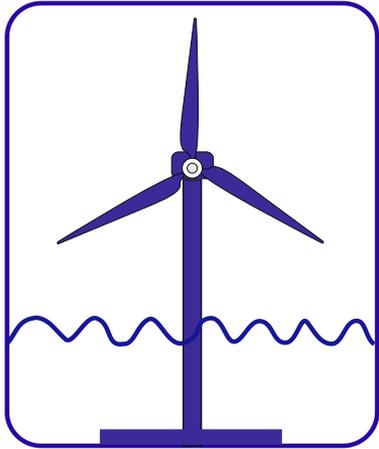
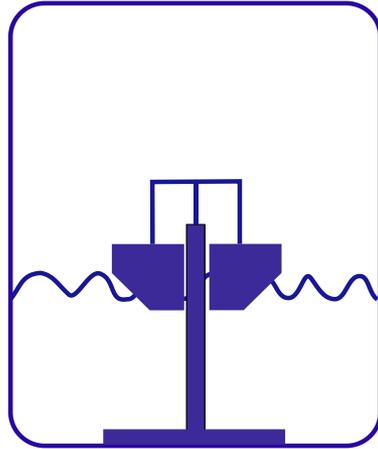


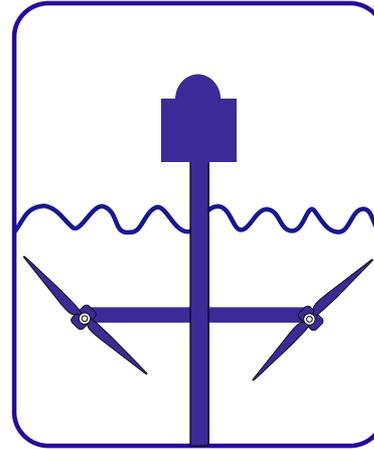
# Erneuerbare Offshore Energien



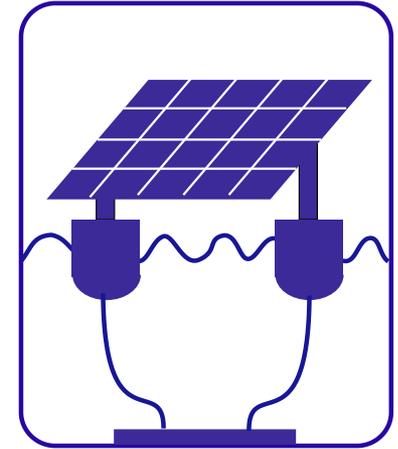
**Wind**



**Welle**



**Strömung**



**Sonne**

*Prof. Dr.-Ing. Christian Keindorf  
M. Eng. Andreas Glaß  
Dipl.-Ing. Hartmut Kaschner*

# Campus der FH Kiel



Von Lasse Hänert - not published in any book, website or other publication, CC BY-SA 4.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=85755523>

# Fachbereiche der FH Kiel

ca. 8'000 Studierende

ca. 1'600 Studienanfänger\*innen pro Jahr

ca. 35 Bachelor- und Masterstudiengänge

Informatik  
und Elektrotechnik

Agrarwirtschaft

Soziale Arbeit  
und Gesundheit



**FACHHOCHSCHULE KIEL**  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Medien

Wirtschaft

Maschinenwesen

Stand: WiSe 2018/2019

# Auswahl technischer Studiengänge

## Bachelor - Studiengänge

- Elektrotechnik
- Mechatronik
- Maschinenbau
- Erneuerbare Offshore Energien
- Schiffbau und maritime Technik
- Wirtschaftsinformatik
- Medieningenieur
- Bauingenieurwesen
- ...

## Master – Studiengänge

- Agrarmanagement
- Technische Betriebswirtschaft
- Elektrische Technologien
- Information Engineering
- Industrial Engineering
- Maschinenbau
- Schiffbau und maritime Technik
- Wind Engineering (in Koop.)
- ...

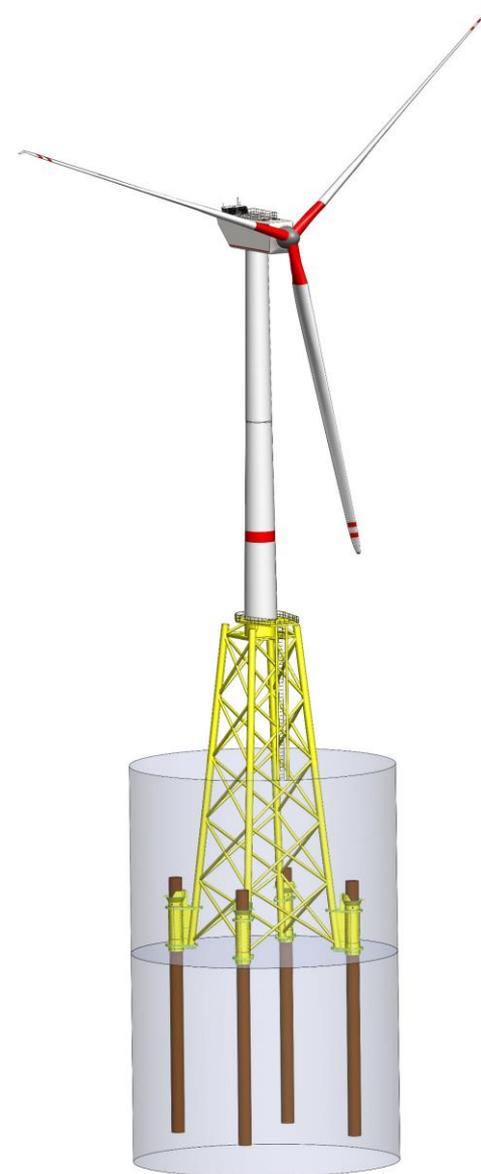
# Erneuerbare Offshore Energien (EOE)

Regelstudienzeit	3 Jahre
Leistungspunkte	180 LP
Vorpraktikum	Ja (12 Wochen)
Zulassung	bis 15.07.
Studienaufnahme	Wintersemester
Studienabschluss	Bachelor of Engineering
Studienplätze	40 + X

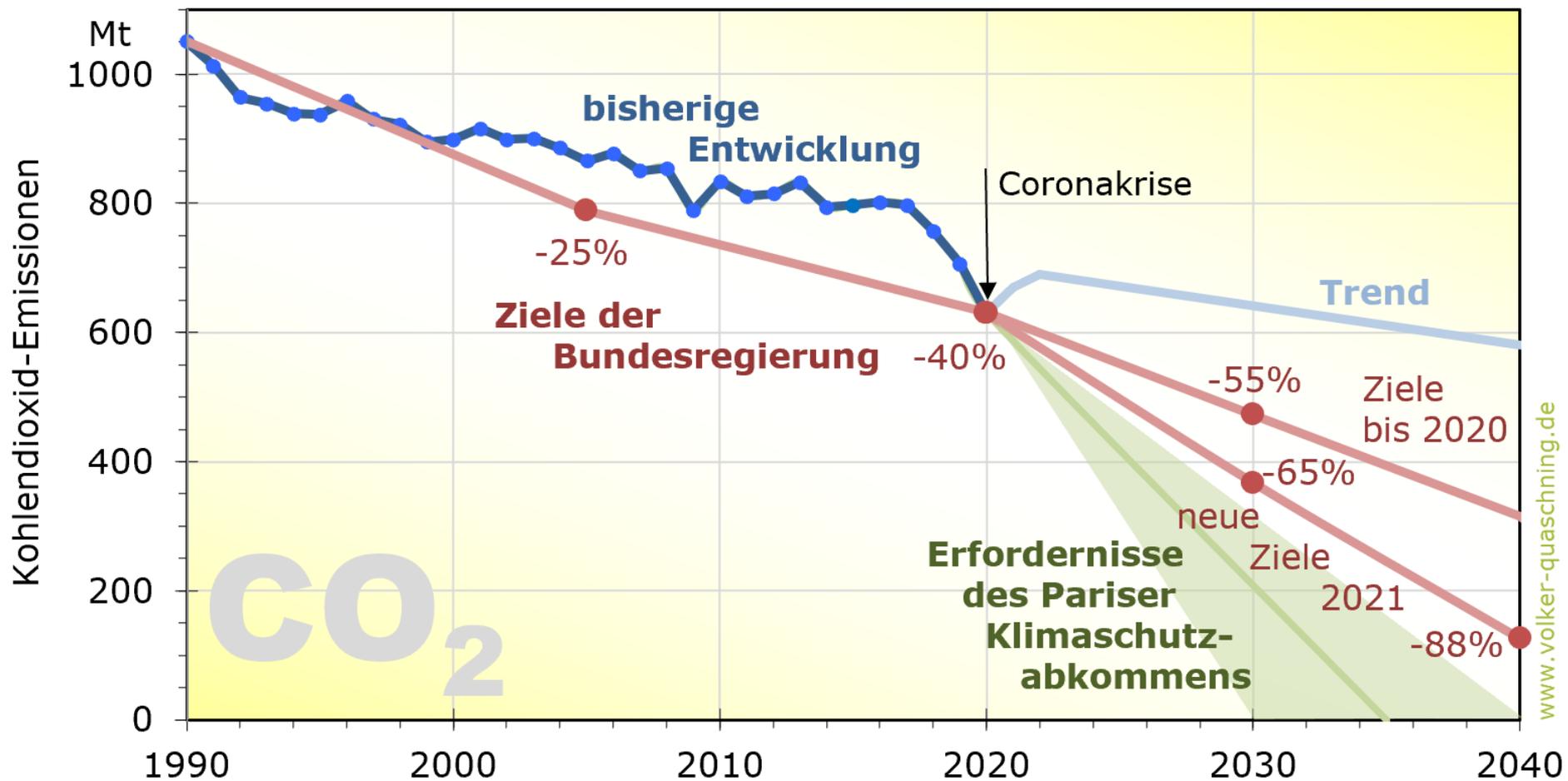
Weitere Infos finden Sie unter:

**Web:** [www.fh-kiel.de/eoe](http://www.fh-kiel.de/eoe)

**Mail:** [eoefh@fh-kiel.de](mailto:eoefh@fh-kiel.de)



# CO<sub>2</sub> Emissionen in Deutschland



www.volker-quaschnig.de

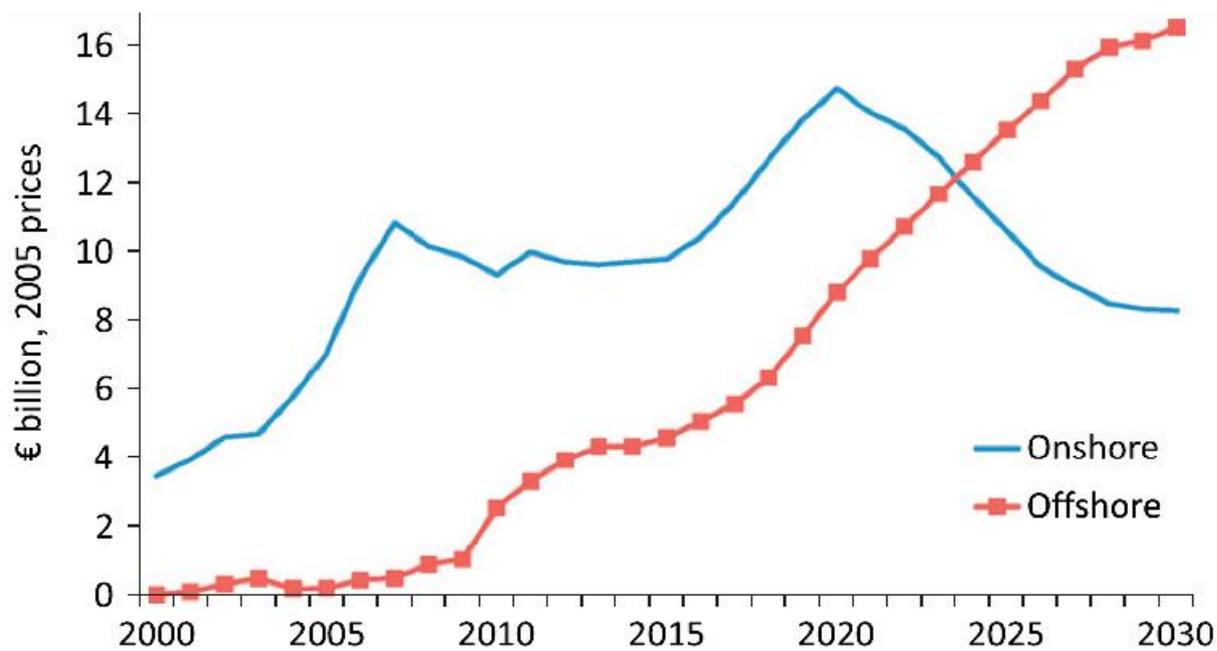




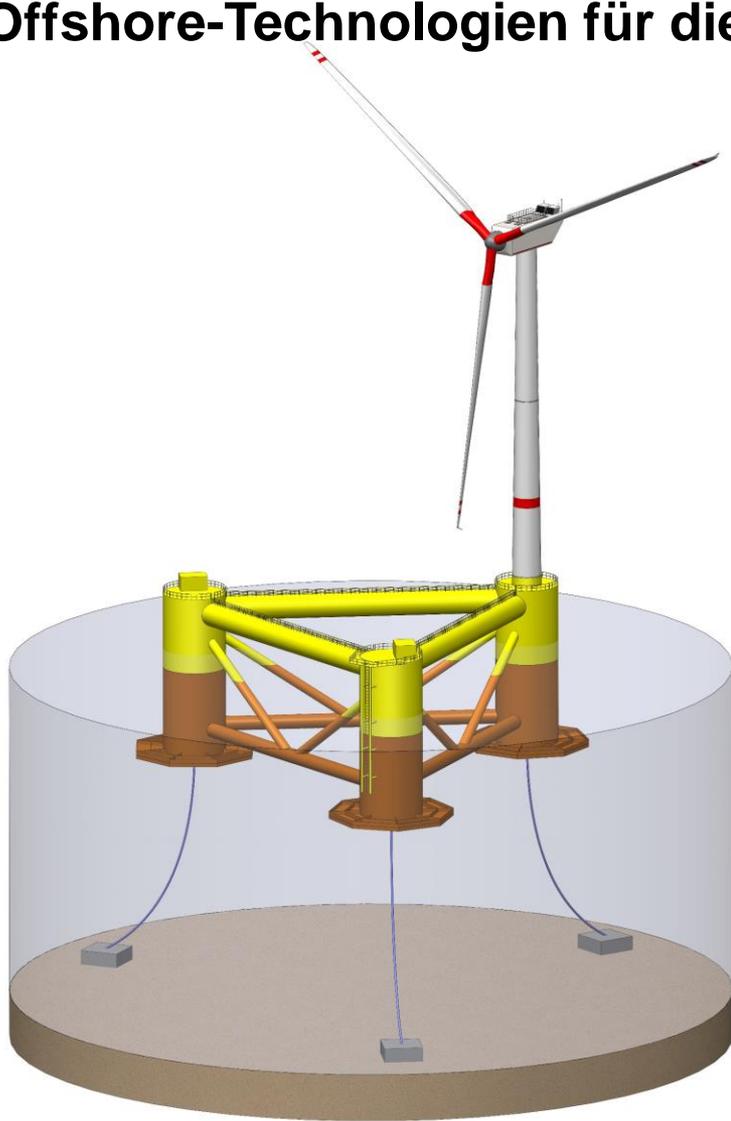
# Green Deal

## EU strebt 300 GW Offshore-Windenergie und 40 GW Meeresenergie bis 2050 an

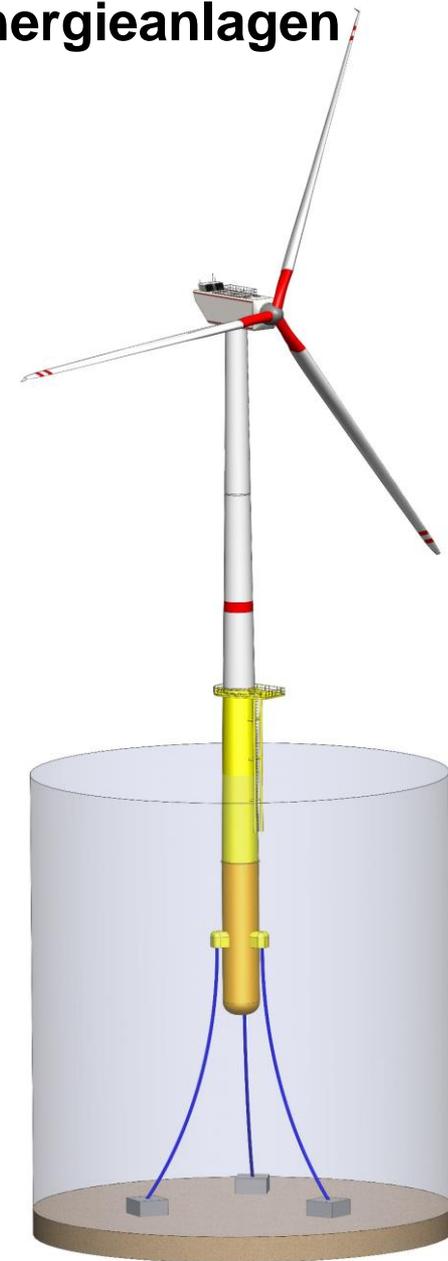
Mit Blick auf das EU-Ziel der Klimaneutralität bis 2050 hat die EU eine Strategie für erneuerbare Offshore-Energie entwickelt. Darin schlägt sie vor, die Offshore-Windenergiekapazität Europas bis 2050 auf 300 GW auszubauen. Die Kommission strebt ferner an, dies bis 2050 noch durch 40 GW an Meeresenergie sowie durch Energie, die mit anderen neuen Technologien wie z.B. schwimmenden Solaranlagen erzeugt wird, zu ergänzen. [IWR-online, 19.11.2020]



# Offshore-Technologien für die Zukunft – Windenergieanlagen



schwimmende Windenergieanlage

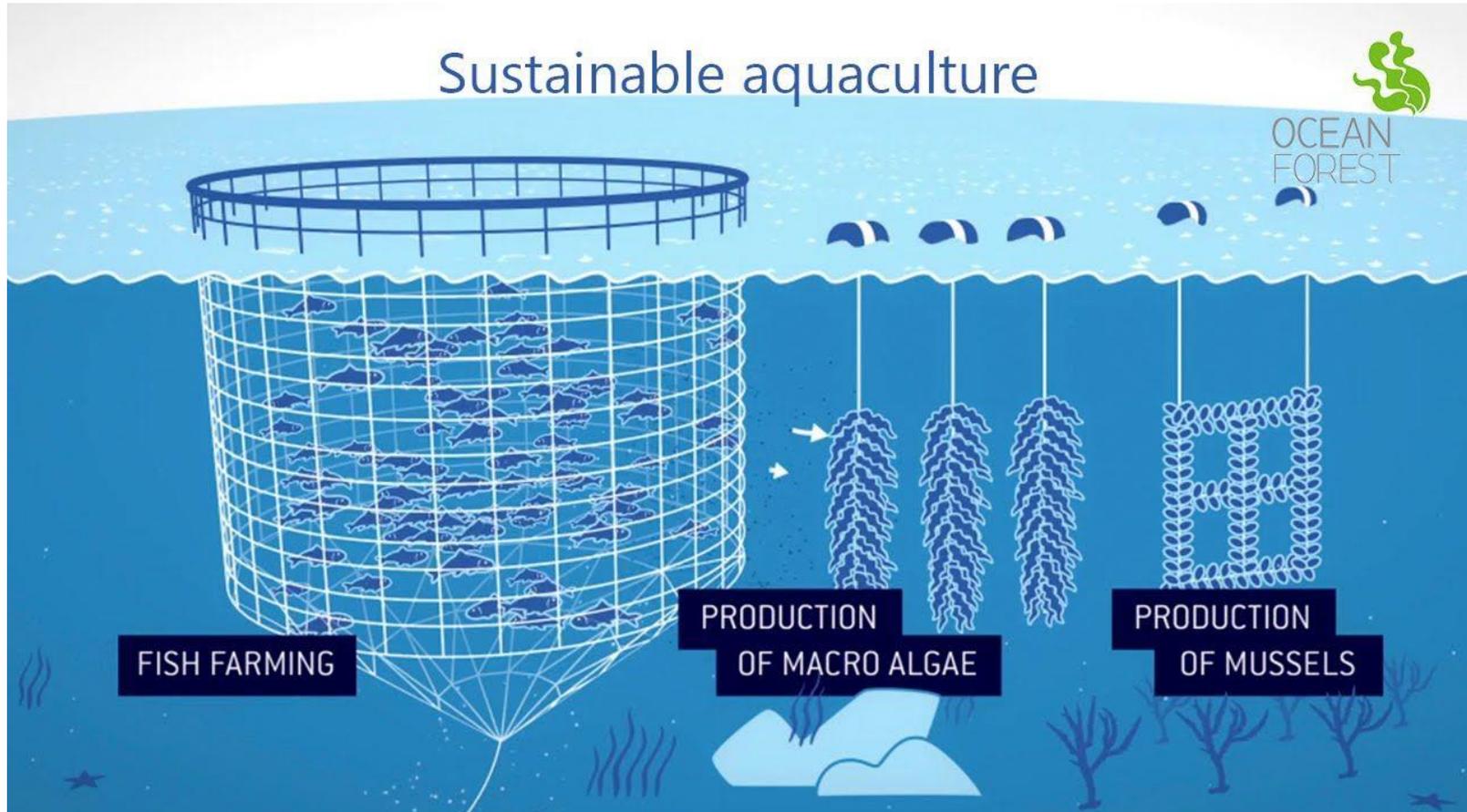


# Offshore-Technologien für die Zukunft - Photovoltaik

[© Tractebel]

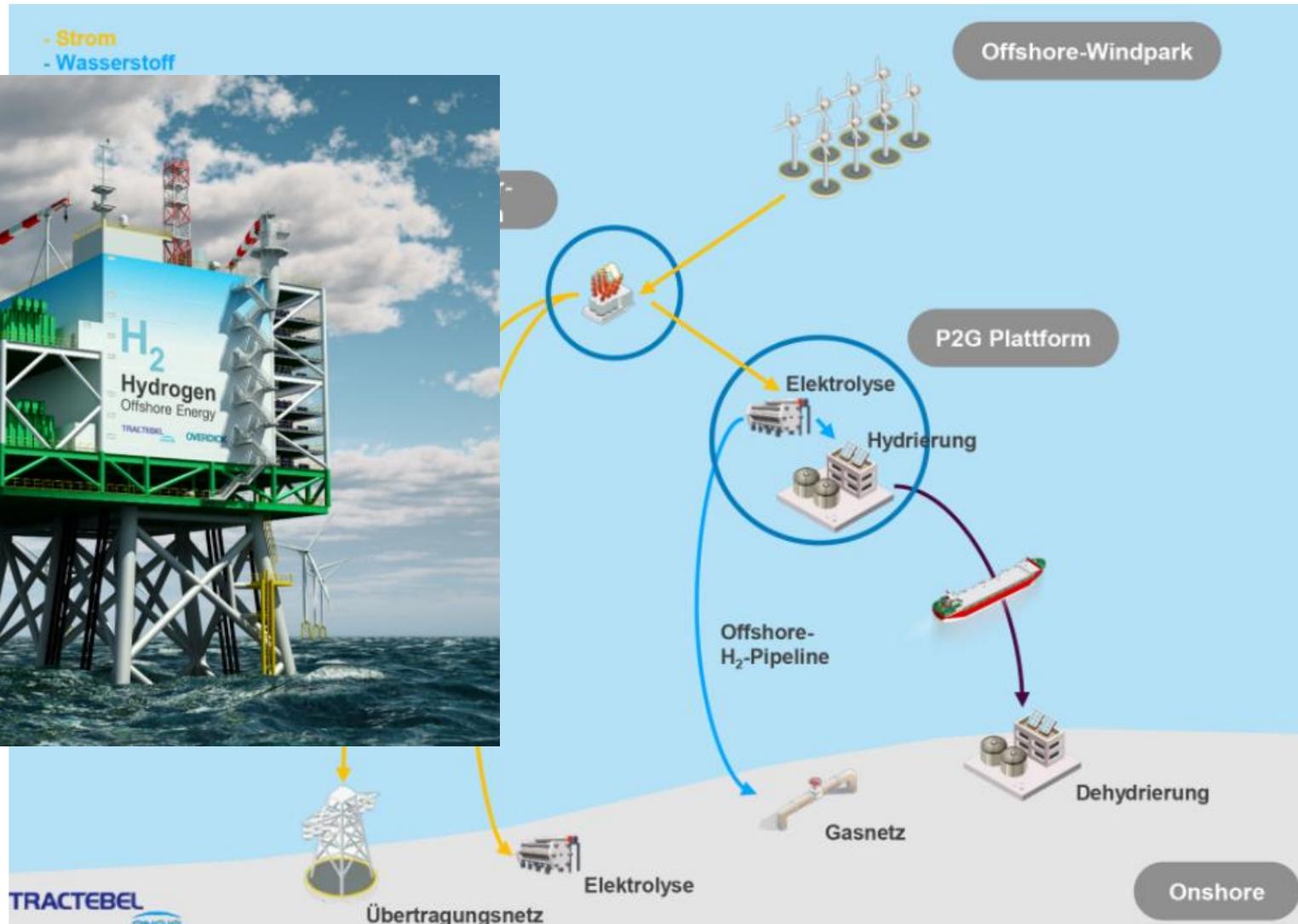


# Offshore-Technologien für die Zukunft - Aquafarming



Aqua-Farming  
(Nahrung für die Weltbevölkerung)

# Offshore-Technologien für die Zukunft – grüner Wasserstoff



[© Tractebel]

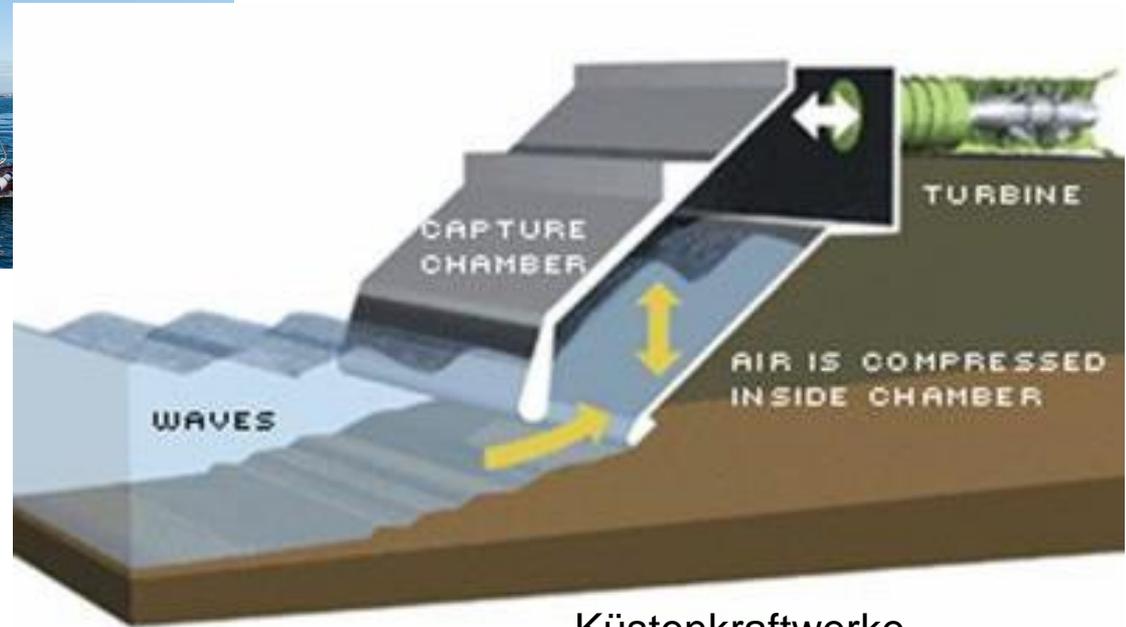
Produktionsanlagen und Logistik für grünen Wasserstoff



# Offshore-Technologien für die Zukunft – Strömungs-/ Gezeitenkraftwerke



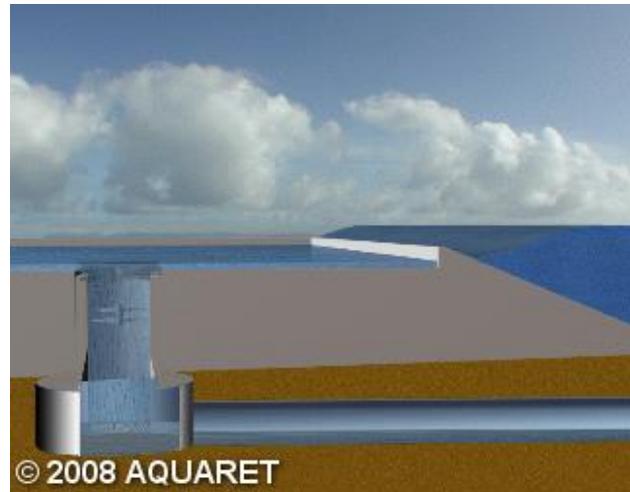
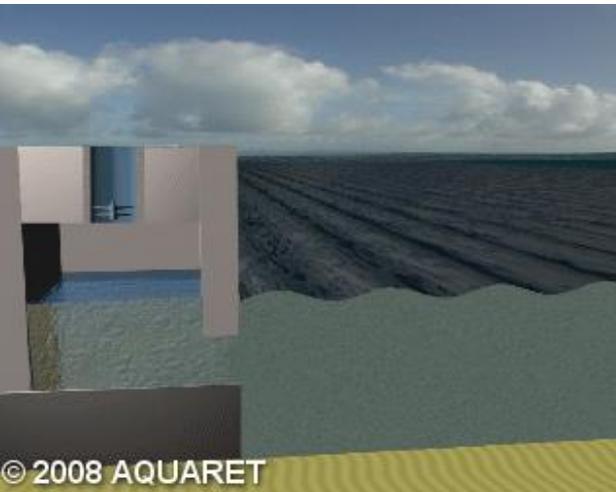
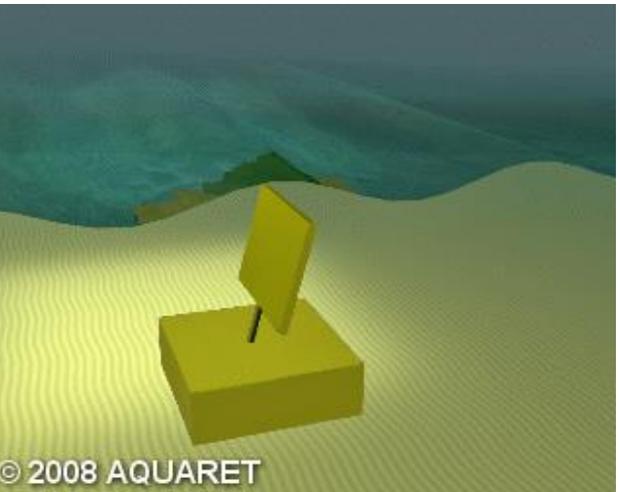
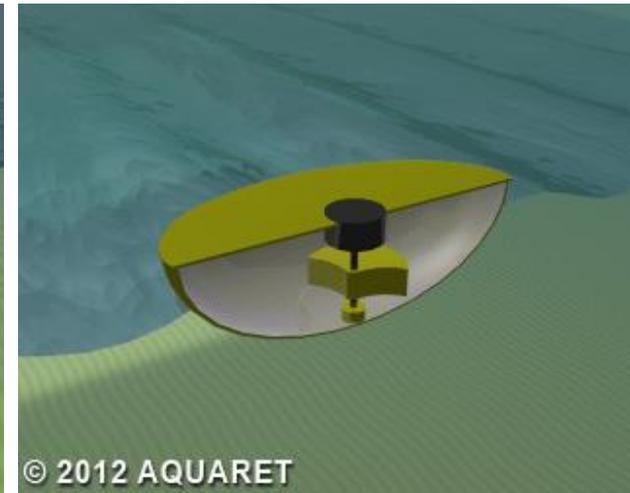
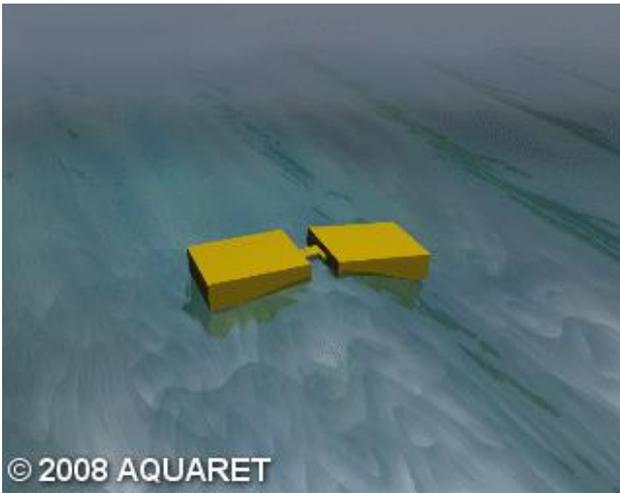
Strömungsturbinen



Küstenkraftwerke



# Offshore-Technologien für die Zukunft - Wellenkraftwerke

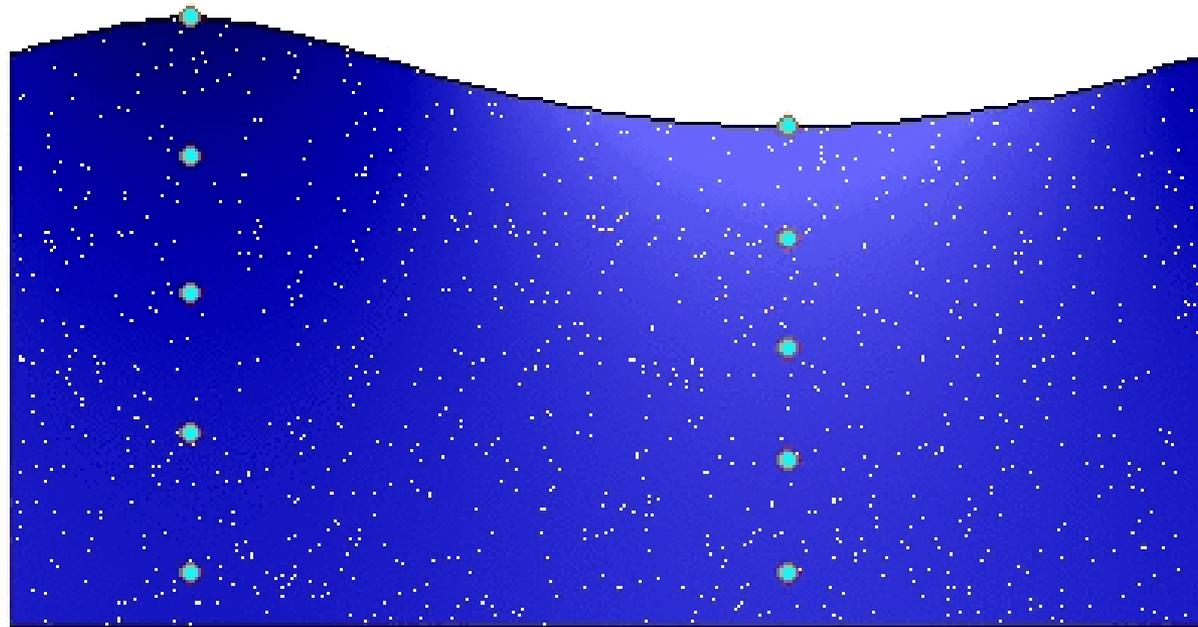


# Verständnis für Wellenformen und Wellenenergie

## Tiefwasserbereich

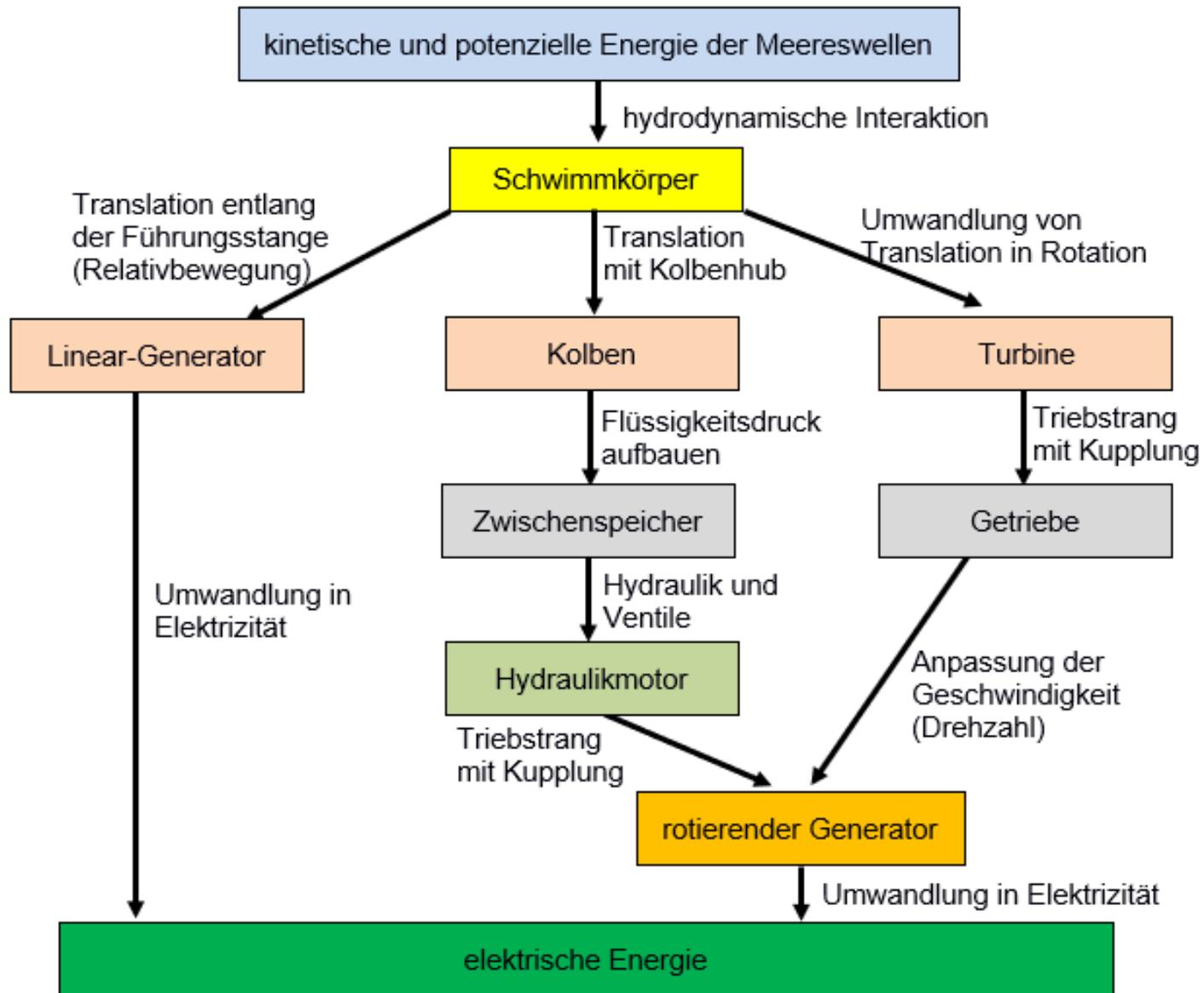
Orbitalbahnen

wave phase :  $t / T = 0.000$

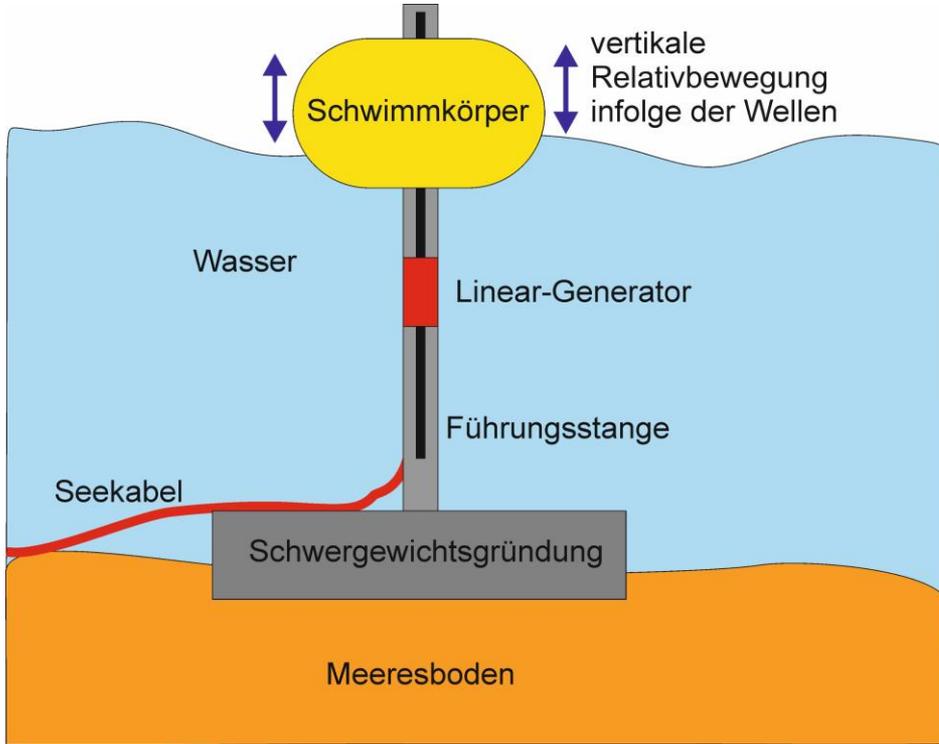


Quelle: Von Kraaiennest - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3374567>

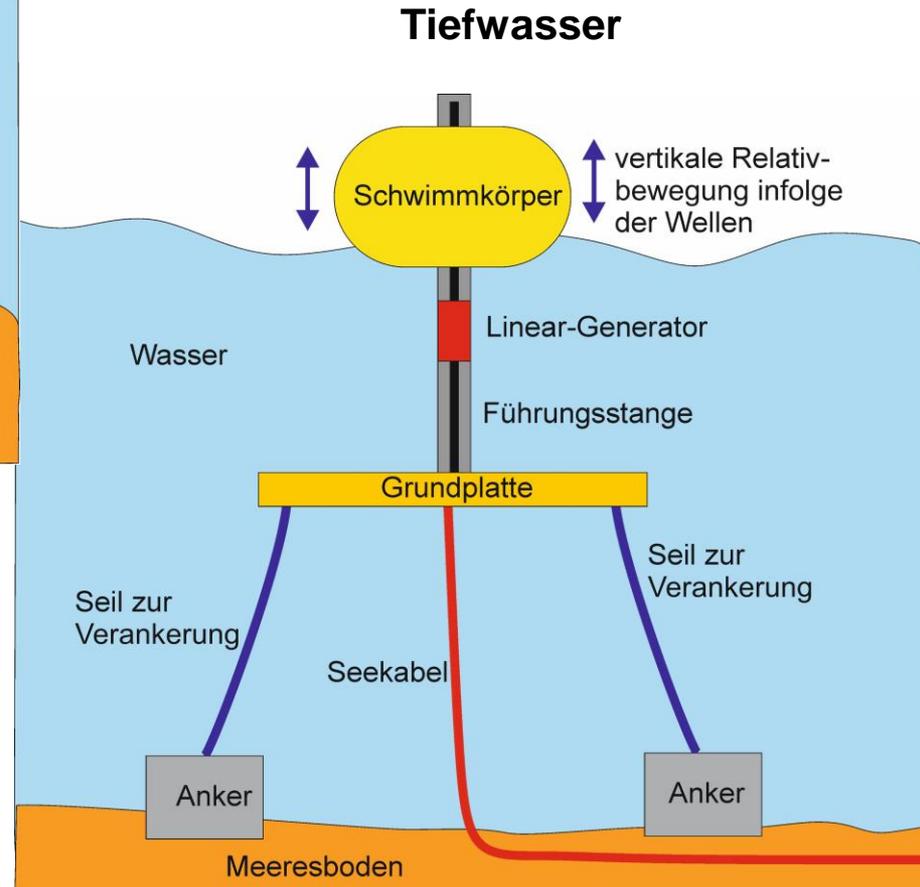
# Antriebskonzepte für Wellenkraftwerke



# Varianten für Flachwasser und Tiefwasser



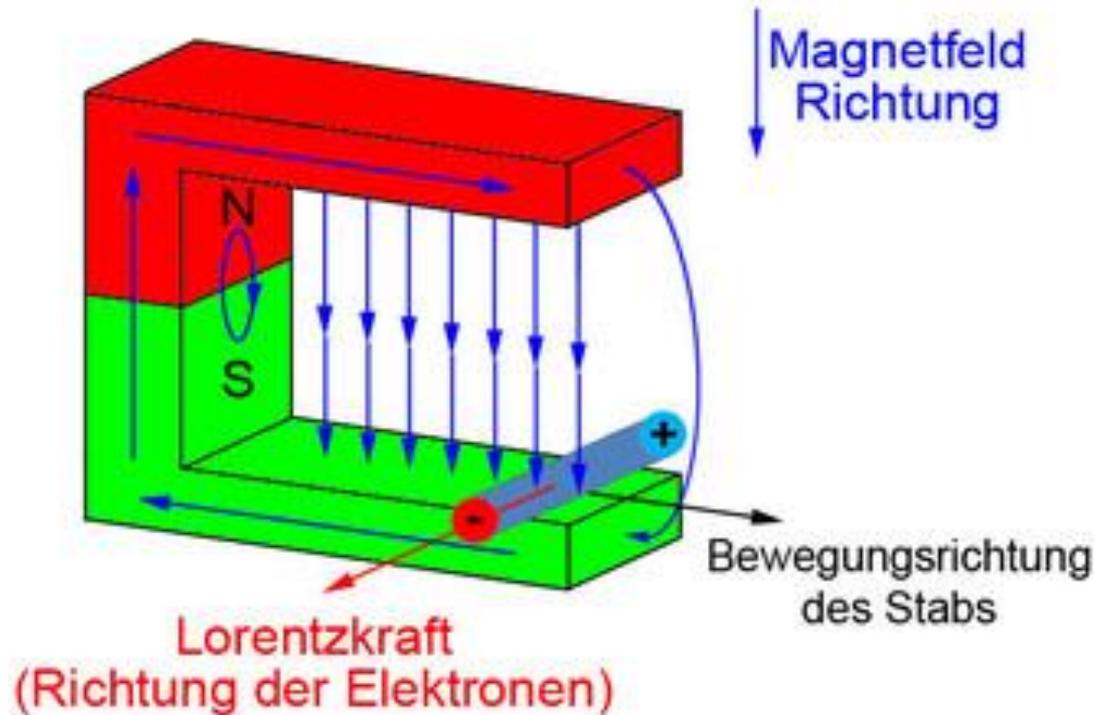
**Flachwasser**



**Tiefwasser**

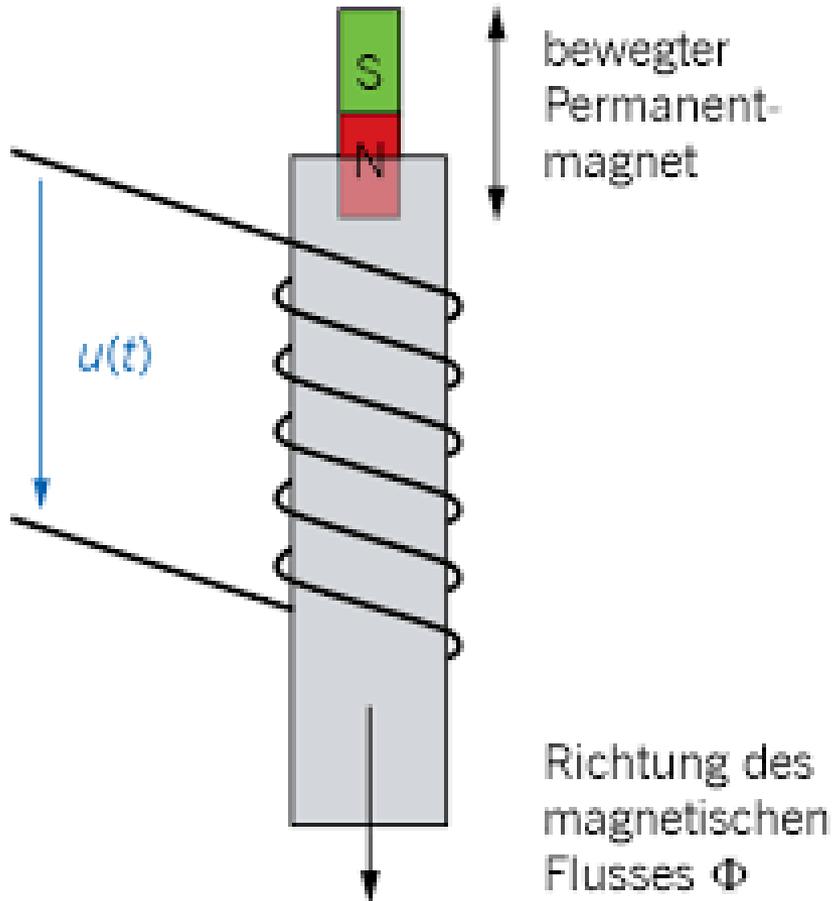


# Elektromagnetische Induktion am Beispiel eines Lineargenerators



Bewegt sich ein elektrisch leitfähiges Material in einem magnetischen Feld, wird ein Elektronenfluss in diesem Material erzeugt bzw. induziert.

# Wovon hängt die induzierte Spannung ab?



Michael Faraday (19. Jh.)

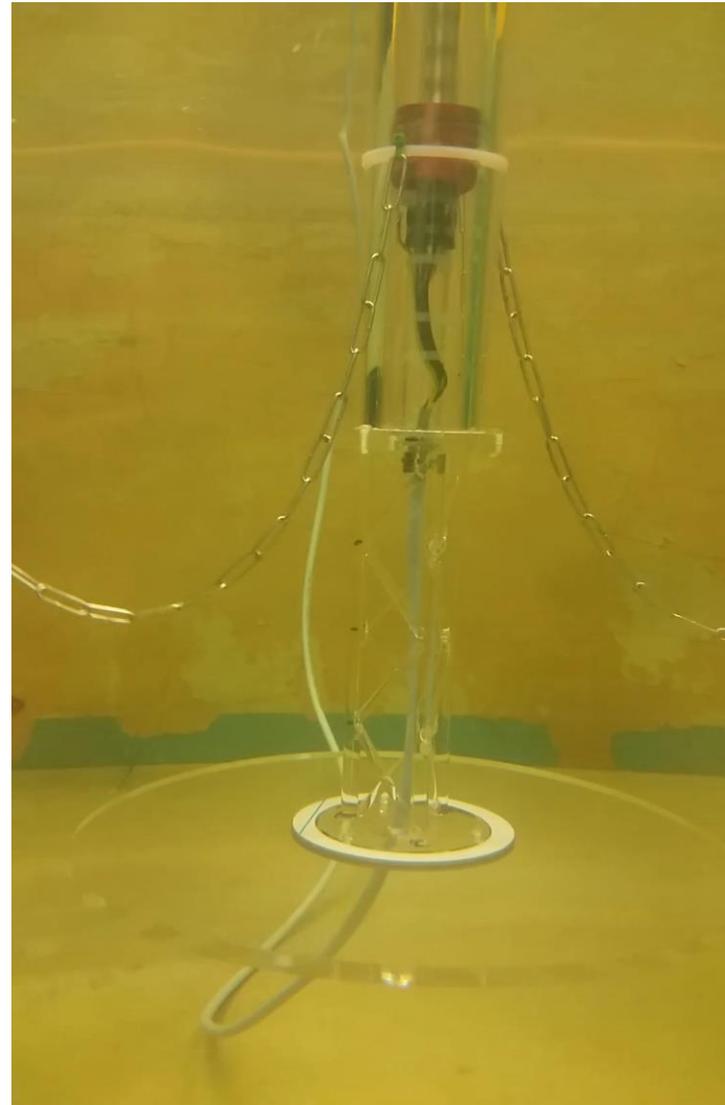
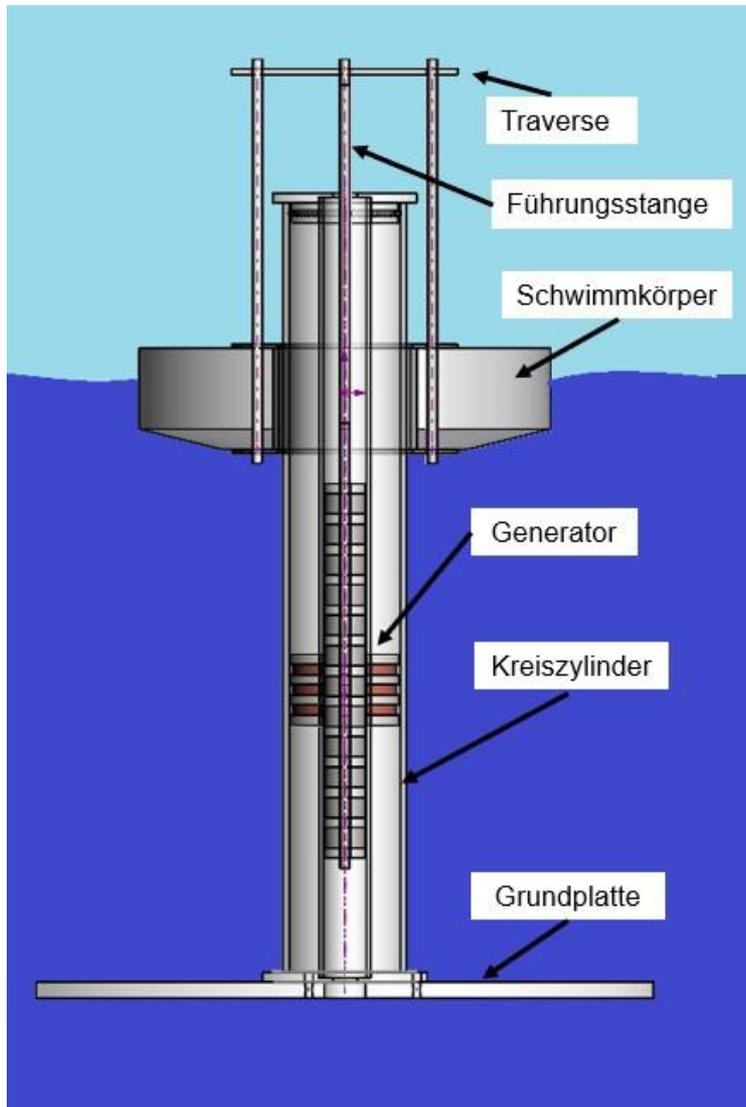
Größe der induzierten Spannung  $u(t)$  hängt ab von:

- Stärke der magnetischen Flussänderung
- Geschwindigkeit der magnetischen Flussänderung
- Windungszahl der Spule

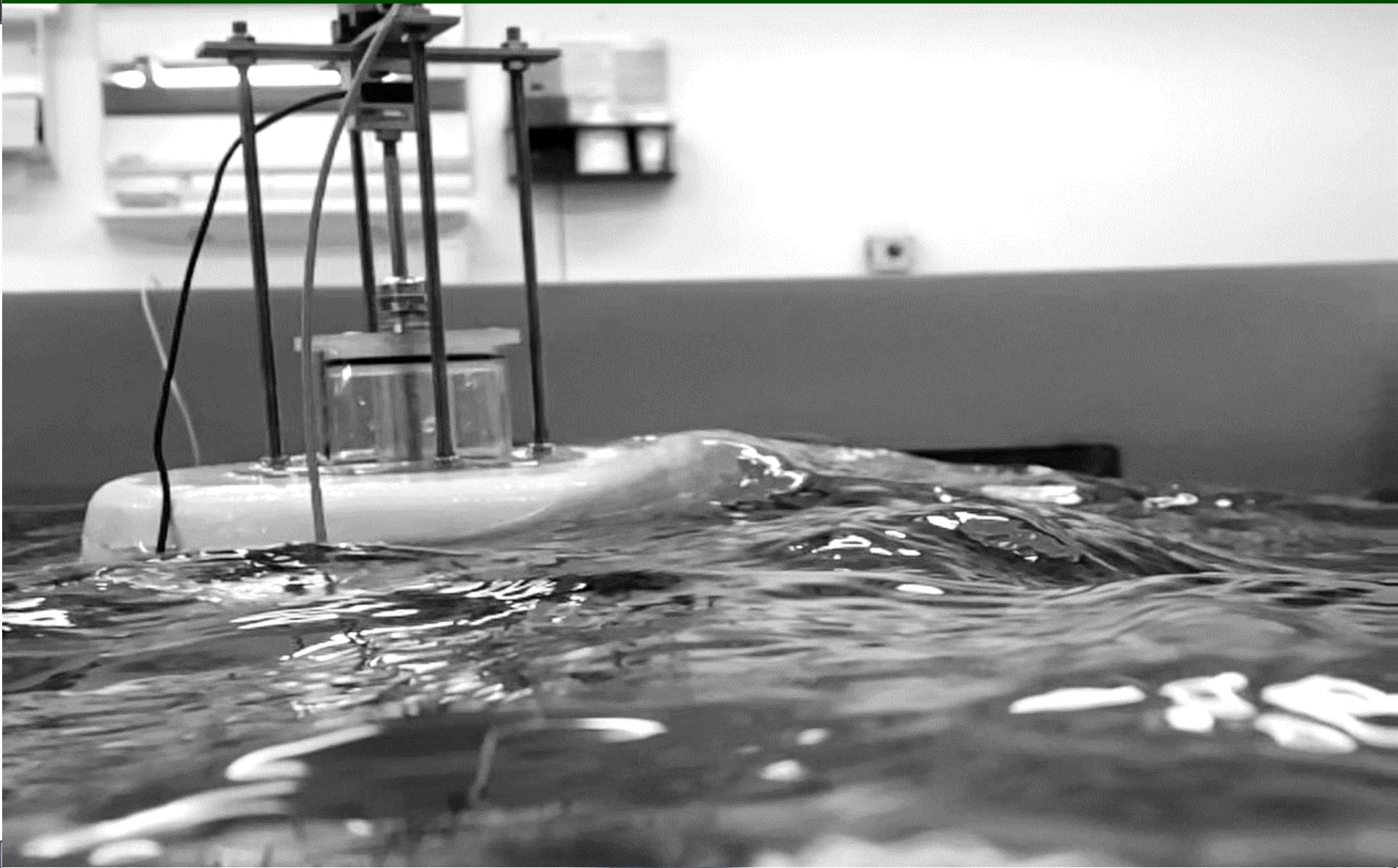
# Experimente

## mit Mini-Wellenkraftwerk

# Labormodell



# Labortests im Wellentank



# Detail Design für Prototyp im Maßstab 1:8

Konstruktionsberechnungen



Technische Nachweise



Technische Zeichnungen



Auflagen vom BSH erfasst



## Größenordnung vom Prototyp 1:8

2 Lineargeneratoren parallel verbaut

2 \* 16 kW = 32 kW Spitzenleistung

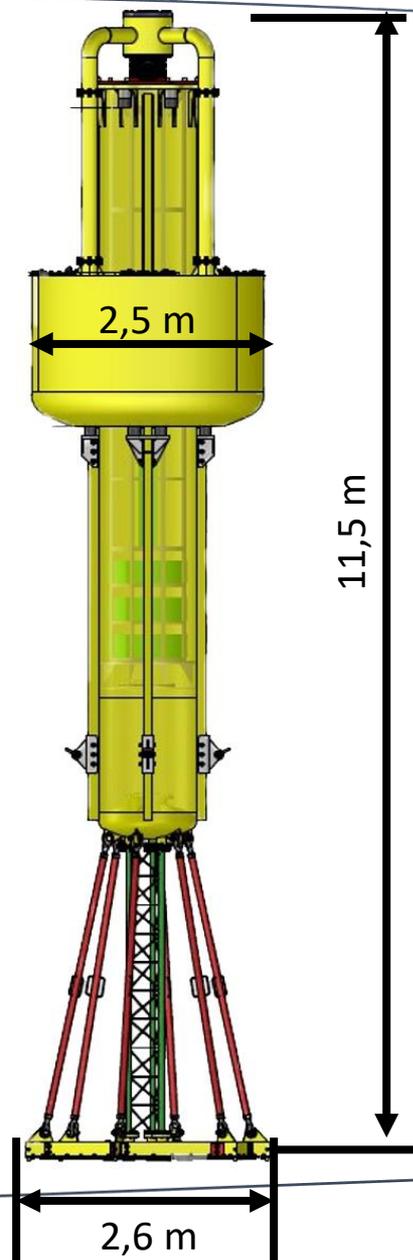
Erweiterung auf 128 kW bei Schwimmkörper mit  
D=2,5m technisch möglich

## Reale Größe 1:1 in Serie

Durchmesser vom Schwimmkörper

$D=8*2,5m=20,0m$

Mechanische Spitzenleitung im MW-Bereich  
möglich



Gesamtmasse inkl.  
Elektrotechnik  
ca. 7,5 to

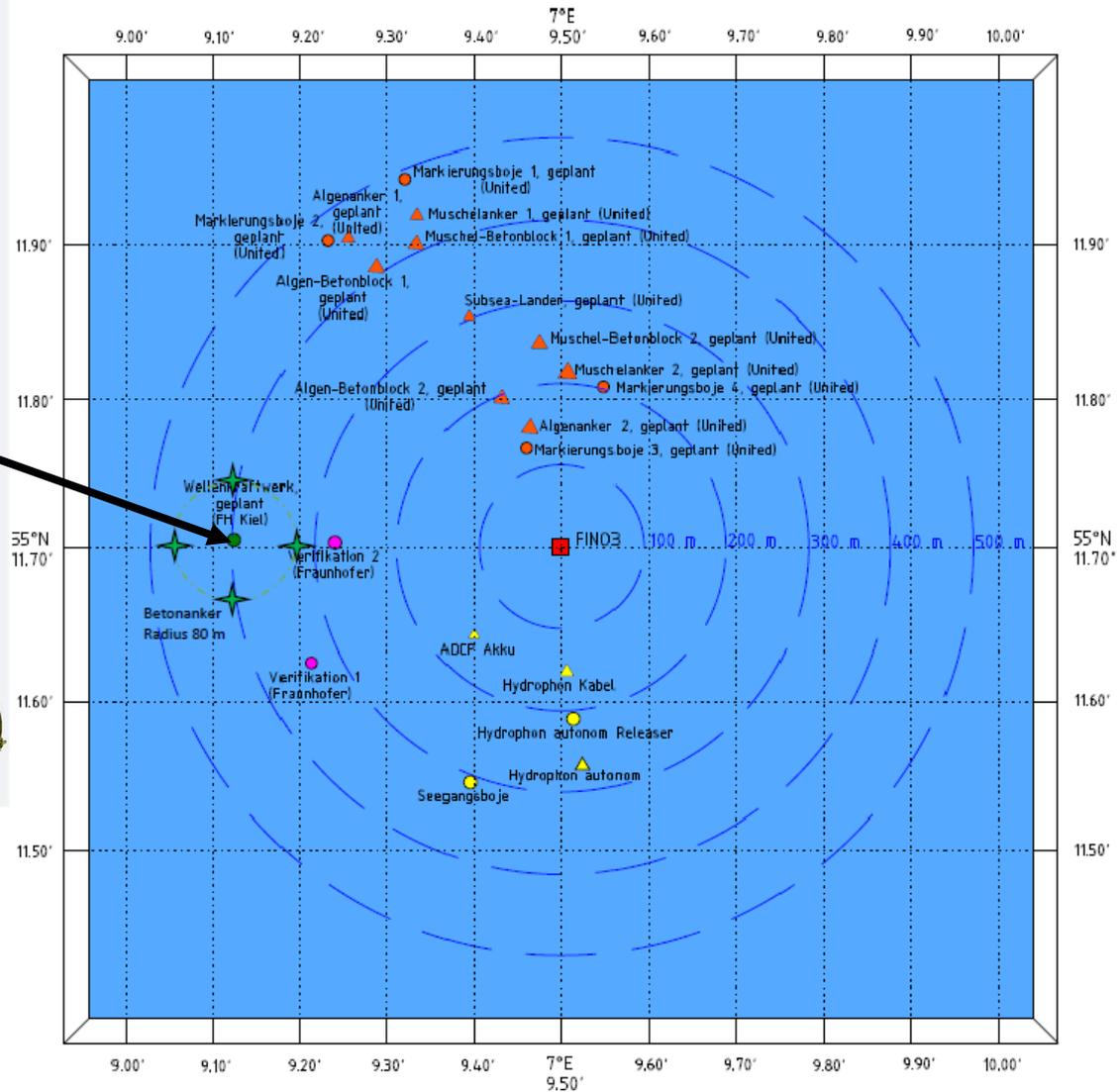
# Fertigung des Prototyps bei German Naval Yards



**Stand der Fertigungsarbeiten im Feb. 2023 (Fertigstellung & Taufe im Mai 2023)**

# Testbetrieb eines Prototyps auf hoher See

- Labortests ✓
- Detail Design ✓
- BSH Antrag ✓
- Fertigung ✓
- Transport ?
- Installation ?
- Testbetrieb ?



Teststandort wäre verfügbar bei:  
**Forschungsplattform FINO 3**  
 (80km westlich von Sylt)



# Technology Readiness Level (TRL)

- Aktuelles Forschungsprojekt gefördert durch WT.SH & EU:
- Laufzeit bis 06/2023
- Steigerung von TRL 2 bis TRL 5 wird erreicht!

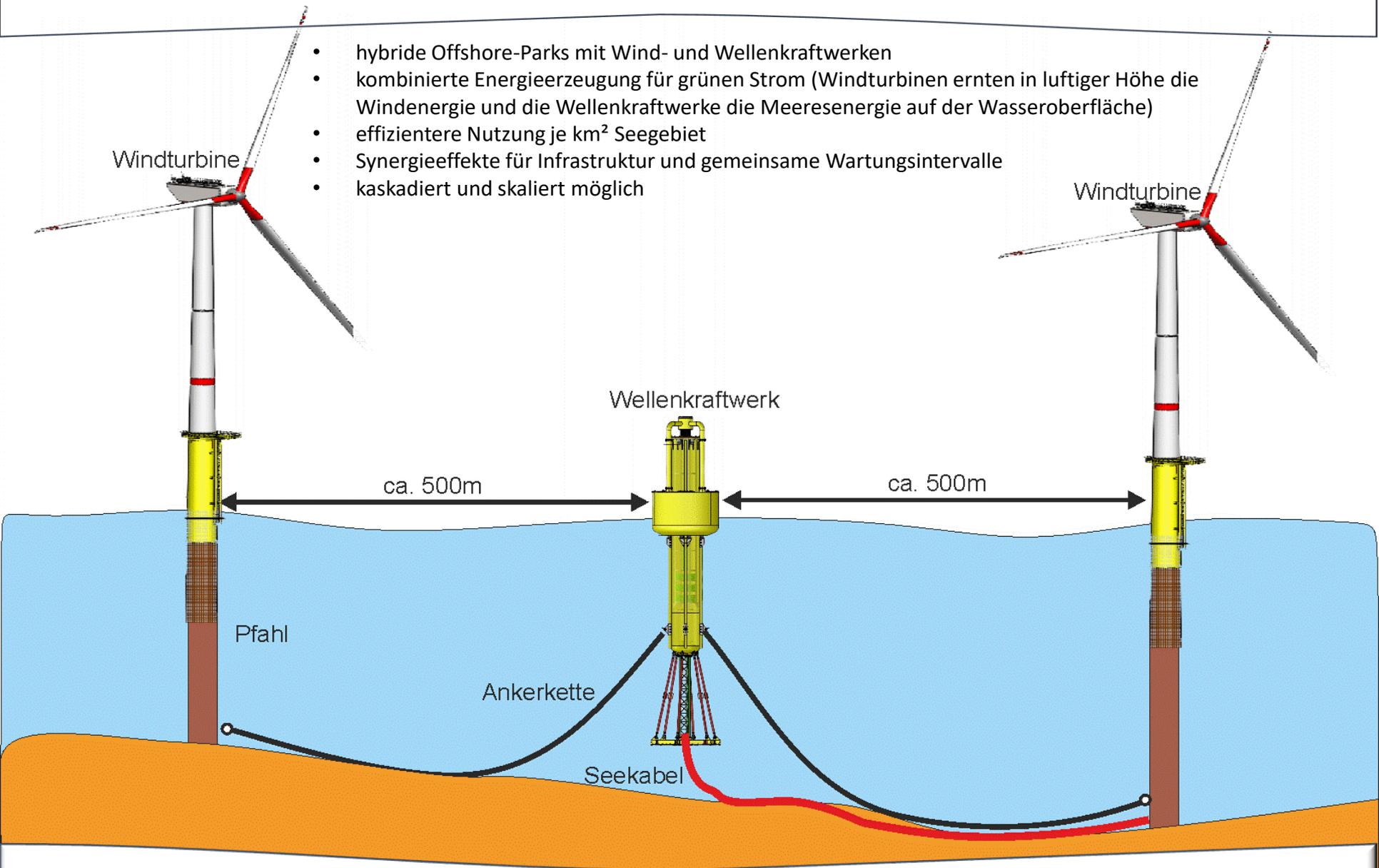


TRL	Definition	Wellenkraftwerk (FH Kiel)
1	Grundprinzipien beobachtet	
2	Technologiekonzept formuliert	Ausgangssituation
3	Experimenteller Nachweis	1. Meilenstein ✓
4	Technologie im Labor überprüft	2. Meilenstein ✓
5	Technologie in relevanter Umgebung überprüft	Projektziel (06/2023)
6	Technologie in relevanter Umgebung getestet	
7	Test eines System-Prototyps im realen Einsatz	
8	System ist komplett und qualifiziert	
9	System funktioniert in operationeller Umgebung	

- Nächster Entwicklungsschritt wäre eine mehrmonatige Testphase auf hoher See, um den Technologiereifegrad bis auf TRL 7 anzuheben und somit das unternehmerische Risiko für die maritime Industrie weiter zu minimieren.

# Ausblick

- hybride Offshore-Parks mit Wind- und Wellenkraftwerken
- kombinierte Energieerzeugung für grünen Strom (Windturbinen ernten in luftiger Höhe die Windenergie und die Wellenkraftwerke die Meeresenergie auf der Wasseroberfläche)
- effizientere Nutzung je km<sup>2</sup> Seegebiet
- Synergieeffekte für Infrastruktur und gemeinsame Wartungsintervalle
- kaskadiert und skaliert möglich



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Fragen?**

**[www.fh-kiel.de/eoe](http://www.fh-kiel.de/eoe)**

*Prof. Dr.-Ing. Christian Keindorf*

*M. Eng. Andreas Glaß*

*Dipl.-Ing. Hartmut Kaschner*