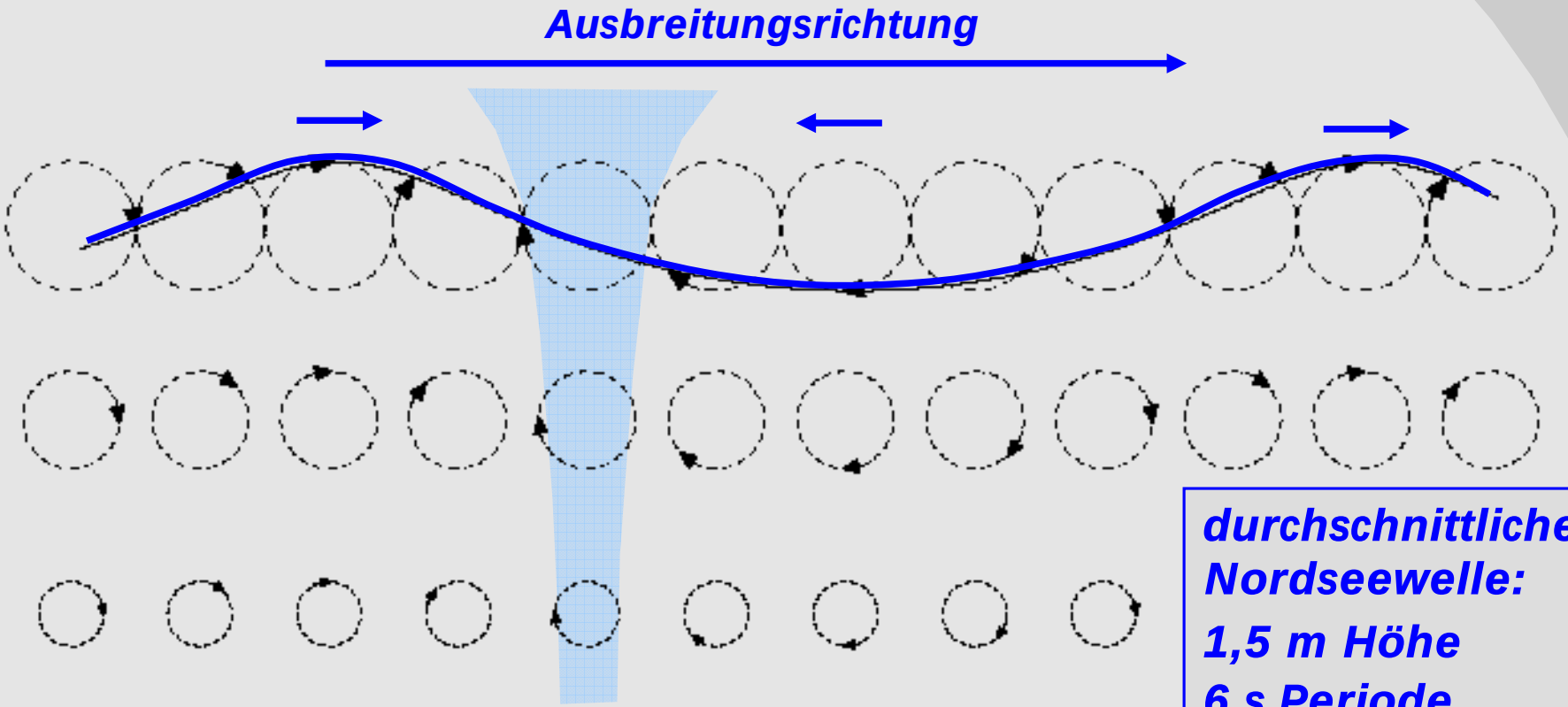


Severn barrage:
8460 MW



Annapolis, Nova Scotia Power, Bay of Fundy, 1984, 20 MW
weltweite Standorte 150 GW, 400 TWh

Wellen

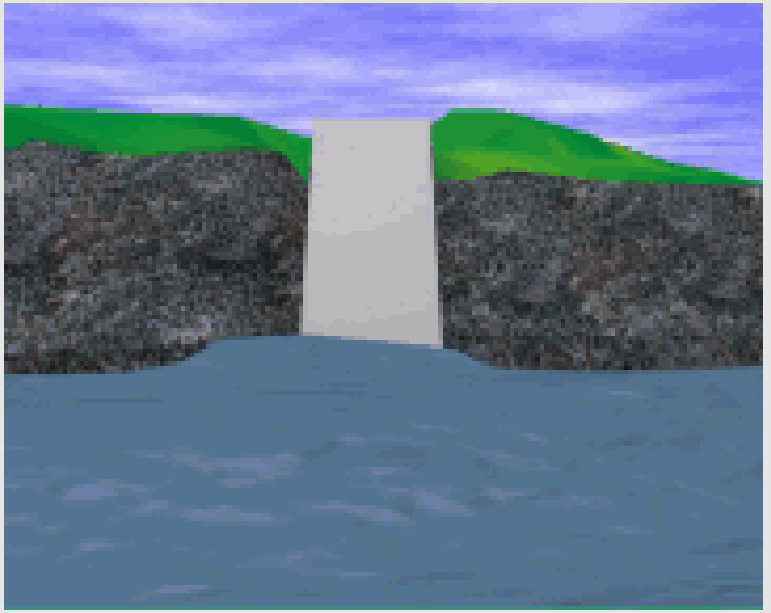


durchschnittliche Nordseewelle:
1,5 m Höhe
6 s Periode
14,4 kW/m

Potenziale
D: 250 km Nordseeküste 3600 MW, 32 TWh
EU15: bis 320 GW, 250-800 TWh
Welt: 2000 TWh

ISET

Wellenenergiewandler: oszillierende Wassersäule (OWC)



2 MW OWC-Anlage,
60 x 40 m², 750 t Stahl
1995 durch Hurricane Felix versenkt

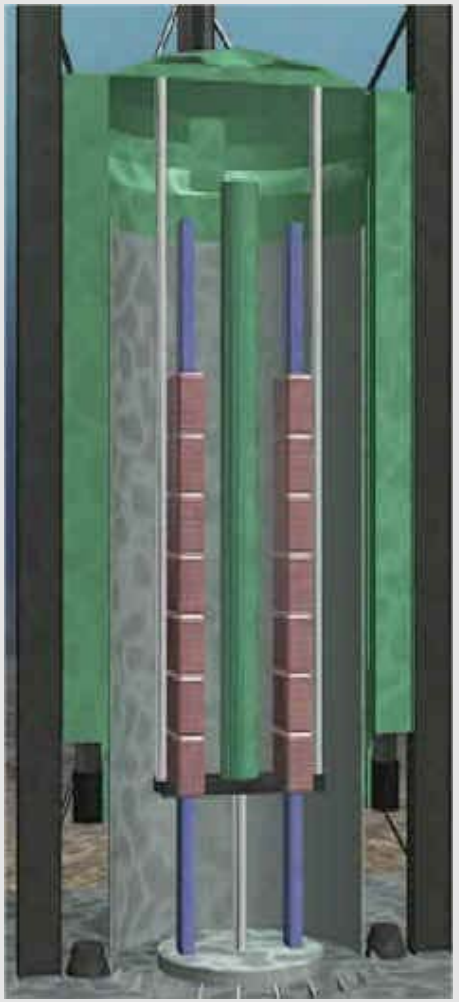
www.wavegen.co.uk
Übernahme durch VoithSiemensHydro in 2005

500 kW Demoanlage seit Beginn 2001 in Schottland in Betrieb

ISET

Archimedes Wave Swing (OWC)

www.waveswing.com



Lineargenerator

erfolgreicher 'Tauchgang' 29.04.04

Beginn der Entwicklung 1994, gescheiterter Tauchversuch der 7000 t Anlage im November 2001, Testläufe seit Sommer 2004

ISET

Wellenenergiewandler: schwimmender Körper

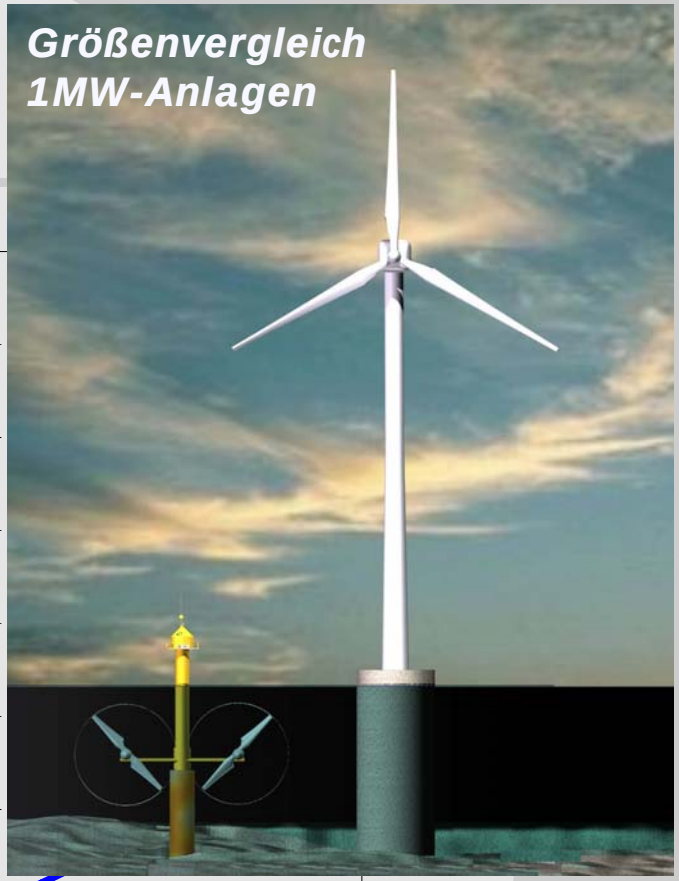
Prototyp
750 kW
bei 55 kW/m
120 m lang
Ø 3,5m
2,7 GWh
bzw. 3600 h

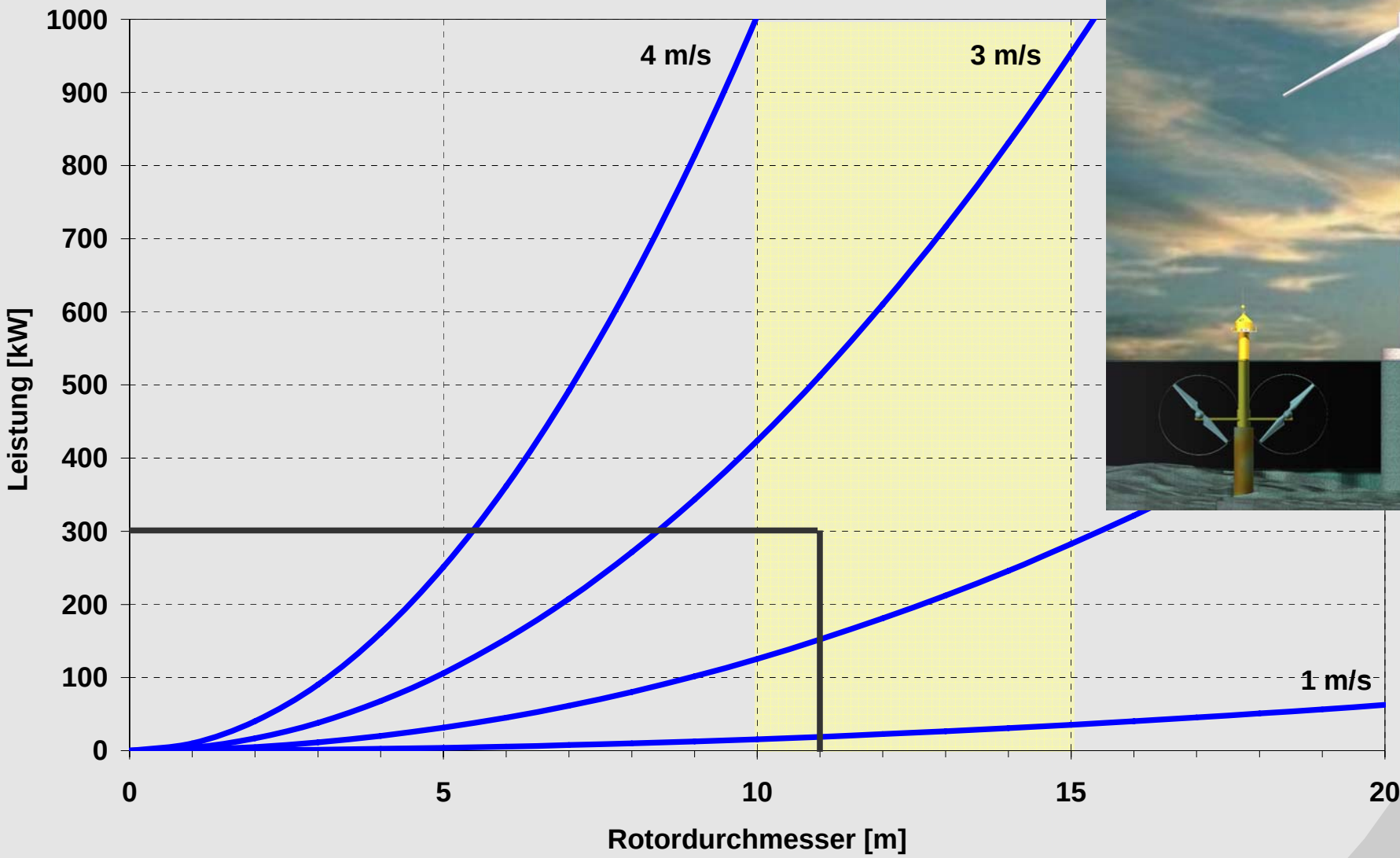
Pelamis, Ocean Power Delivery Ltd. (www.oceanpd.com)

erster Park mit 3 Pelamis P-750 Maschinen, 5 km vor Portugal
Inbetriebnahme 2006, 8 Mio. €. 2,25MW ca. 8 GWh.
Konsortialführung Enersis

ISET

Meeresströmungen – eine neue Energiequelle

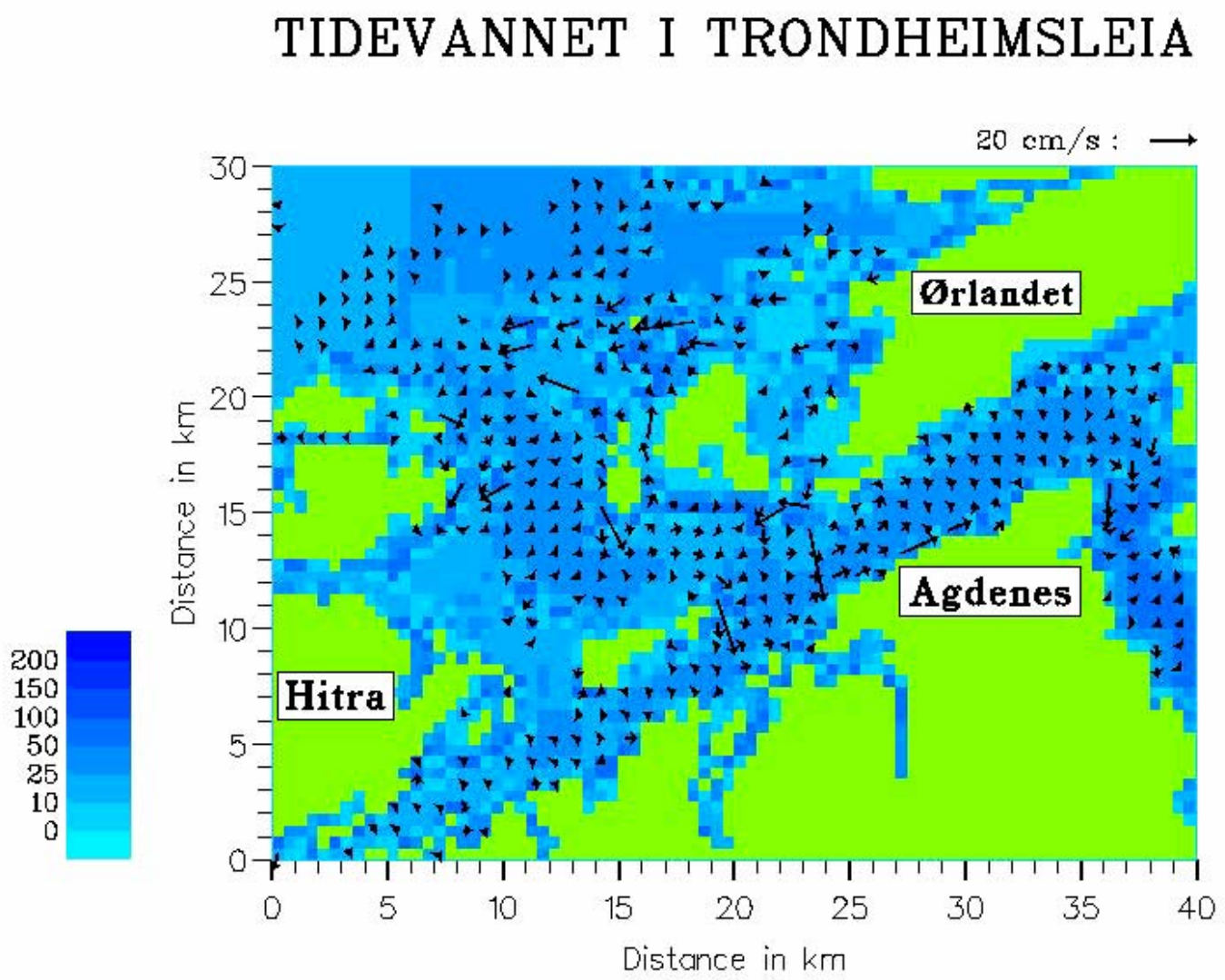




Annahme: 40 % Wirkungsgrad
maximaler Leistungsbeiwert nach Betz: 16/27 bzw. 60%

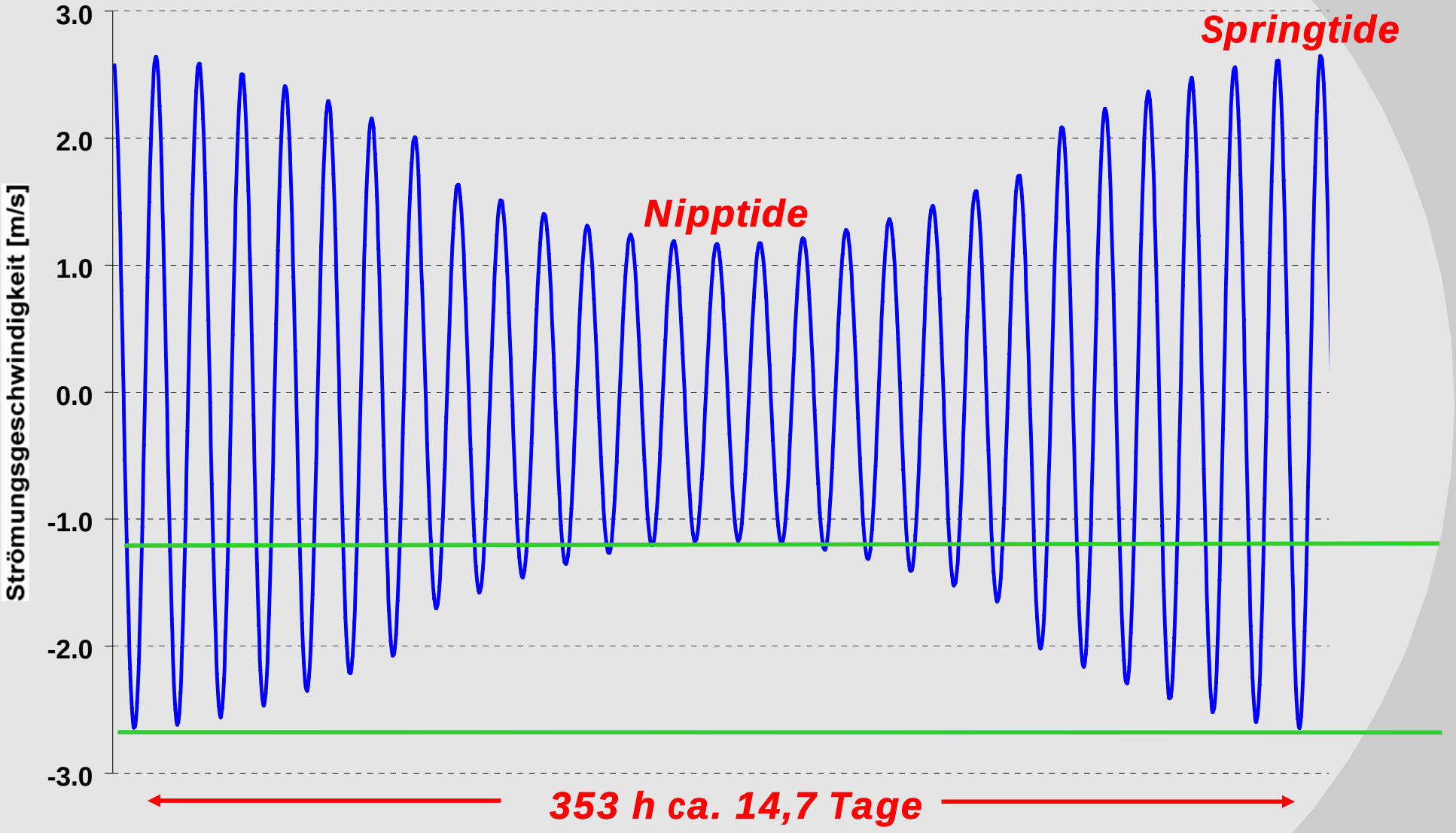
ISET

Gezeiten als wichtigster Strömungsmotor

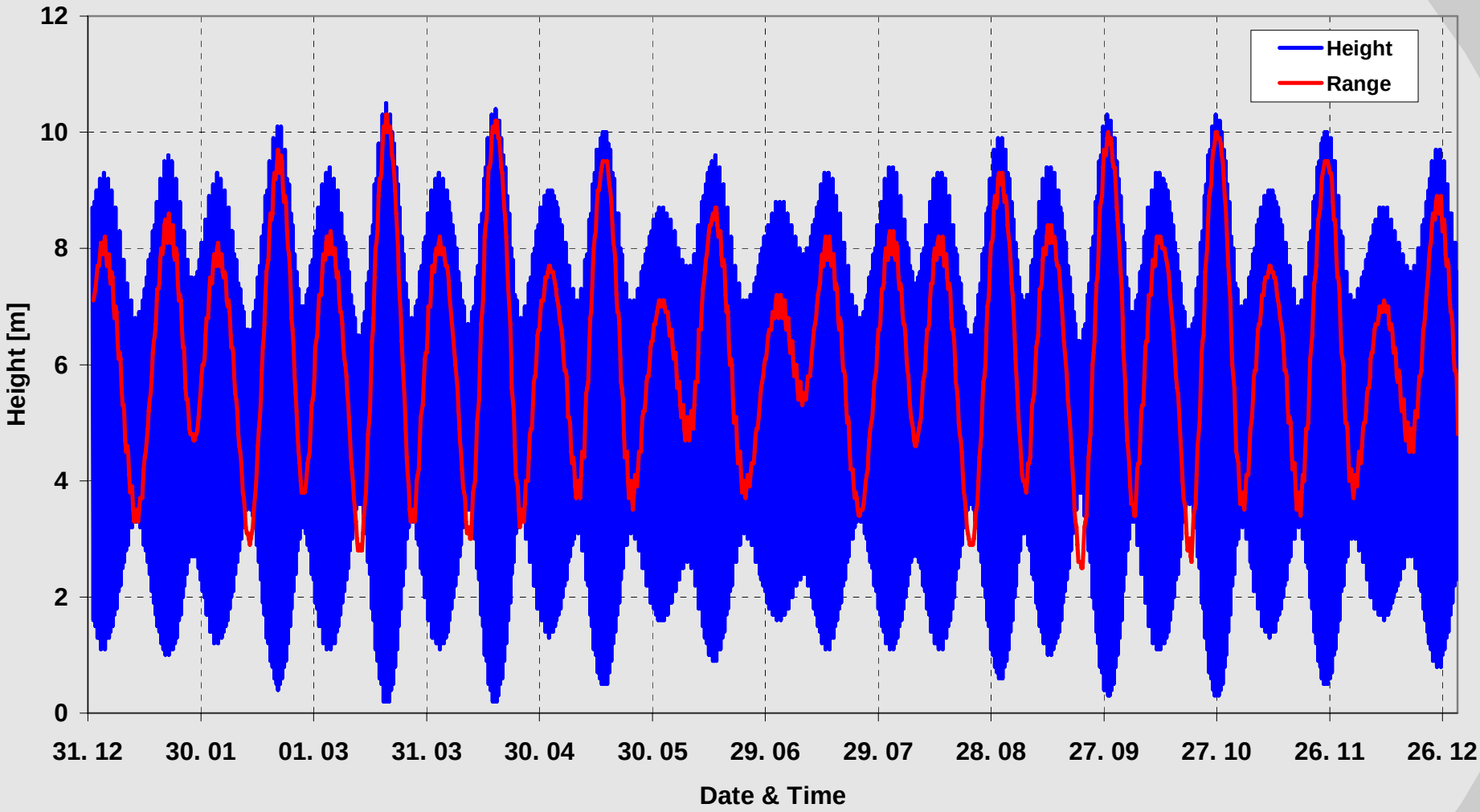


Beispiel für Gezeitenströmungen an der norwegischen Küste

Strömungsverlauf im halbmonatlichen Tidenzyklus



Jahreszeitliche Variation der Tiden



ISET

Potenzialstudie 1994 (EU Project JOU2-CT93-0355)

gesichertes Potenzial der Meeresströmungen in Europa (106 identifizierte Standorte)

→ 48 TWh/a ≈ 12.500 MW

UK Tidal Stream Review ca. 18400 MW

Erhebung zum technischen Potenzial von Meeresströmungen in Britischen Küstengewässern

bekannte Standorte außerhalb Europas

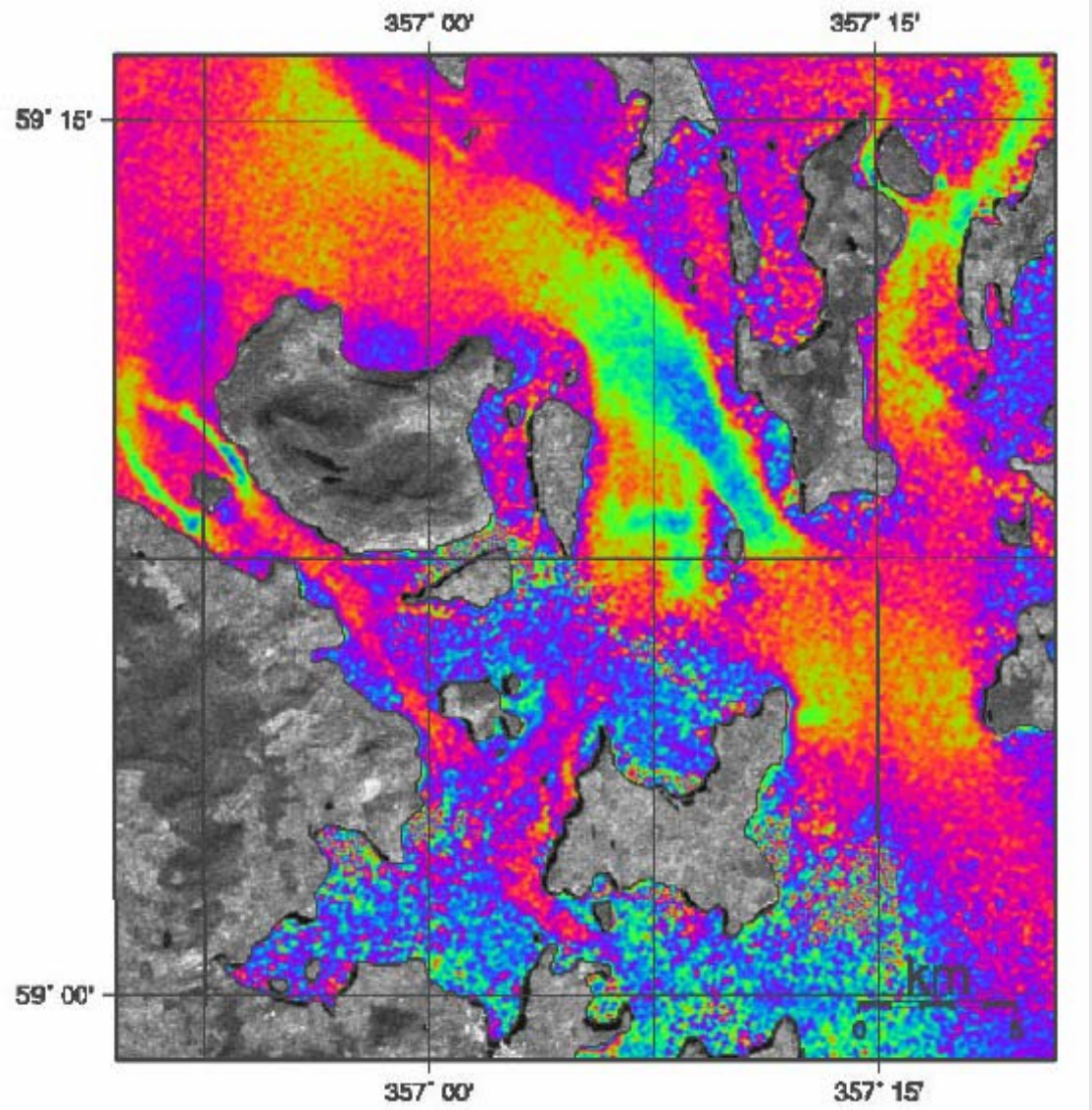
- *Sibulu Meerenge, Philippinen: ca. 70 TWh*
- *Chinesische Küstengewässer: ca. 37 TWh*
- *Alaska: ca. 180 TWh*
- *Atlantikküste USA: ca. 30 TWh*

geschätztes technisches Potenzial: 330 bis 470 GW bzw. 1000-1500 TWh

(5-10% des heutigen globalen Strombedarfs)

ISET

SAR Along Track Interferometry



„velocity maps“
derived by special
InSAR „Ocean- Processor“

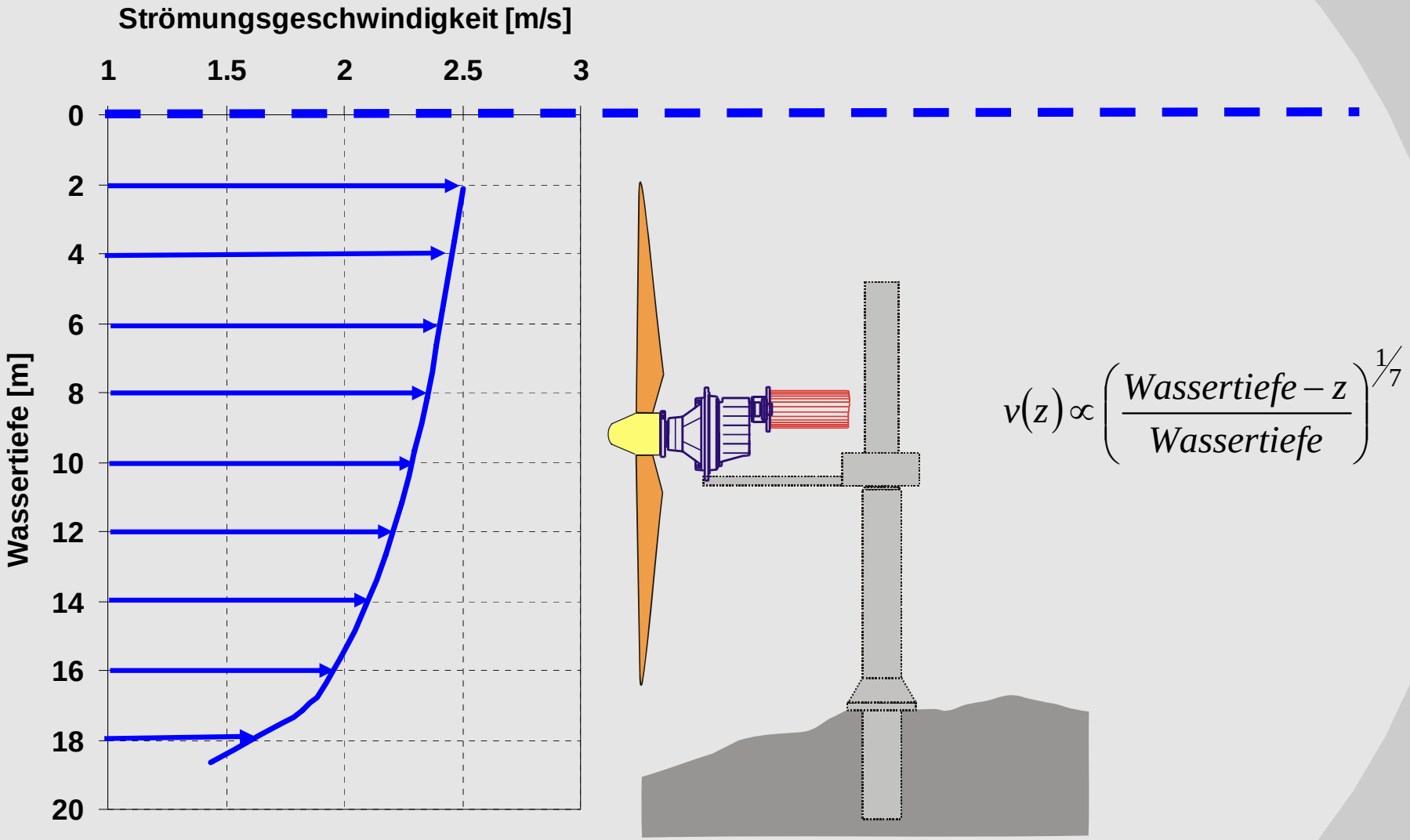
SRTM –data
Orkney islands
DLR, Oberpfaffenhofen

TerraSAR:
possibility of world wide
surface current maps

Abb.: DLR-Oberpfaffenhofen

ISET

Tiefenprofil von Meeresströmungen



$$v(z) \propto \left(\frac{Wassertiefe - z}{Wassertiefe} \right)^{1/7}$$

Kleine Strömungsturbinen mit Mantel

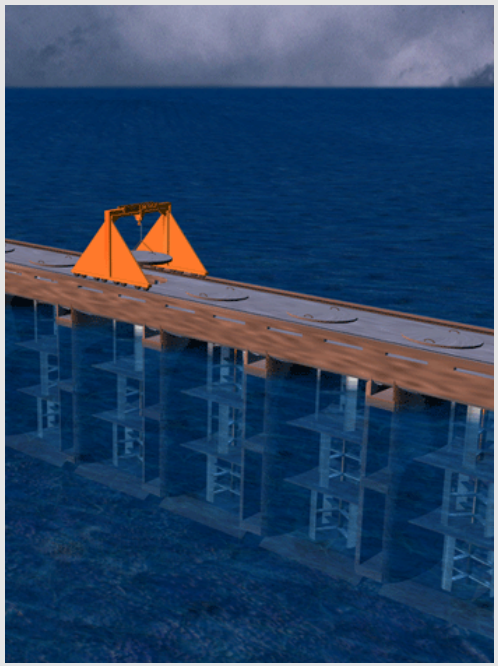
Tocardo Aqua75 free flow turbine
Teamwork Technology, NL

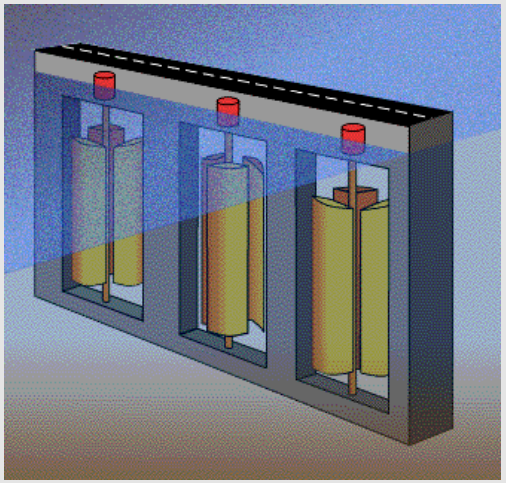
Aquacharger, Amazonas

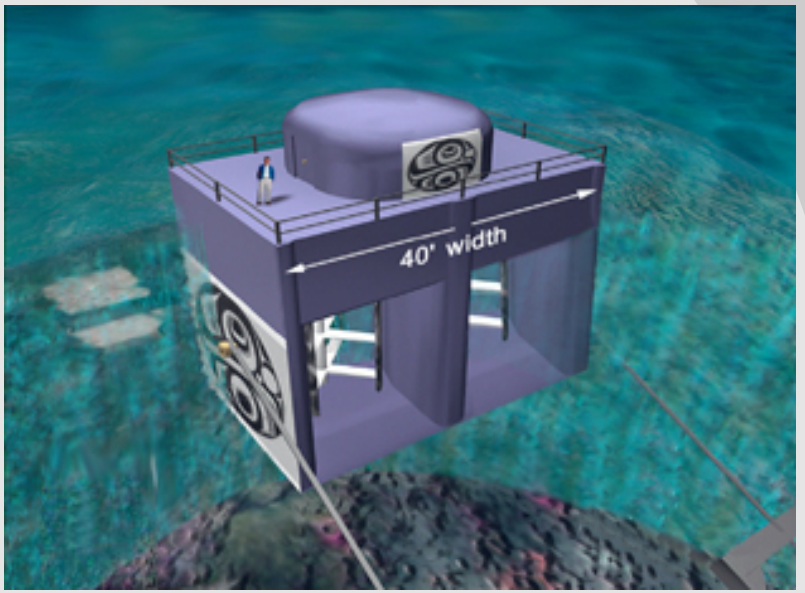
Underwater Electric Kite Corp.

ISET

Strömungsbarriere: tidal barrage, tidal fence







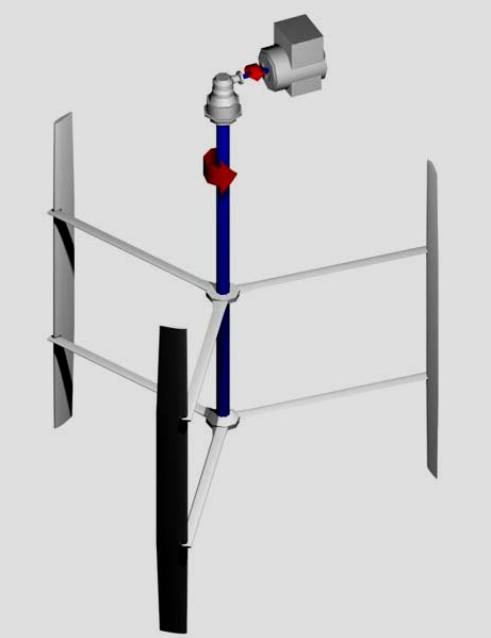
Blue Energy Canada: 70 kW realisiert, 500 kW in Planung
Projektpläne auf Orkney Inseln „Scapa Flow tidal barriers“
50 MW, 6-8 Knoten vor Errichtung der Bauwerke

ISET

Versuchsanlagen mit frei umströmten Rotor

ISET

The „Enermar“ project, Strait of Messina, 2002



„Kobold“
turbine

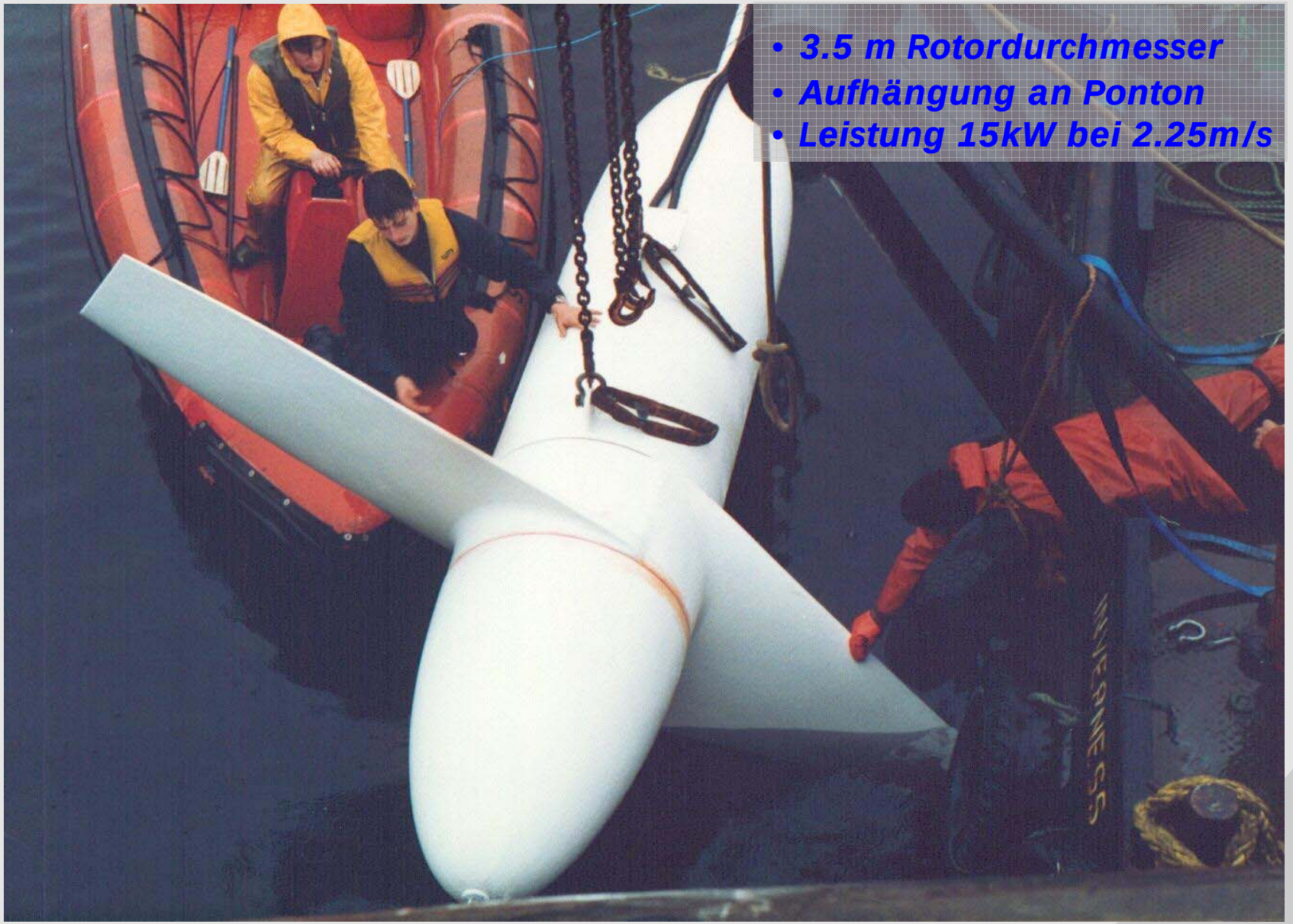
130 kW pilot system
6 m diameter, 5 m high

www.pontediarchimede.com

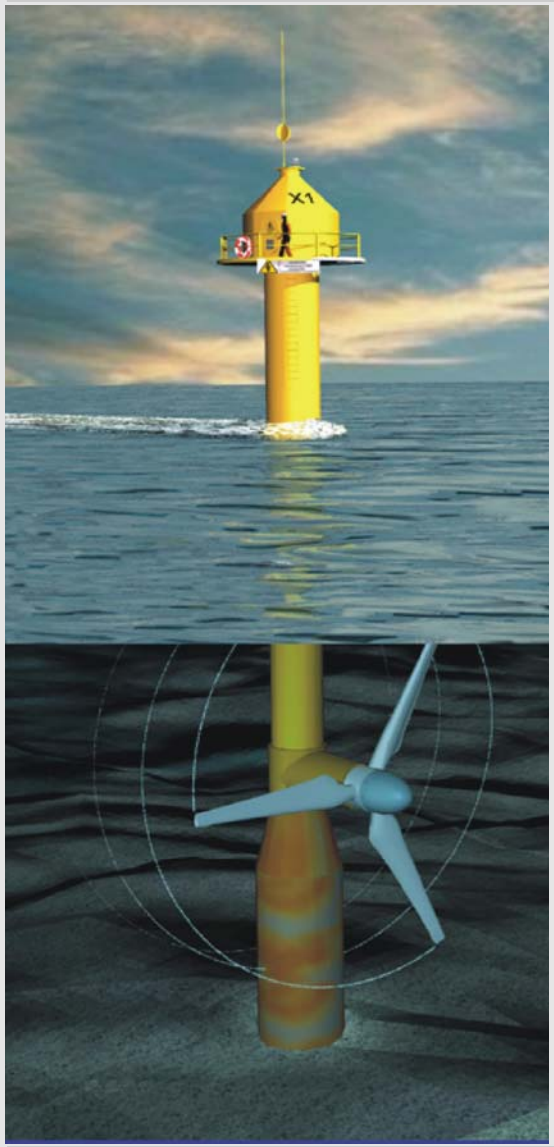
ISET

Vorgeschichte: 10kw Proof of Concept

Partner: ITPower, Scottish Nuclear and NEL
Laufzeit: 1992-1994, **Standort:** Loch Linnhe, Scotland



SEAFLOW Meeresströmungsturbine

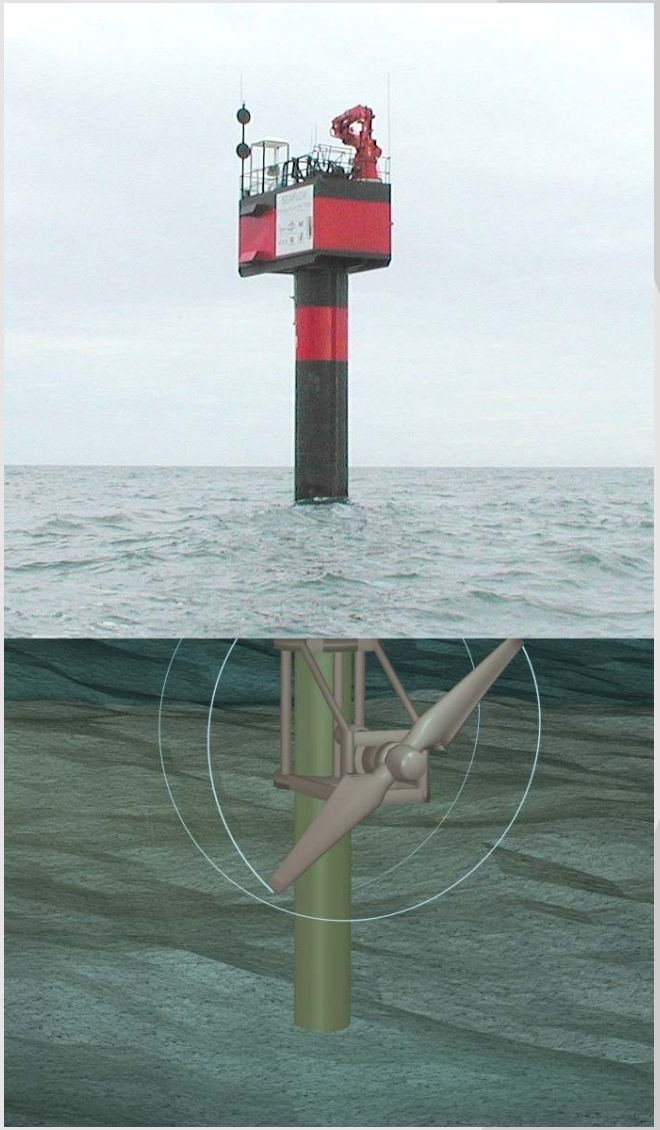


Rotordurchmesser 11 m
Nabentiefe ca. 15 m

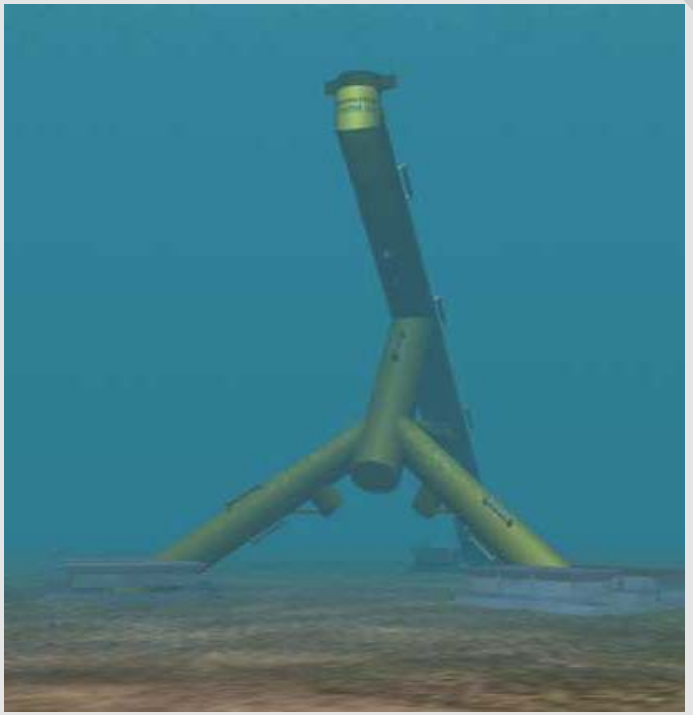
Nennleistung 300 kW
bei 2,7 m/s

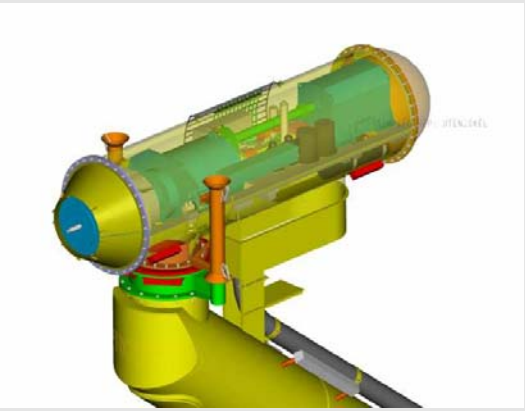
Drehzahl ca. 15 U/min

Blattverstellung
drehzahlvariabel
Rotorlift

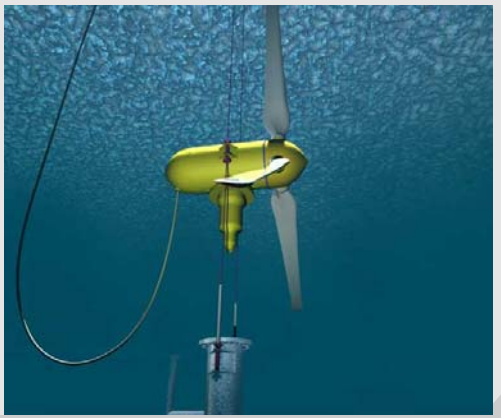


The Blue Concept, Hammerfest, Norway





- 300 kW
- 20 m rotor
- hydraulic pitch
- dry nacelle
- completely submerged



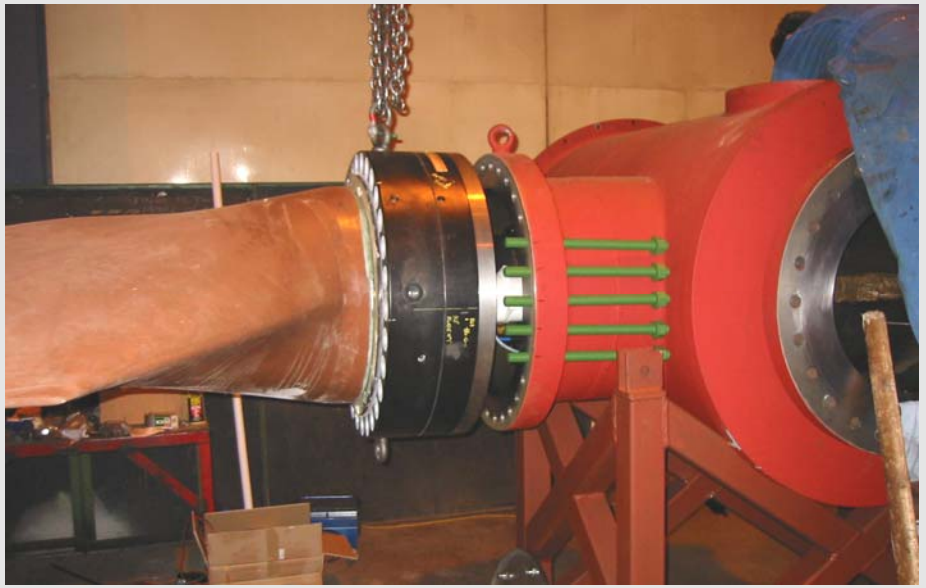
ISET

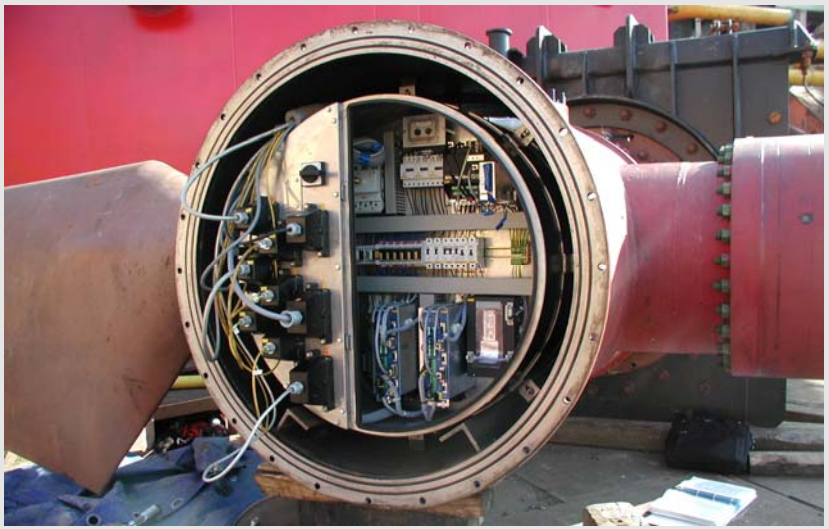
Installation in 2003 in the Kvalsund

first operation 23.09.2003

ISET

Montage des Rotors, Bendalls Engineering, Carlisle

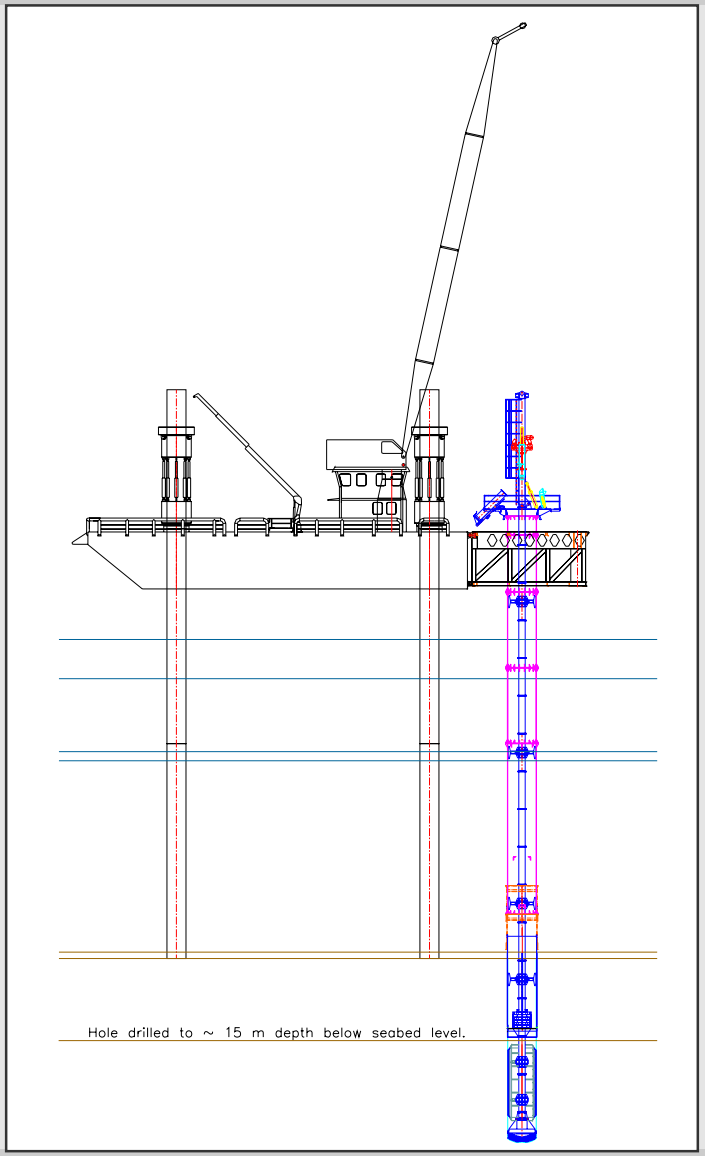




Anflanschen der Blätter an die Nabe mit Lagerung, Dichtung und Antrieben. Einbau der Steuerelektronik in die Nabe.

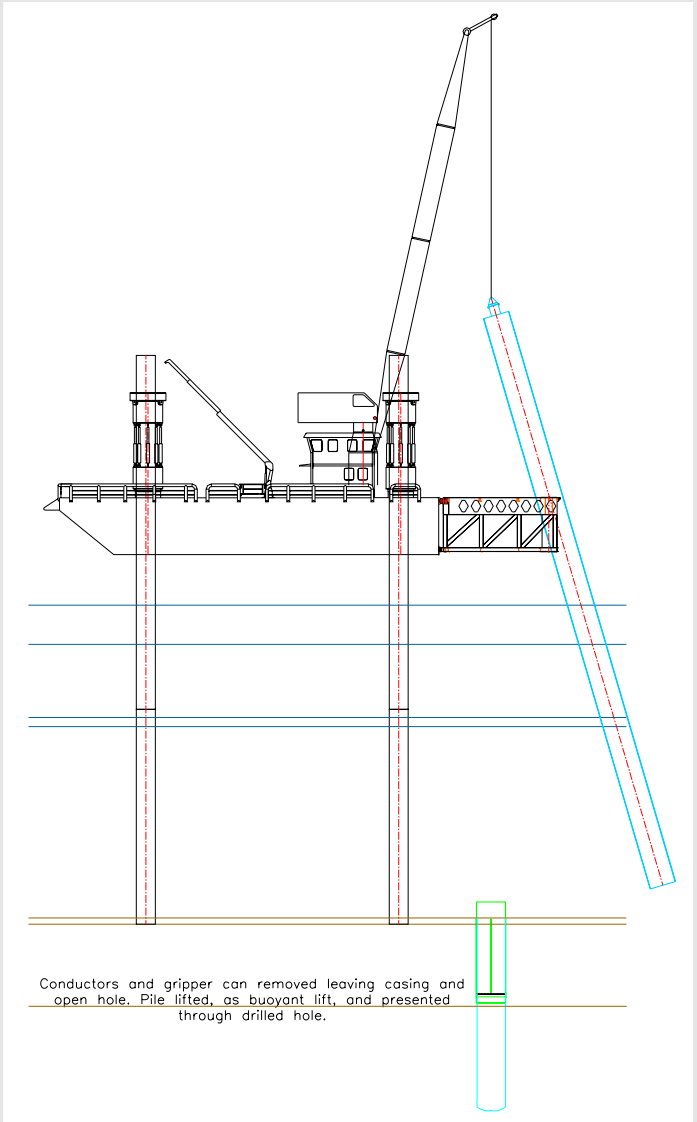
ISET

Beginn der Installation der Anlage durch SEACORE, Mai 2003

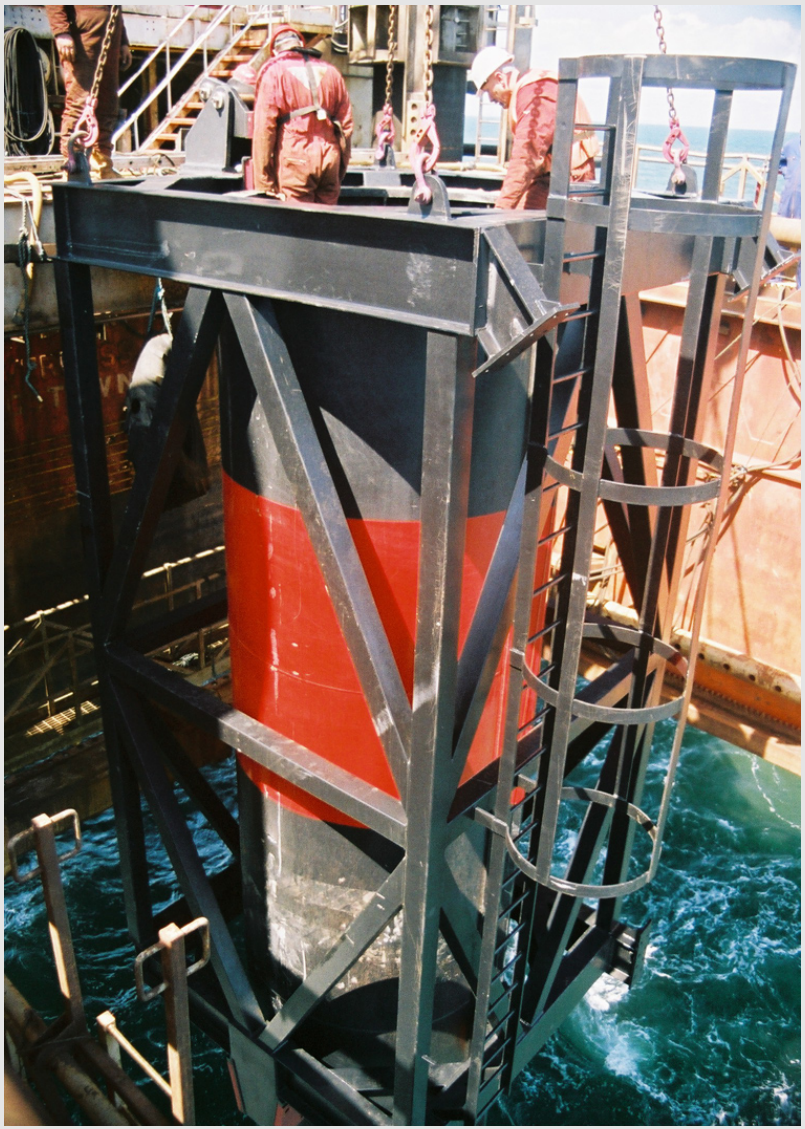


Bohrung für die Fundamentierung des Turmes

Montage des Turmes

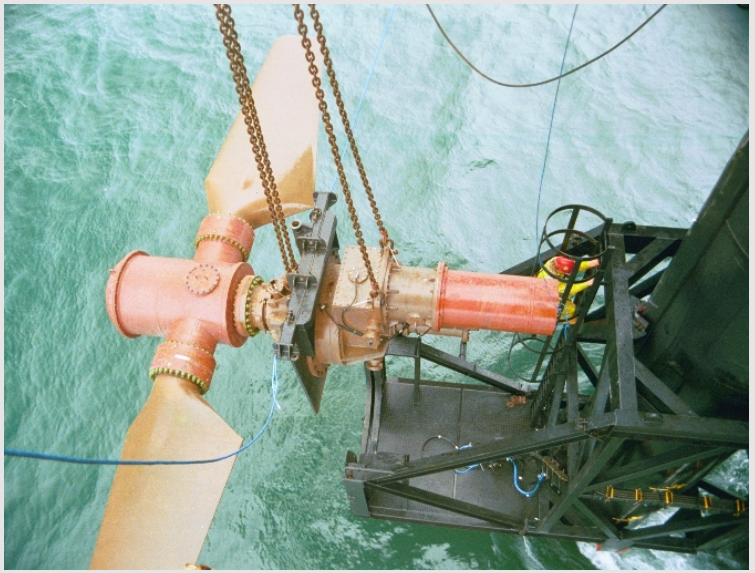


Montage von Rotorlift und Betriebsraum



ISET

Montage des Triebstrangs



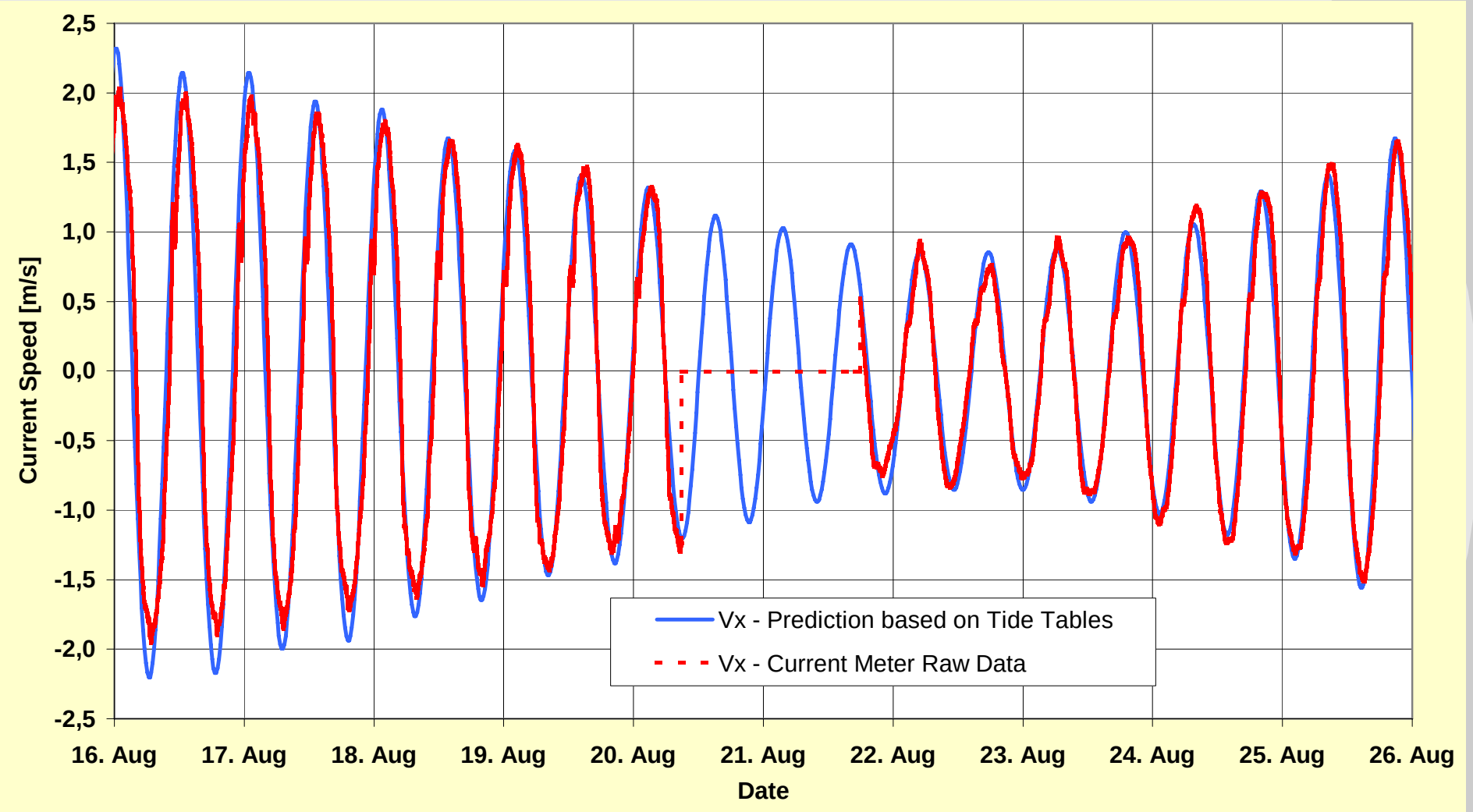
Funktionstest mit „geparkter“ Bohrplattform

ISET

Fertigstellung und Inbetriebnahme, Juni 2003

Ansicht Richtung Süden

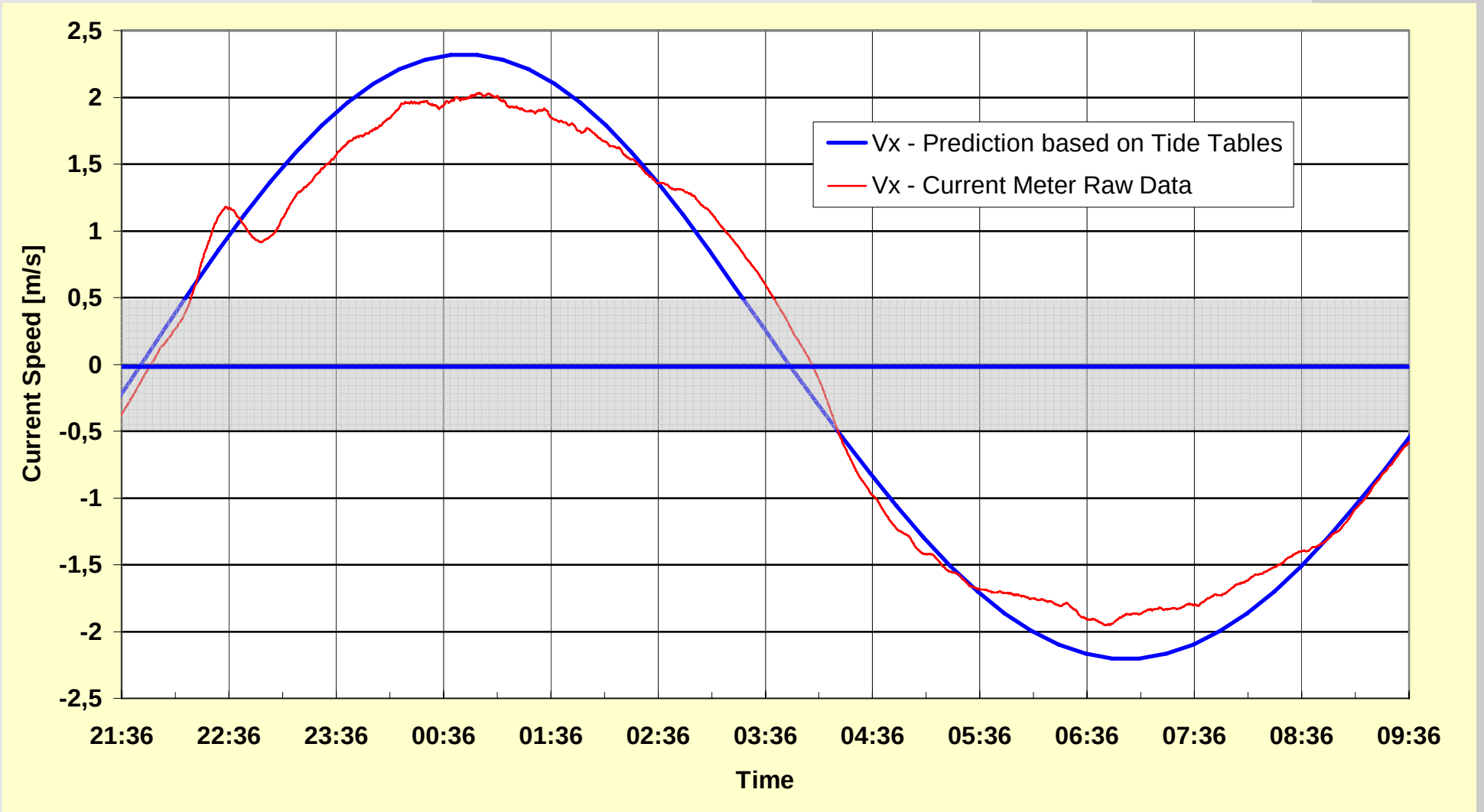
Vorläufige Messergebnisse aus dem Testbetrieb



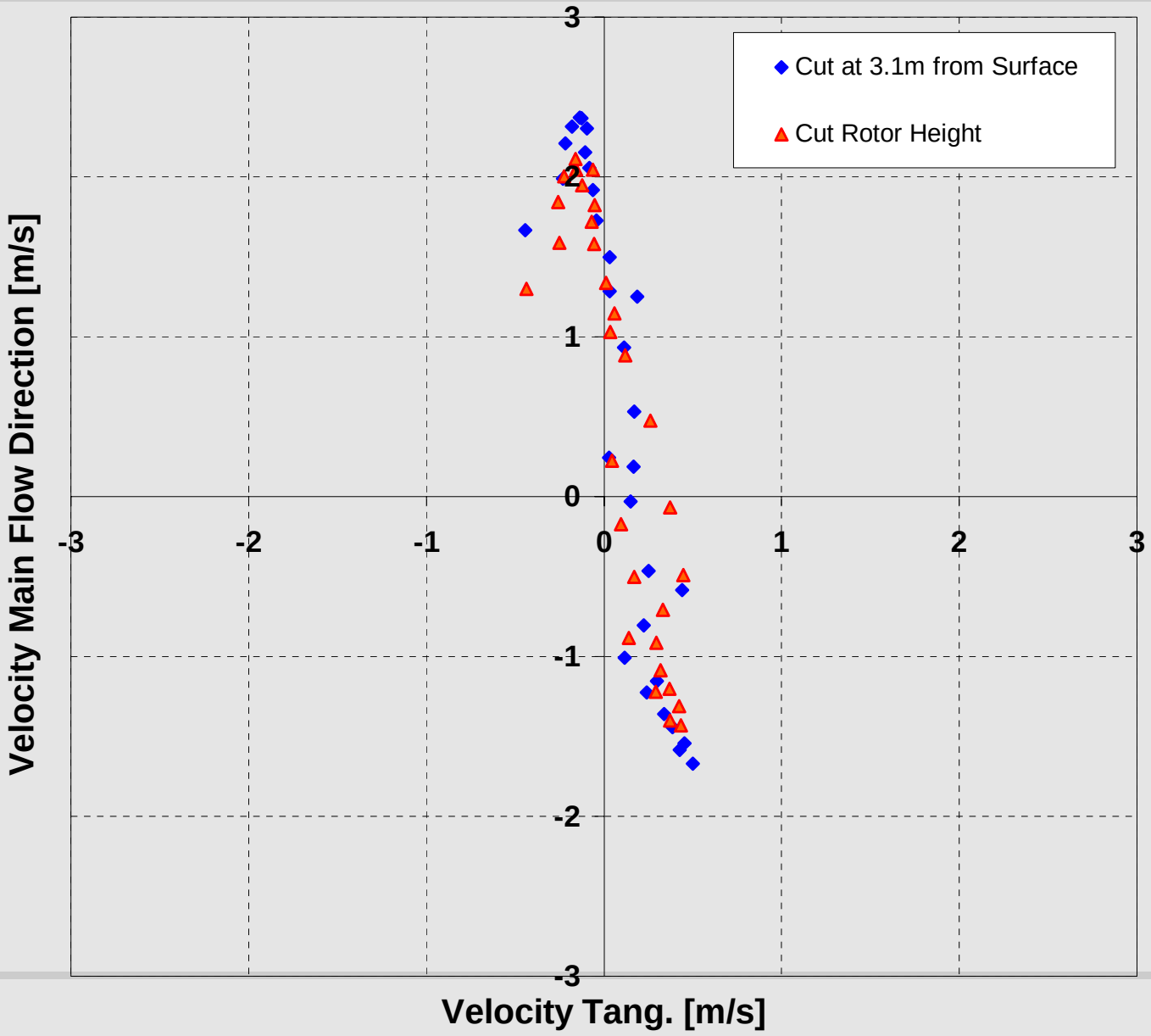
Vergleich Strömungsmessung und Vorhersage

ISET

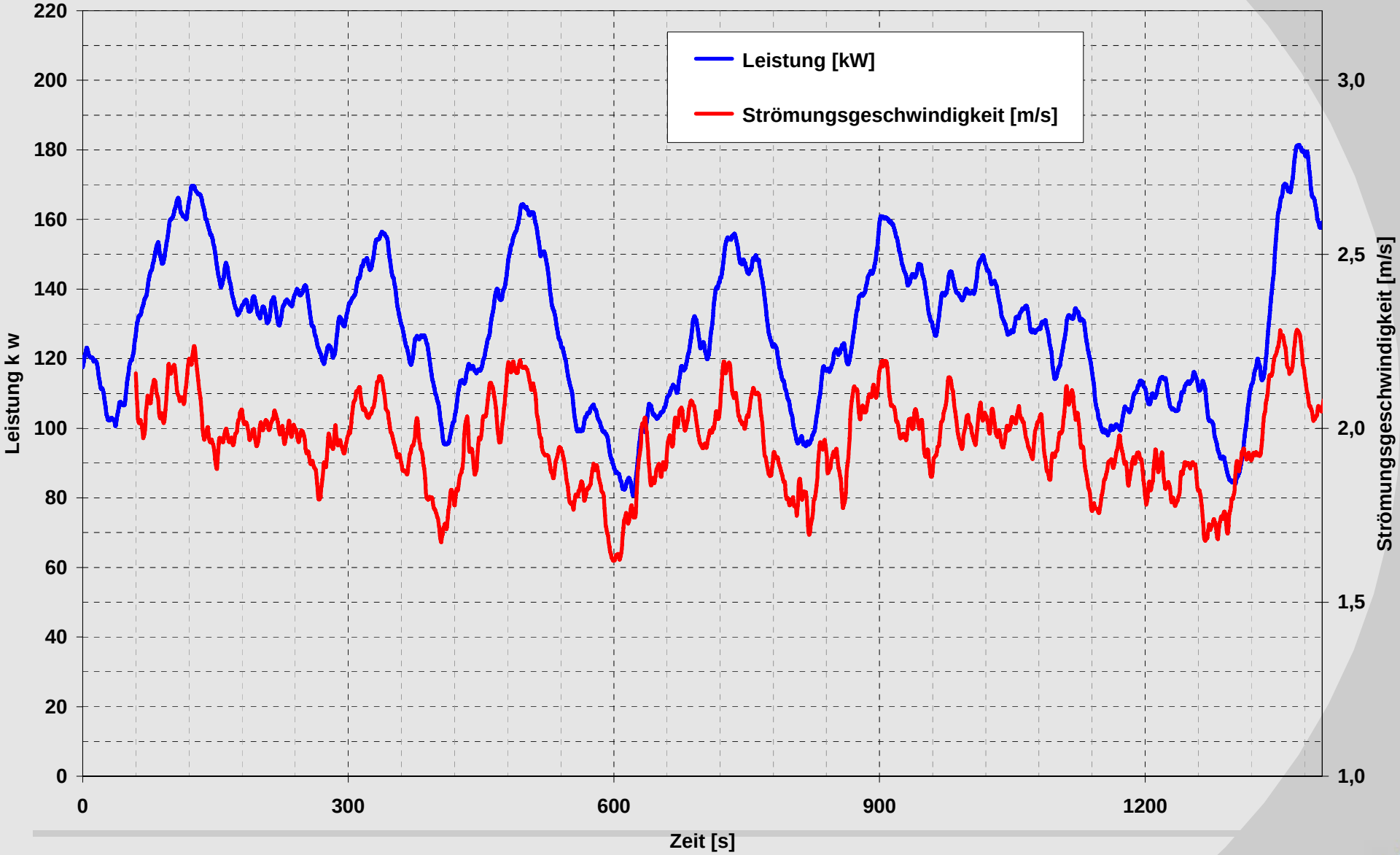
Vorläufige Messergebnisse aus dem Testbetrieb



Strömungsrichtungen während eines Tidezyklus (Schnitt bei 3.1m Wassertiefe und in Nabentiefe)

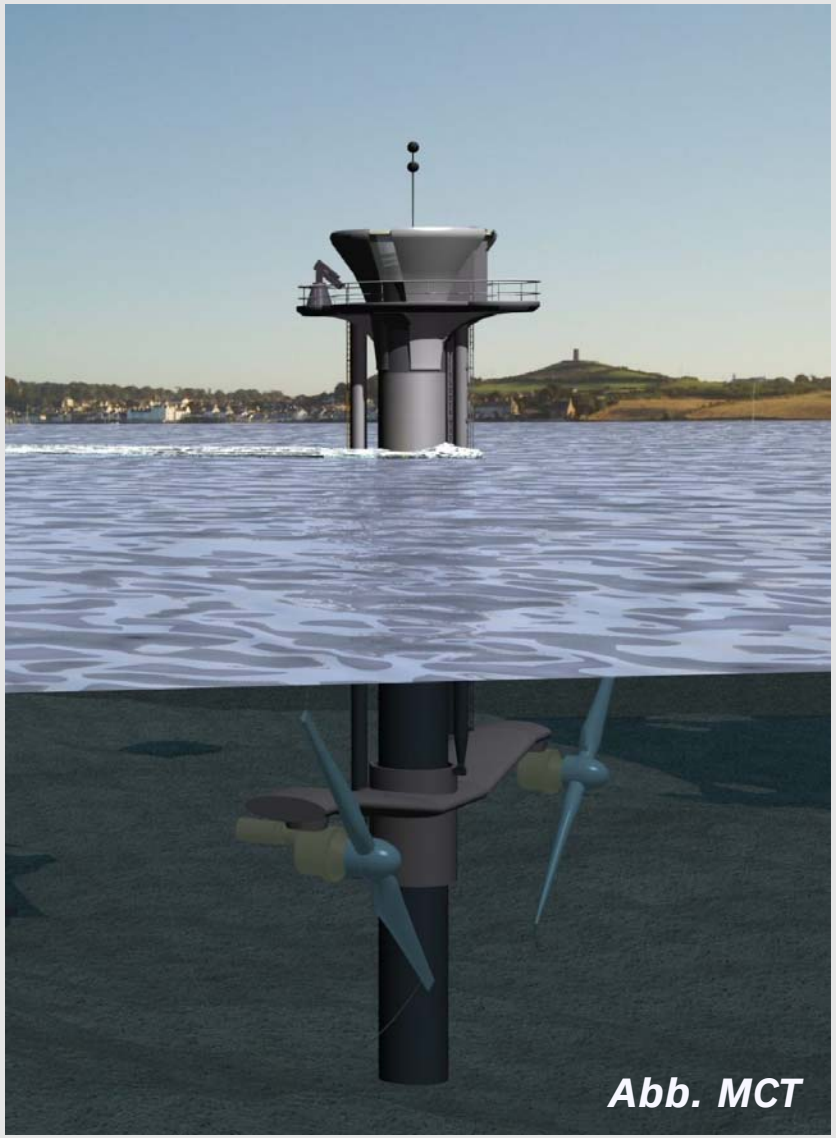


Messergebnisse aus dem Testbetrieb



ISET

Nächste Generation: 1 MW Doppelrotoranlage



Photomontage am geplanten Standort
Strangford, Nordirland

Prototyp für kommerzielle Anlagen
2 Rotoren mit je 500 kW

Netzeinspeisung ca. 3500 MWh/a
vgl. Offshore Windenergie

Erster Park mit bis zu 10 Anlagen
geplant ab 2007

Deutsche Beteiligung aus Industrie und Forschung

Förderung durch das BMU

ISET

Zusammenfassung

- *weltweite technische Potenziale aus Meeresenergie sind erheblich*
- *möglicher Beitrag*
  - *zum künftigen Ausbau erneuerbarer Energien*
  - *zum Klimaschutz durch Reduktion des Abbaus fossiler Ressourcen*
  - *zur nachhaltigen Energieversorgung in Europa und weltweit*
- *bisher noch keine Marktfähigkeit erreicht*
- *große Kostenreduktionspotenziale bisheriger Projekte*
- *weitere technologische Entwicklung notwendig*
- *Exporttechnologie für den europäischen und weltweiten Markt*

1. Deutsches Meeresenergieforum, ICC Berlin, 18.01.2006
Clean Energy Power, www.energie-server.de, www.iset.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

ISET