

Nutzung der Meereswellenkraft

**Kostengünstige
Energieerzeugung**

Gliederung

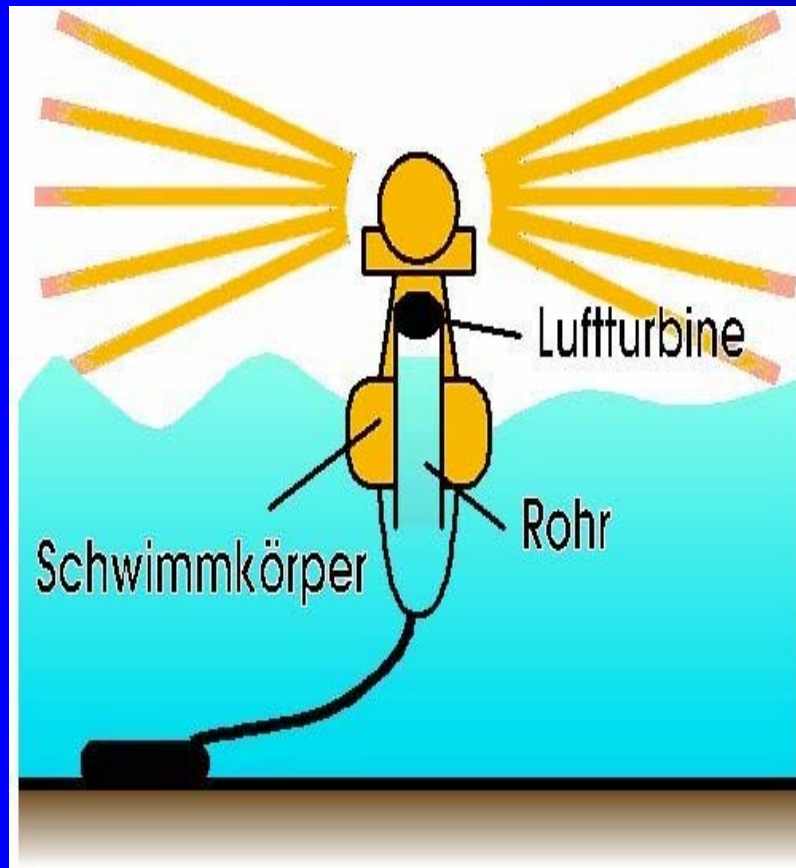
- **Nutzung der Wellenenergie** Seite 3
- **Verschiedene Verfahren** Seite 4
- **Spezifische Daten** Seite 11
- **Brandl-Wellen-Generator** Seite 12
- **Vorteile** Seite 14
- **Nachteile** Seite 15
- **Vergleich mit anderen Energiearten** Seite 17
- **Investition und Kosten** Seite 20
- **Resümee und Ausblick** Seite 31

Nutzung der Wellenenergie

- Im Meer gibt es sowohl Gezeitenwellen, die hauptsächlich vom Mond verursacht werden und eine 12 1/2-Stunden-Periode haben, als auch die
- vom Wind angetriebenen Meereswellen, die eine etwa 6-Sekunden-Periode haben.
- Um die, in dem sehr unterschiedlich bewegten Wasser, enthaltene Energie zu nutzen, gibt es bislang schon sehr unterschiedlich Konstruktionen von Wellenenergie-Kraftwerken.

Verschiedene Verfahren

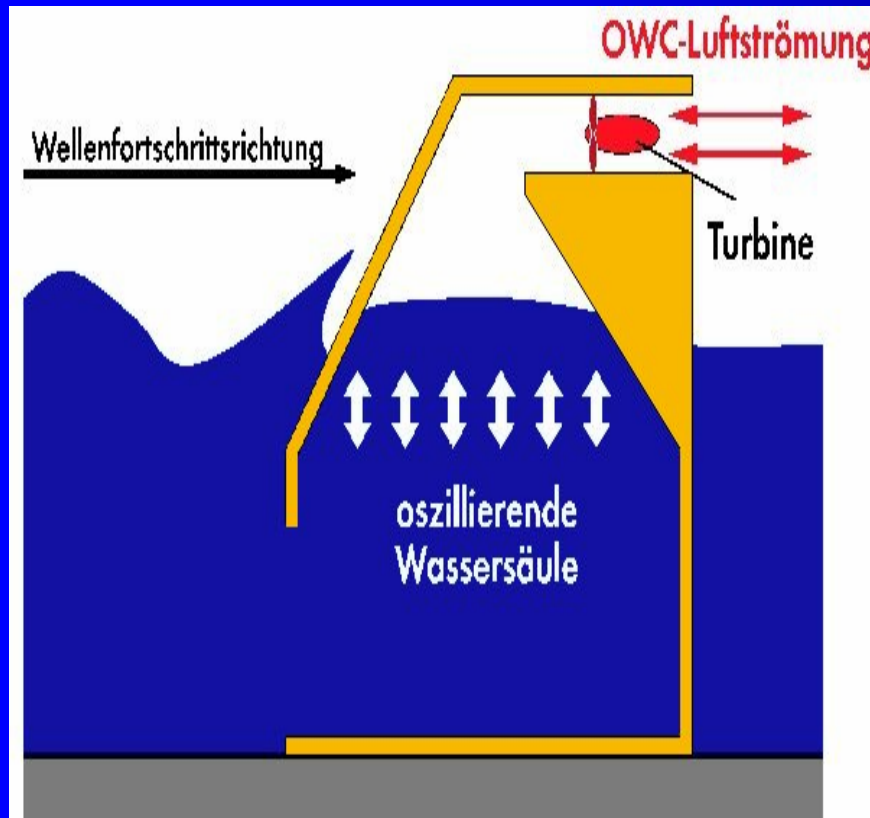
OWC- Boje



- Die Technik :
- Oszillierende Wassersäule
- Dadurch oszillierende Luftströmung
- Antrieb einer Turbine
- Bewährt bei Signalbojen

Verschiedene Verfahren

OWC-Wellenkraftwerk



- Die Technik:
- Oszillierende Wassersäule
- Dadurch oszillierende Luftströmung
- Antrieb einer Turbine

Verschiedene Verfahren

Islay-OWC - Schottland



- Die Technik:
- Oszillierende Wassersäule
- Dadurch oszillierende Luftströmung
- Antrieb einer Turbine 75 kW

Verschiedene Verfahren OWC-Anlage an der Küste



Verschiedene Verfahren

Archimedes Boje –Portugal



Archimedes Boje
im Meer

Verschiedene Verfahren Wave Dragon

beim Einbringen

und auf dem Meer

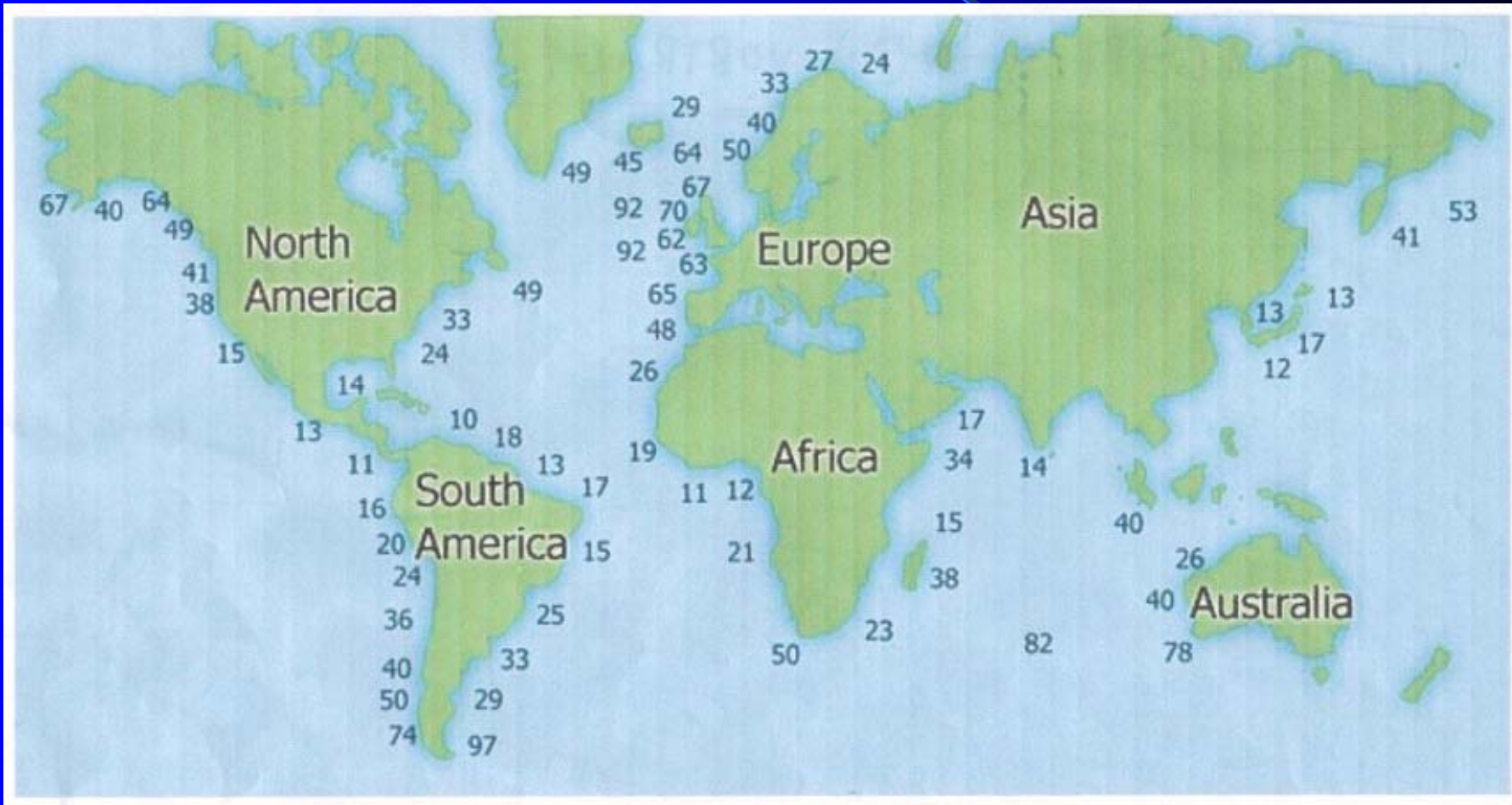


Verschiedene Verfahren Pelamis auf dem Meer



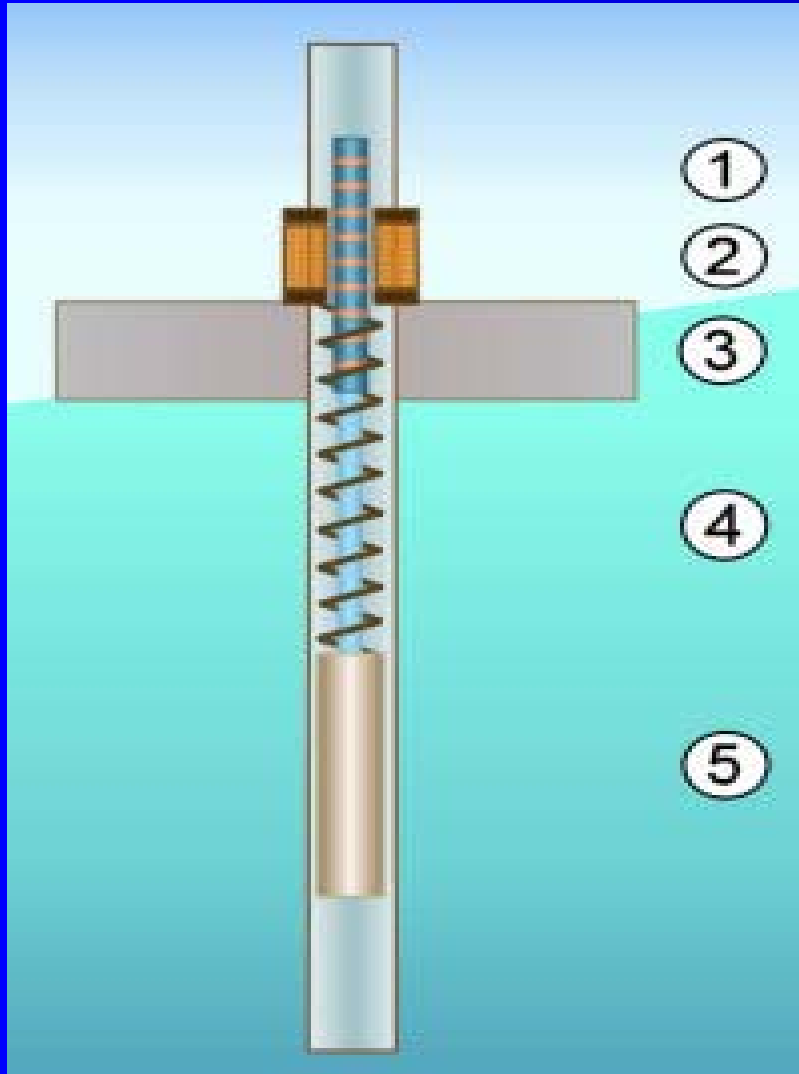
Spezifische Daten

Wellenenergiedichte kW/m



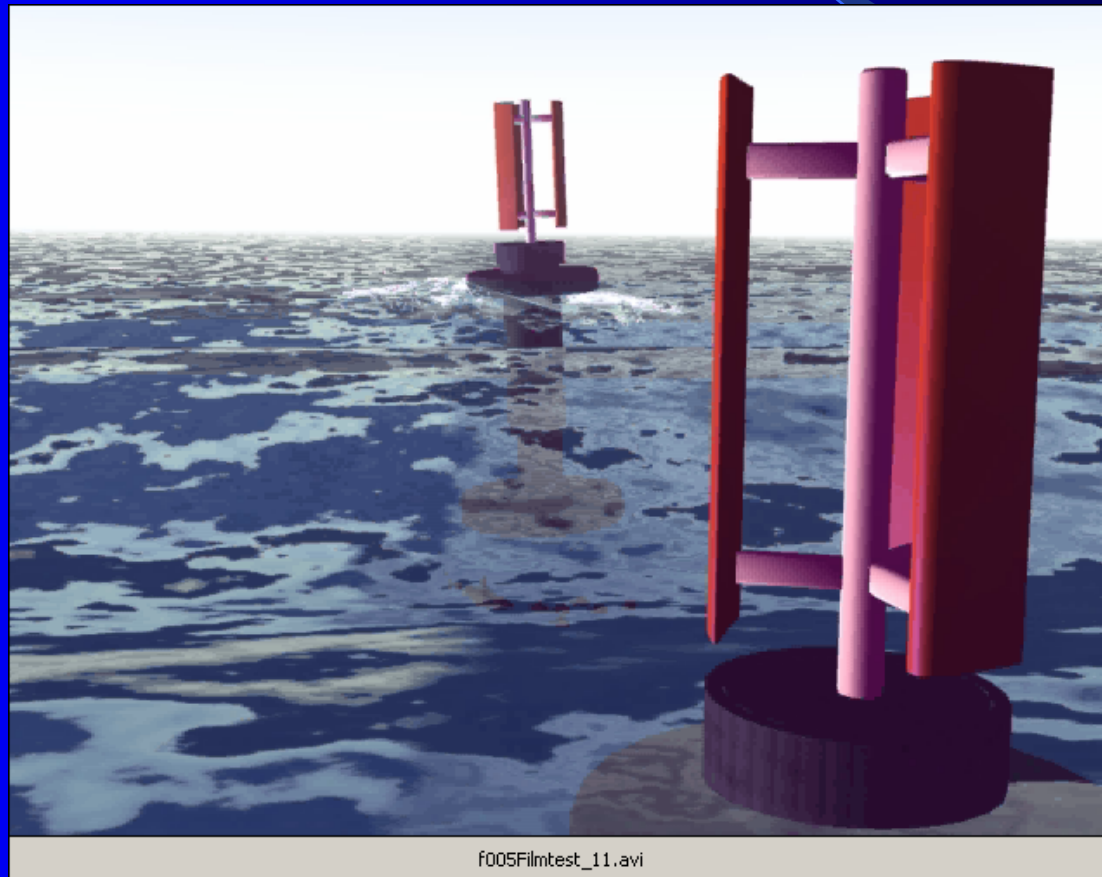
Brandl-Wellengenerator

Prinzip und Beschreibung



- (1) Magnete
- (2) Spulen
- (3) Schwimmkörper
- (4) Feder
- (5) Pendelmasse

Brandl-Wellengenerator in der Praxis (simuliert)



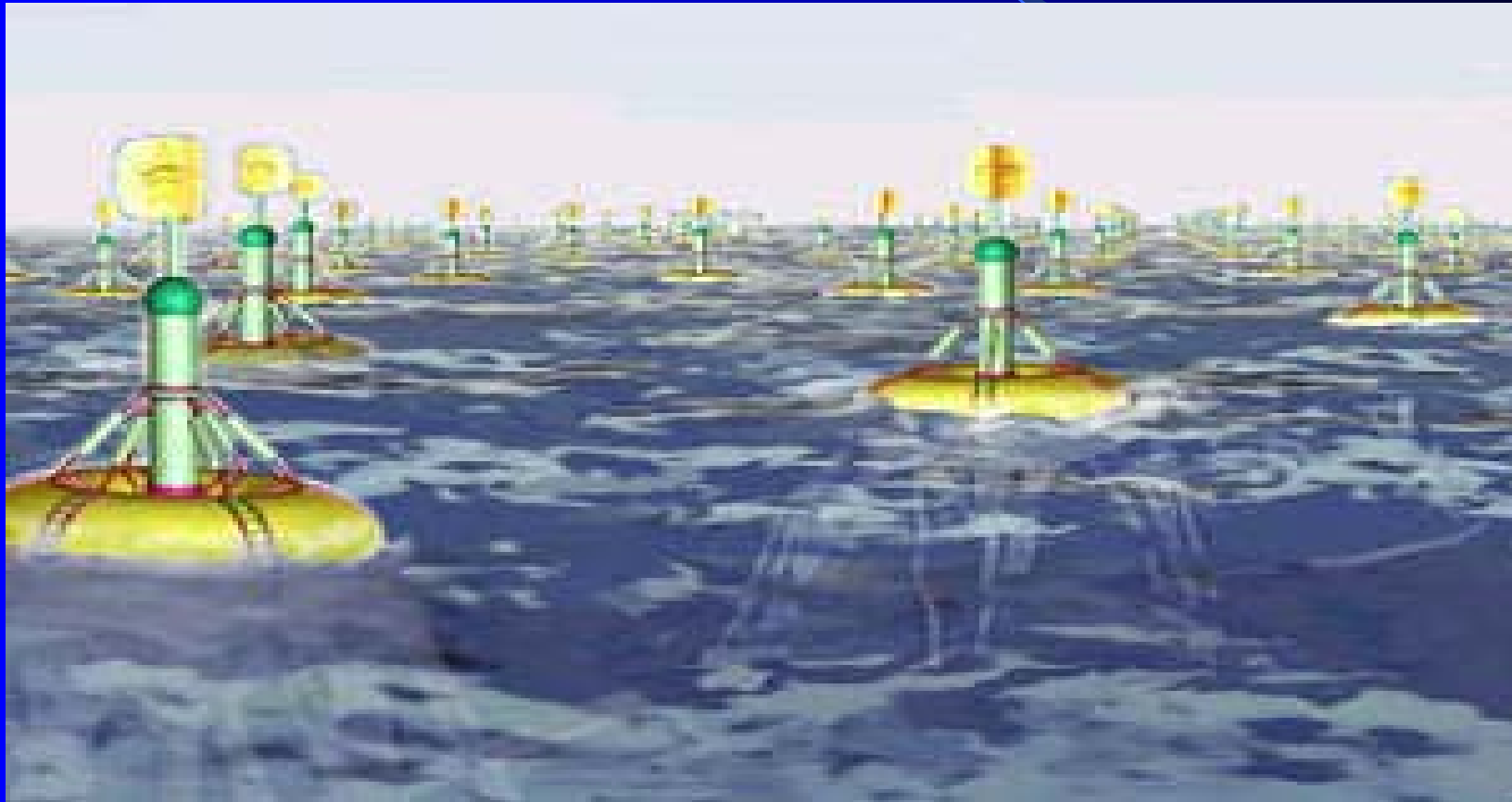
Vorteile des Wellengenerators

- Die Energiedichte der Wellen ist hoch.
- Damit werden Wellengeneratoren entsprechend klein und kostengünstig
- Sie brauchen im Gegensatz zu Offshore-Windkraftanlagen kein teures Fundament
- lediglich eine Verankerung und eine Anbindung an das Unterwasserstromkabel
- Durch die Schwimmfähigkeit der Wellengenerators ist der Transport zum Bestimmungsort auf dem Seeweg kostengünstig in die ganze Welt realisierbar

Nachteile es Wellengenerators

- Die folgenden Punkte sollten der Vollständigkeit erwähnt werden, sind aber nicht von besonderer Bedeutung
- In Zeiten geringer Windstärke wird, wie auch bei der Windenergie, weniger Strom erzeugt.
- Werden mehrere Wellengeneratoren wegen der Leistung zu einem Wellenpark zusammen geschlossen, kann hier die Schifffahrt eventuell beeinträchtigt werden.
- Dann muss die Lage dieses Parks in Seekarten eingetragen werden und ständig nach den Vorschriften der Seefahrt beleuchtet werden.

Wellenenergiepark Realisation



Vergleich mit anderen Energiearten

- Die nächste Aufstellung zeigt für verschiedene Energietechnologien die monatlichen Kosten, um eine durchschnittliche vierköpfige deutsche Familie mit Primärenergie zu versorgen (16.195 kWh)

Vergleich mit anderen Energiearten

Energieerzeugungskosten

	<u>Cent/kWh</u>	<u>Euro/Monat</u>
• Meereswellenstrom	3,0	486
• Erdöl-Wärmeenergie (60 \$/Barrel)	3,0	486
• Wasserkraftstrom	3,5	567
• Kohlekraftwerk	3,5	567
• Atomstrom ohne Versicherung	3,5	567
• Windkraftstrom	8,0	1.296
• Kernfusionsstrom	10,5	1.620
• Erdwärmestrom	12,0	1.943
• Solarstrom (Photovoltaik)	50,0	8.098

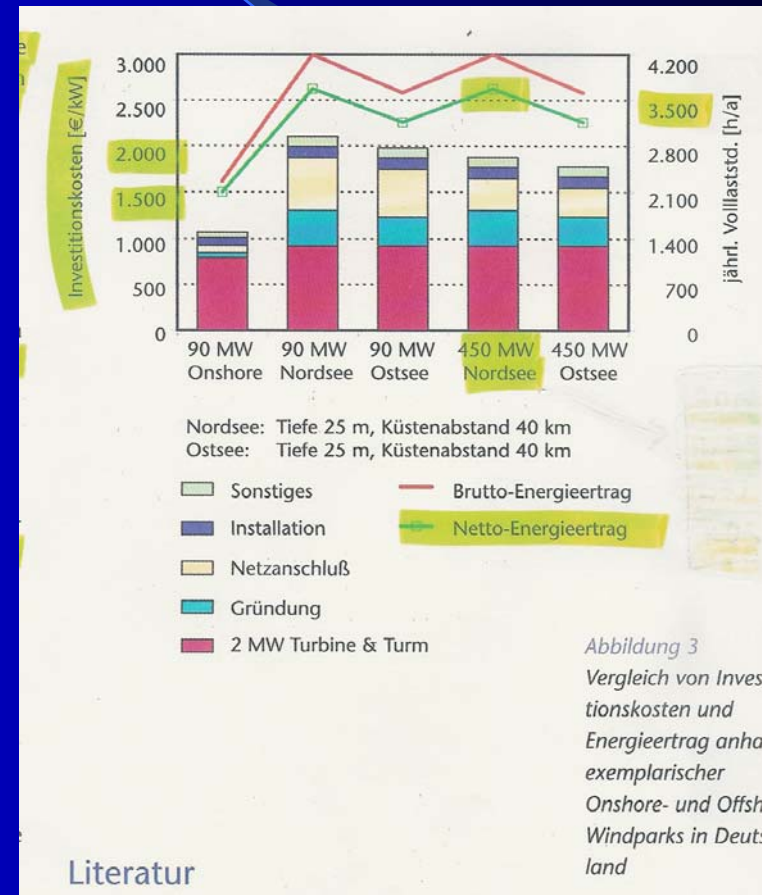
Vergleich mit anderen Energiearten

Ergebnisbetrachtung

- Man sieht, dass die Kosten für die Primärenergie heute schon eine wesentliche Belastung für das Familienbudget darstellen.
- Man sieht auch, welche Alternativen der Energieversorgung wirtschaftlich realistisch sind, wenn die fossile Energie versiegt
- beziehungsweise wegen der Knappheit zu teuer
- oder wegen der von ihr verursachten Klimakatastrophen untragbar wird.

Kostenschätzung vom Forschungsverbund Sonnenenergie

- Diagramm für Offshore-Windenergieparks in der Nordsee und in der Ostsee



Vergleich mit anderen Energiearten

Investitionskosten Wellenenergie/Offshore-Wind

● in €/kW	<u>Wellen</u>	<u>Wind</u>
● Generator + Turm	---	900
● Wellengenerator	760	---
● Gründung (Fundament)	---	450
● Netzanschluss	300	300
● Installation	100	150
● Sonstiges	100	100
● <u>Gesamt:</u>	<u>1.260</u>	<u>1.900</u>

Ermittlung der Rendite von Energieparks in der Nordsee

	Meereswellenenergie	Offshore-Windenergie
● <u>Investition €/kW</u>	1.260	1.900
● Akquise	<u>260</u>	<u>390</u>
● Summe:	1.520	2.290
● Brutto-Jahresstromertrag (€)	332	332
● (5.000 kWh x 6,65 Cent/kWh) (3.650 kWh x 9,1 Cent/kWh)		
● <u>Wartung, Reparatur etc.</u>	- 40	- 40
● <u>Fondsverwaltung</u>	<u>- 64</u>	<u>- 64</u>
● Nettoertrag	228	228
● Rendite	14 %	7,8 %
● (Lebensdauer von 20 Jahren)		

Wellenenergie- Stromerzeugungskosten

Tilgung + Zinsen	$1.260 \times 0,0872$	110 €/kW
Wartung, Reparatur etc.		40 €/kW
<u>Jahreskosten:</u>		<u>150 €/kW</u>

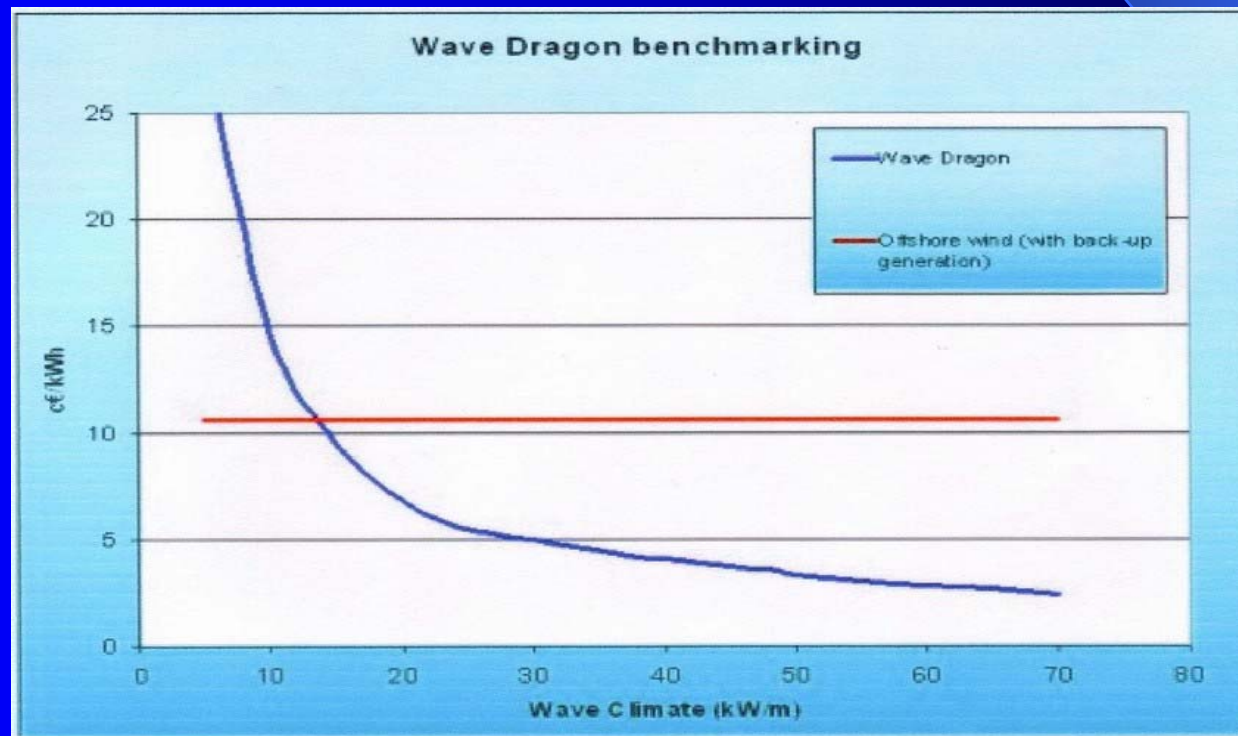
$$\frac{\text{Jahreskosten}}{\text{Jahresertrag}} = \frac{150 \text{ €}}{5.000 \text{ kWh}} = 3 \text{ Cent/kWh}$$

(6 % Zinsen, 20 Jahre Lebensdauer)

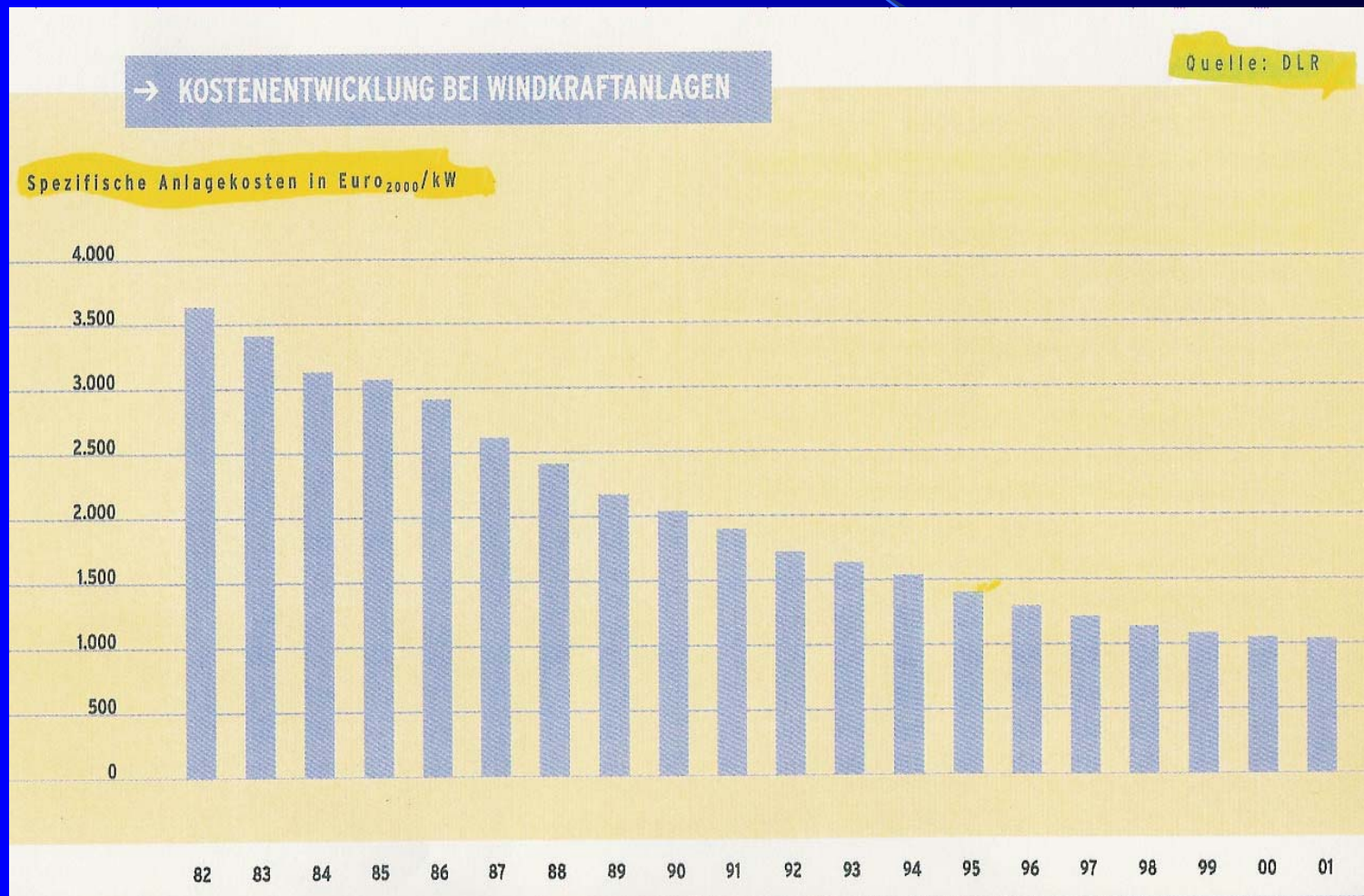
Stromerzeugungskosten beim Wave Dragon

Die Wellenenergieanlage des Wave Dragon ist für wellenreiches Meer mit 70 kW pro Meter Wellenfront gebaut, die beispielsweise an der Westküste von Großbritannien im Atlantik auftreten.

- Dort betragen beim Wave Dragon die Stromerzeugungskosten nur 2,5 €Cent pro kWh, wie man aus der unteren Kurve ablesen kann.



Die Lernkurve verspricht weitere Kostenreduktion

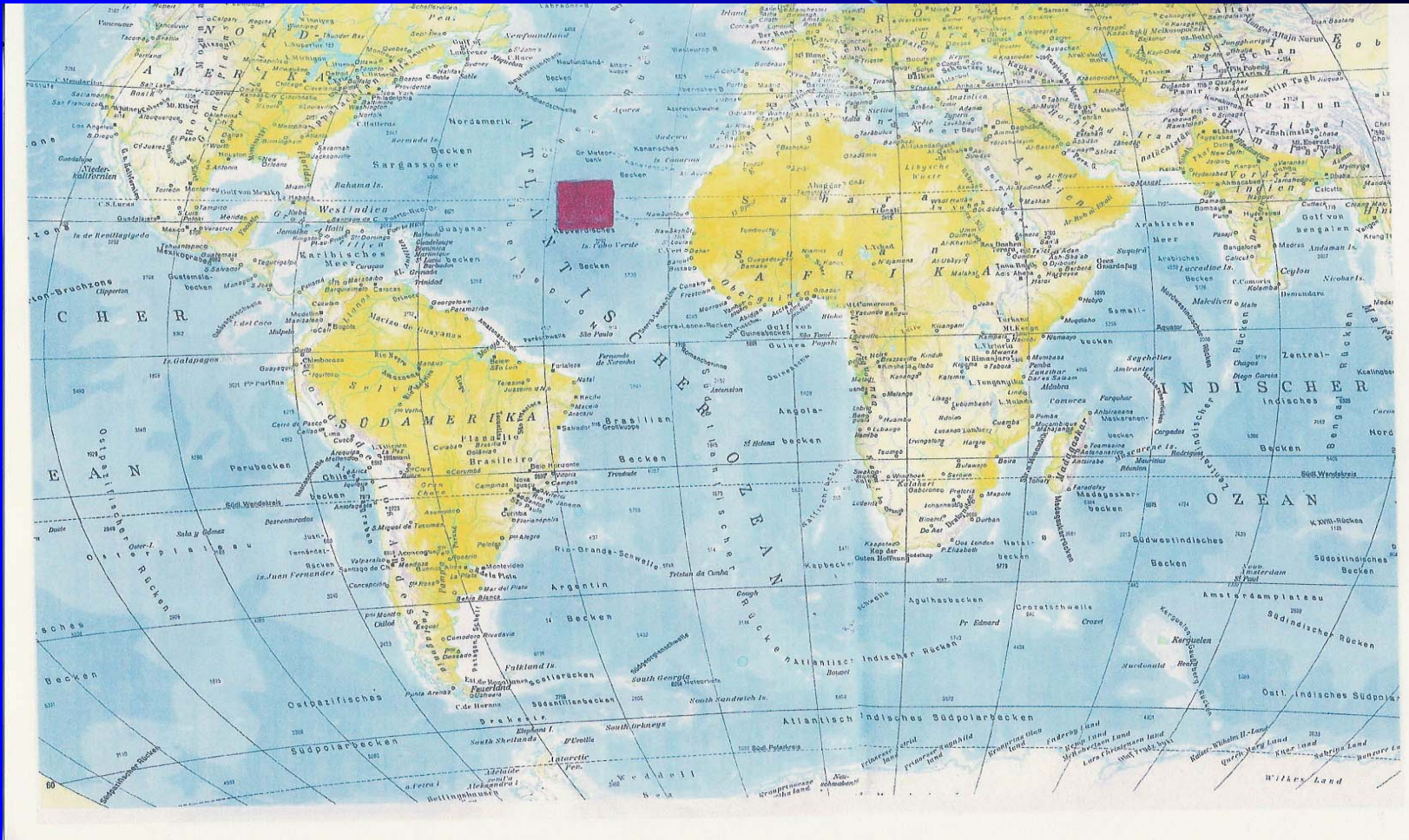


Vergleich mit anderen Energiearten

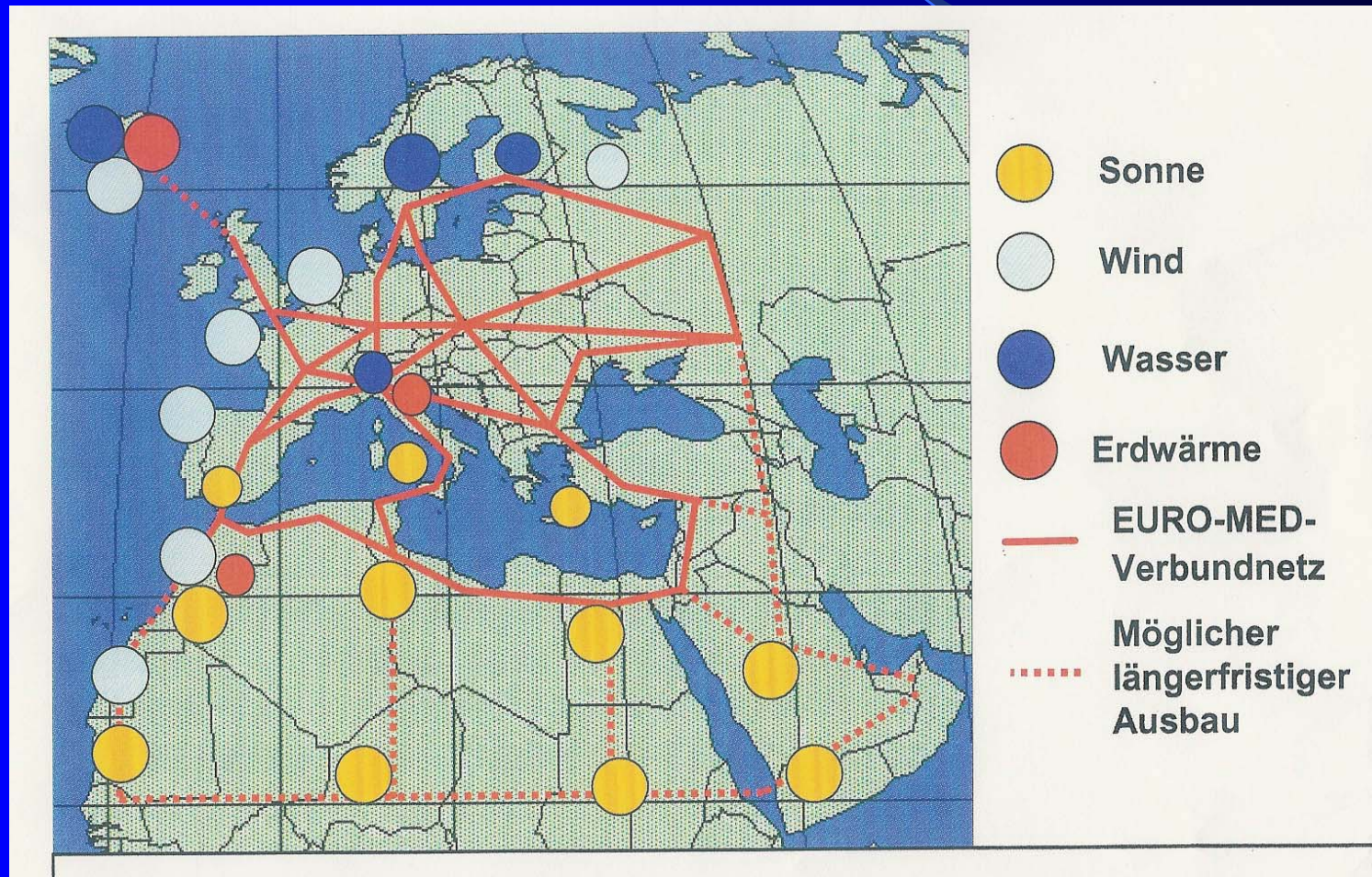
Ergebnisbetrachtung

- Ein Wellenenergiepark von 2 km² Fläche hat die Leistung eines Atomkraftwerkes.
- Wellenenergie ist praktisch unbegrenzt vorhanden.
- In den ausgewählten Meeresgebieten erzeugt der Energiepark fast ununterbrochen, Tag und Nacht, Energie in Form von elektrischem Strom.
- Mit der modernen Hochspannungsgleichstromübertragung kann der Strom mit geringen Kosten über tausende Kilometer zum Verbraucher geleitet werden
- und steht als umweltfreundliche und kostengünstige Energie zur Verfügung

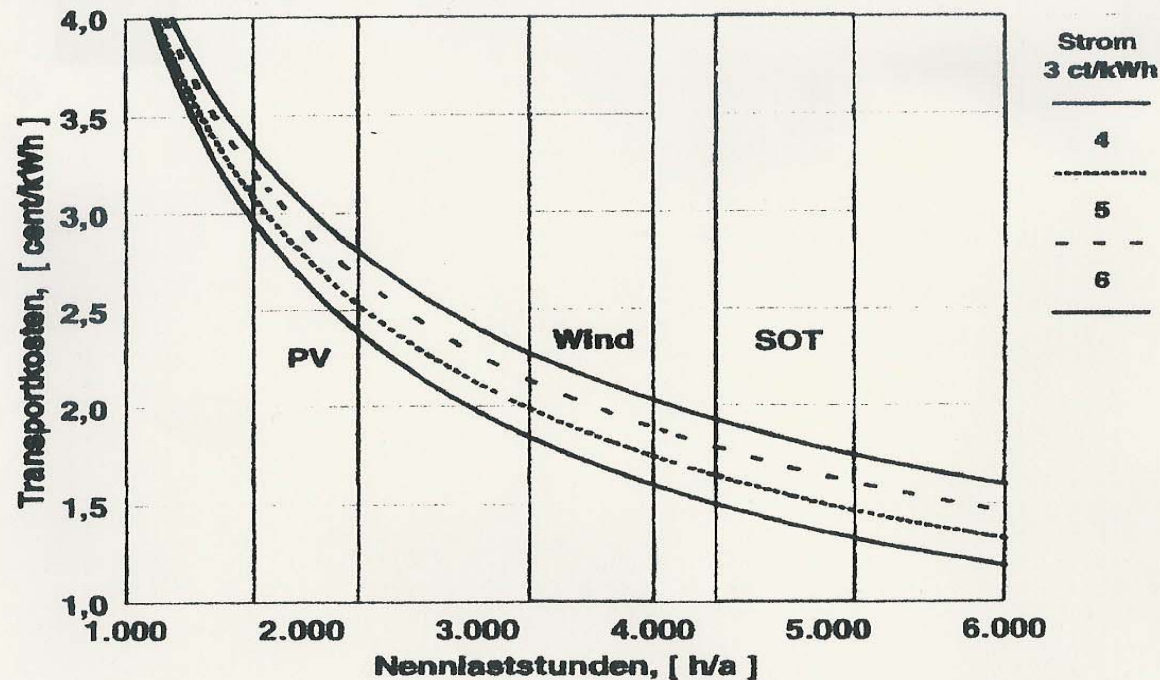
Eine Meeresfläche von der Größe Spaniens kann den gesamten Weltenergiebedarf decken



Energieverbundplan nach dem Umweltministerium



Die Stromleitungskosten über 3.000 km betragen 1,3 Cent/kWh



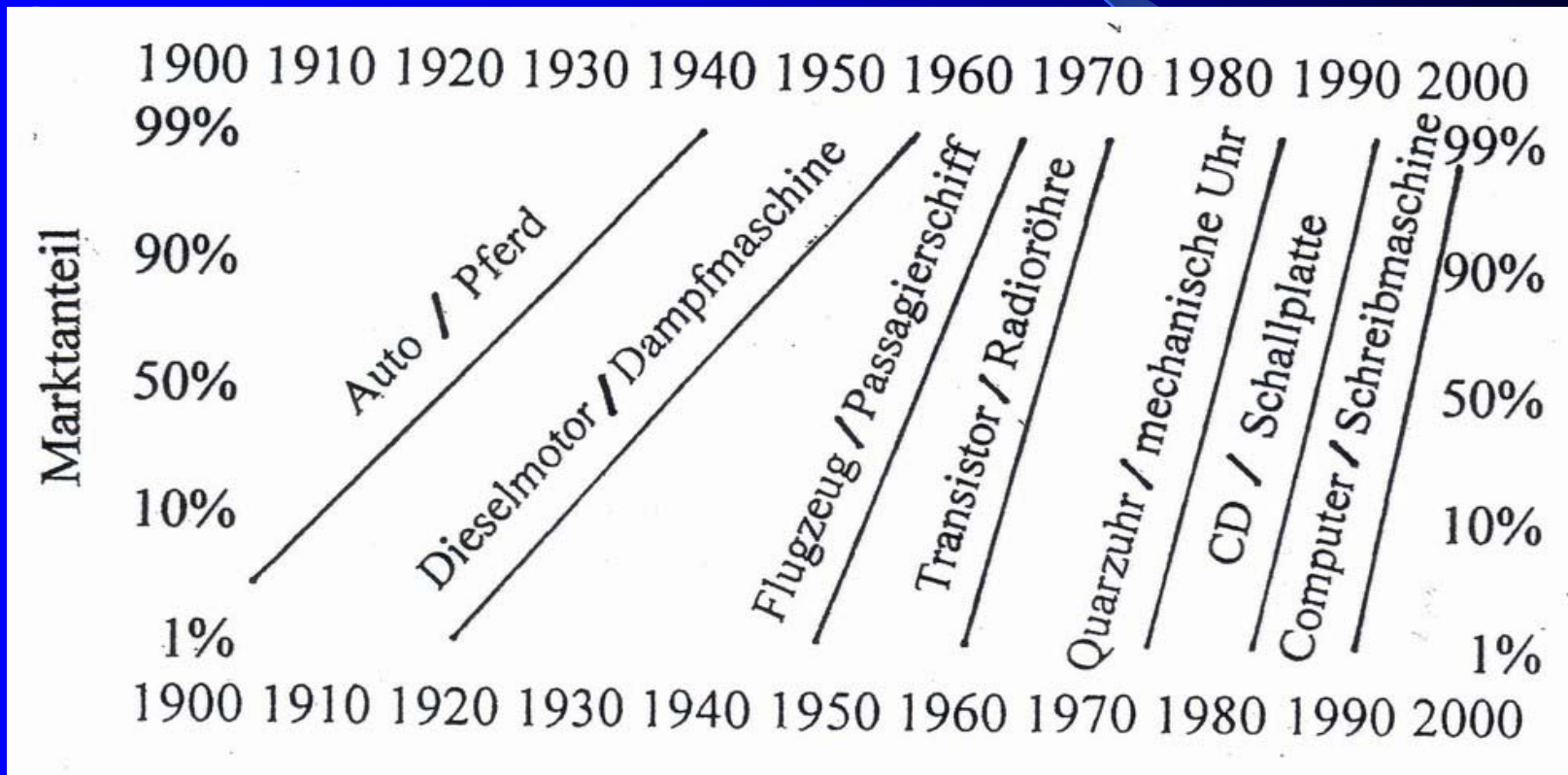
Stromtransportkosten einer Hochspannungsgleichstromübertragung mit 3.000 km Entfernung, einer Bruttoleistung von 4.800 MW und Transportverlusten von 12% als Funktion der Auslastung und der Stromkosten am Kraftwerksstandort (Ausgangsdaten nach [Dreier/Wagner 2001])

Die Änderung der Marktlage

- Meereswellenenergie ist konkurrenzfähig wie Wasserkraft und unbegrenzt vorhanden.
- Damit ist saubere und CO₂-freie Energie kein knappes teures Gut mehr.
- Sie kann im Laufe der Zeit die fossile und atomare Energie ersetzen.

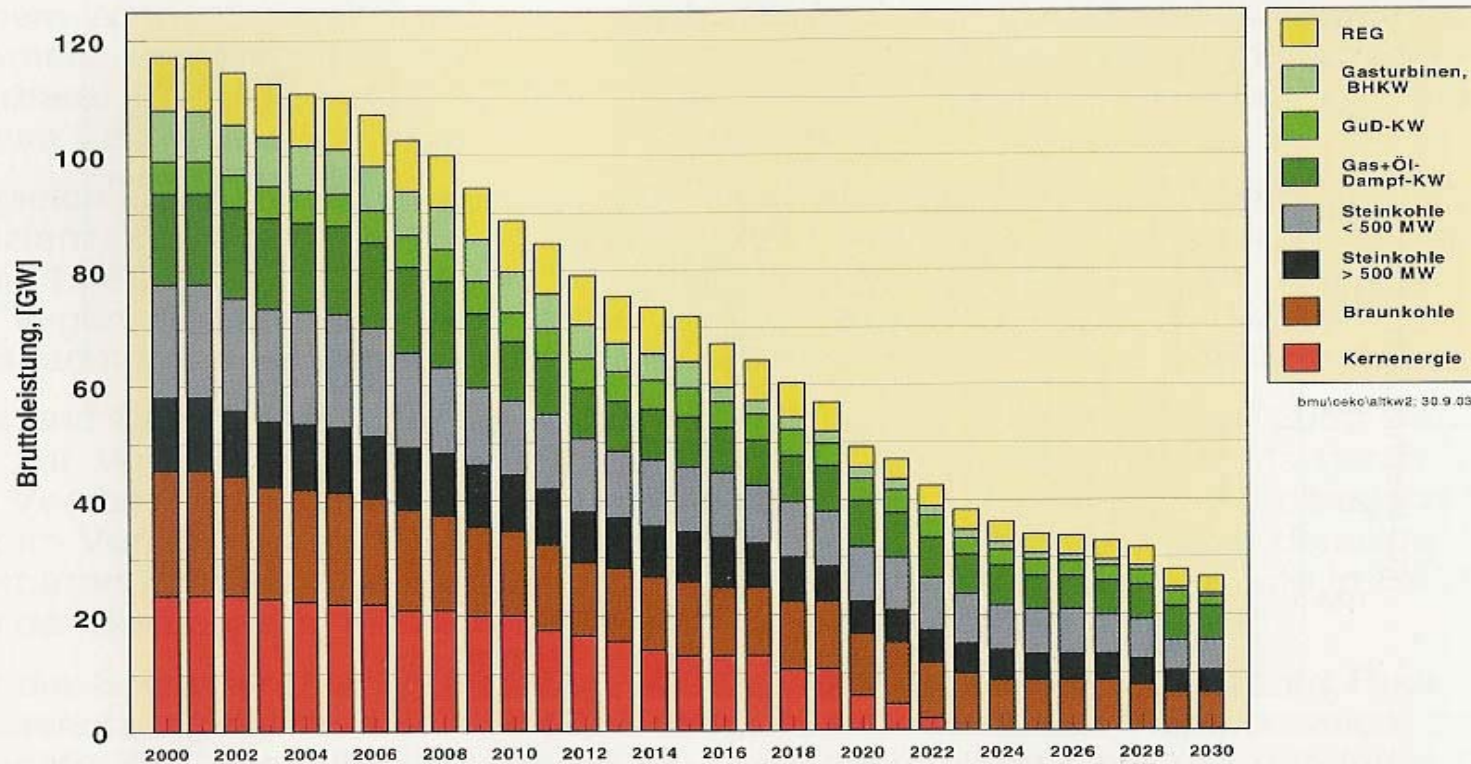
Resümee und Ausblick

Dauer der Markteinführung eines Produktes



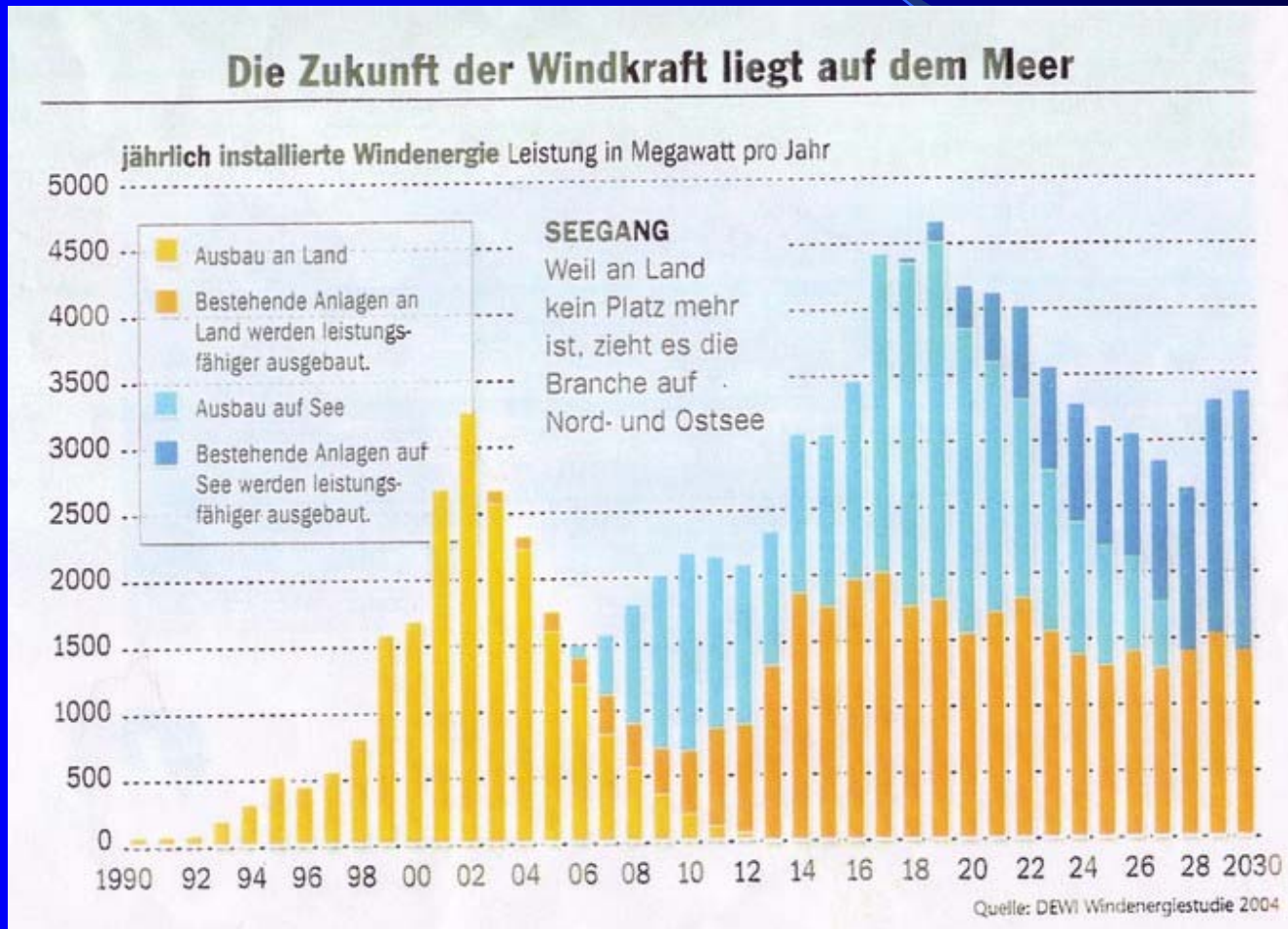
Resümee und Ausblick

Die Eliminierung der deutschen Kraftwerke 2000 - 2030



Resümee und Ausblick

Meereswellenenergie statt Offshore-Windenergie ?



Resümee und Ausblick

Offshore-Projekte in Nord- und Ostsee



Resümee und Ausblick

Größe eines 10 KW-Wellengenerators



- Dies ist ein Größenverhältnis von einem 10 kW WG zu einem PKW. Dieser WG soll als Pilotprojekt in der Nordsee bei Sylt eingebracht werden.
Gesamtbauzeit: ca. 6 Monate

Größe eines 1.000 kW Wellengenerators

Brandl Motor Calvinstr. 24 10557 Berlin

