

# WINDKRAFTANLAGEN IN GROSSBRITANNIEN

## Fakten, vorgestellt von Rick Roberts

Im britischen Windenergie-Programm, das seit einigen Jahren mit immer stärkerer Intensität vorangetrieben wird, war 1986 mit der Inbetriebnahme der ersten großen Windkraftanlage mit Vertikalachs-Rotor (VAWT) in der südwalisischen Carmarthen Bay ein großer Sprung nach vorn zu verzeichnen.

Im Juni 1987 wurde 45 km vor der Südwestspitze England in St. Mary auf den Scilly-Inseln mit dem Bau des ersten kommerziellen Prototyps mit 17 m Rotordurchmesser und 100 kW Leistung begonnen.

Die Inbetriebnahme des 130-kW-Prototyps mit 25 m Rotordurchmesser in der Carmarthen Bay durch den britischen Energieminister David Hunt im November 1986 wurde vom Erfinder der Anlage, Dr. Peter Musgrove, als ein wichtiger Fortschritt in Richtung auf den Tag bezeichnet, an dem gigantische Multi-MW-Anlagen in größeren Gruppen vor der Küste stehen würden – das endgültige Ziel des Forschungsprogramms.

Dieser Forschungs-Prototyp ist auf dem Gelände eines ehemaligen Kohlekraftwerks errichtet worden, das an einer ungeschützten Stelle der Küste an der Mündung des River Burry liegt und den vorherrschenden, vom Atlantik hereinwehenden Südwestwinden ausgesetzt ist.

Obwohl die Entwicklung der bekannteren Horizontalachsen-Anlage (Propellertyp) weiter fortgeschritten ist und verschiedene Typen in vielen Regionen der Erde kommerziell im Einsatz sind, bietet die Windkraftanlage mit Vertikalachs-Rotor variabler Geometrie (VGVAWT) mehrere deutliche Vorteile.

Ihr vielleicht augenfälligster Vorzug besteht darin, daß sie Wind aus jeder Richtung aufnehmen kann, ohne in den Wind gedreht werden zu müssen, so daß eine Richtungssteuerungsanlage nicht erforderlich ist. Getriebe und Generator können auf Bodenniveau untergebracht werden. Zyklische aerodynamische Belastungen, die sich aus Windgeschwindigkeitsschwankungen und Höhe ergeben, sind leicht zu vermeiden.

## Variable Geometrie

Die Rotationsgeschwindigkeit der Musgrove-Windkraftanlage kann durch Änderung des Einstellwinkels der Rotorblätter gesteigert oder gedrosselt werden. Dieses Prinzip der variablen Geometrie ermöglicht es, die Leistungsabgabe ohne Abstellen der Anlage hydraulisch zu regeln. Die Rotorblätter sind angelenkt, so daß sie bei hohen Windgeschwindigkeiten pfeilspitzenförmig beigeklappt werden können.

Schätzungen zufolge wären künftige, vor der Küste installierte VAWTs vier Mal so groß wie der Carmarthen-Bay-Prototyp, der von der Vertical Axis Wind Turbines (VAWT) Ltd entwickelt und gebaut worden ist.

Sobald der Nachweis für den zufriedenstellenden Betrieb dieser Anlage erbracht ist, wird sie der Energy Technology Support Unit (ETSU) der United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA) übergeben, die – als Repräsentant des britischen Energieministeriums – die Durchführung eines Testprogramms organisieren wird.

Wenn feststeht, daß die Anlage kommerziell lebensfähig ist, wird die zentrale Elektrizitätsbehörde von England und Wales sie zu einem Preis kaufen, der sich nach dem Wert der von ihr in das staatliche Netz eingespeisten Elektrizität bemißt.

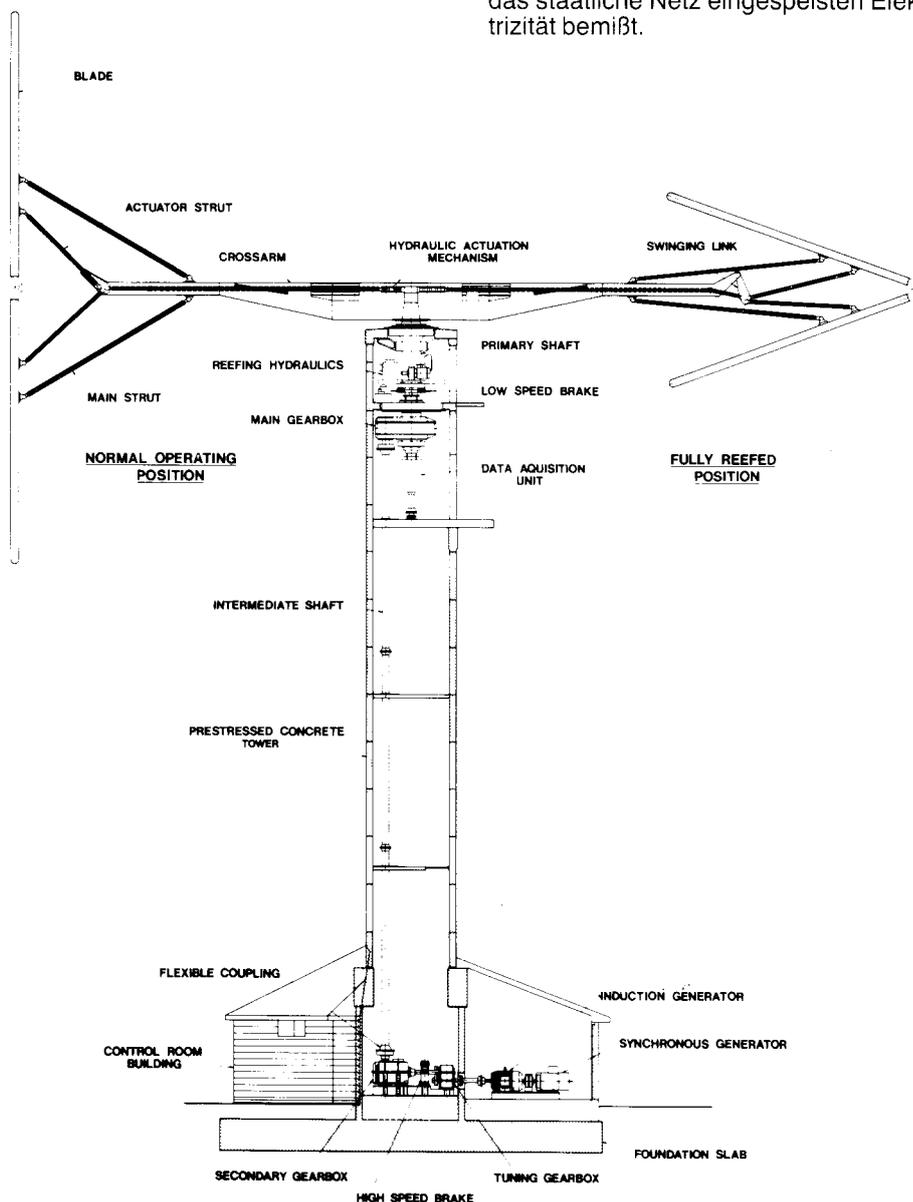
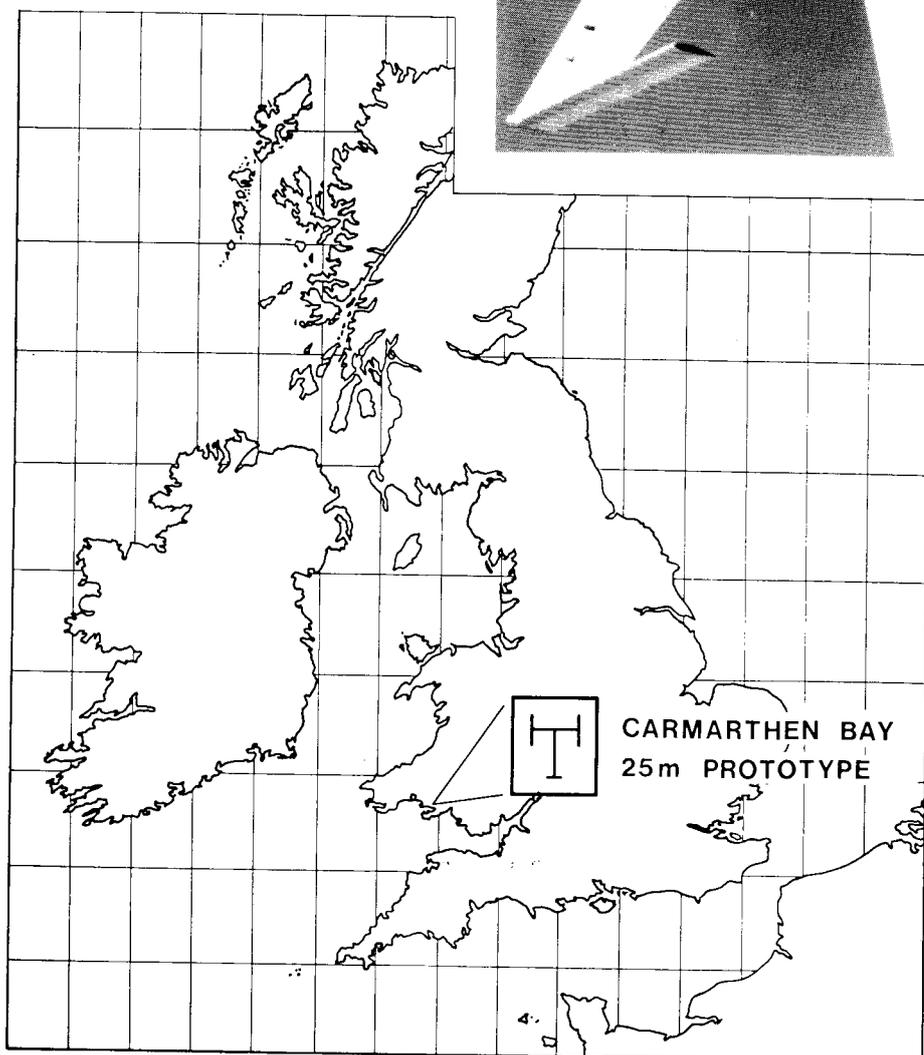
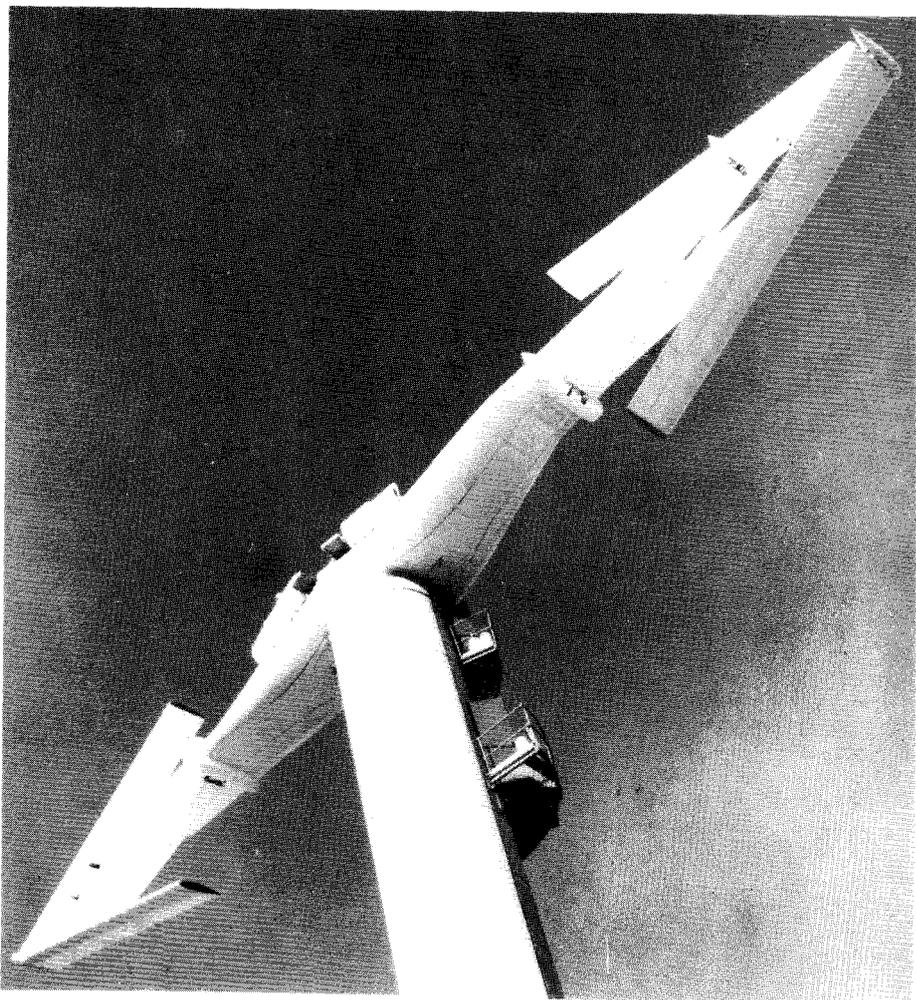


Diagramm des 130-kW-Prototyps einer Musgrove-Windkraftanlage mit Vertikalachs-Rotor in der walisischen Carmarthen Bay. (BFF)

## Testprogramm

Während des zweijährigen Testprogramms wird die Anlage in verschiedenen Betriebsarten arbeiten, wobei umfassende Meß- und Regeleinrichtungen Konstruktion und Leistung überwachen und es damit ermöglichen, Konstruktionsparameter zu bestätigen und zu verbessern. Die Ergebnisse werden dann mit gleichzeitig durchgeführten Konstruktionsstudien verglichen, um festzustellen, welche Anordnung und welche Betriebsart die leistungsfähigste und wirtschaftlichste ist.

Ergänzend zu dem Carmarthen-Bay-Forschungsprogramm ist die 100-kW-Anlage mit 17 m Rotordurchmesser, die gegenwärtig in St. Mary's in Bau ist, im Hinblick auf den wachsenden Weltmarkt für Anlagen dieser Größe für Großserienproduktion ausgelegt. Planung und Konstruktion des Prototyps werden gemeinschaftlich von der VAWT Ltd und Davidson and Company Ltd in Belfast durchgeführt mit finanzieller Unterstützung durch das britische Handels- und Industrieministerium und die Europäische Gemeinschaft.



oben: Die Vertikalachs-Rotor-Windkraftanlage mit Vertikalachs-Rotor in der walisischen Carmarthen Bay. (BFF)  
unten: Karte der Britischen Inseln mit eingezeichnetem Standort des Prototyps einer Vertikalachs-Rotor-Windkraftanlage in der südwalisischen Carmarthen Bay. (BFF)

## Andere Konstruktion

Nach seiner Fertigstellung wird der Prototyp ans Inselnetz gehen. Dann soll untersucht werden, wie seine Ausgangsleistung, die über Tag nur einen relativ geringen, nachts jedoch einen beträchtlichen Strombedarfsanteil decken könnte, mit der Leistung des dieselgenerator gespeisten Netzes kombiniert werden kann.

Die kommerzielle Prototyp-Anlage mit einem 18 m hohen Turm auf St. Mary's wird zwar ein Musgrove-Typ sein, sich allerdings hinsichtlich der Konstruktion von der Carmarthen-Bay-Anlage erheblich unterscheiden. Bei dieser Konstruktion sitzt der Rotor auf einem Torsionsrohr in einem Stahldreifüß, der in einem Betonsockel verankert ist. Die Rotorblätter werden aus epoxyharz imprägniertem Holz gefertigt und sind mit Aluminiumverstrebungen und einem Querarm aus Stahl versehen. Der Blattstellwinkel wird durch eine elektromechanische Gewindespindel im Querarm verändert.

Drucklager an der Basis des Torsionsrohrs nehmen das Gewicht des Rotors auf, wo der Antrieb zu ebener Erde mit dem Getriebe und den Generatoren verbunden ist. Regelsysteme und Schaltgerät befinden sich ebenfalls zu ebener Erde, was Zugang und Wartung erleichtert. Mit zwei Asynchrongeneratoren soll größtmögliche Leistung unter

allen Windbedingungen erreicht werden. Die kleinere Einheit wird bei niedrigen Windgeschwindigkeiten eingesetzt, die größere bei Geschwindigkeiten über 9 m/s.

Der VAWT-Rotor der Carmarthen-Bay-Anlage hat zwei gerade Blätter in Tragflügelform ohne Verjüngung oder Verwindung. Jedes Blatt besteht aus zwei Hälften, die so angelenkt sind, daß sie bei hohen Windgeschwindigkeiten mit einem Hydraulikmechanismus, der in dem Querarm untergebracht ist, zu einer Pfeilspitzenkonfiguration von 70° angewinkelt werden können.

Um Materialien für die vier Mal größeren Offshore-Anlagen zu testen, die das Planziel für die Zukunft sind, werden Rotorblätter und Verstreben aus einer handelsüblichen Stahlsorte in Schalenbauweise mit Gelenken aus hochfestem Stahl hergestellt. Die Verkleidungen an den Verbindungsstellen von Blättern und Verstreben und am Querarm bestehen aus GFK.

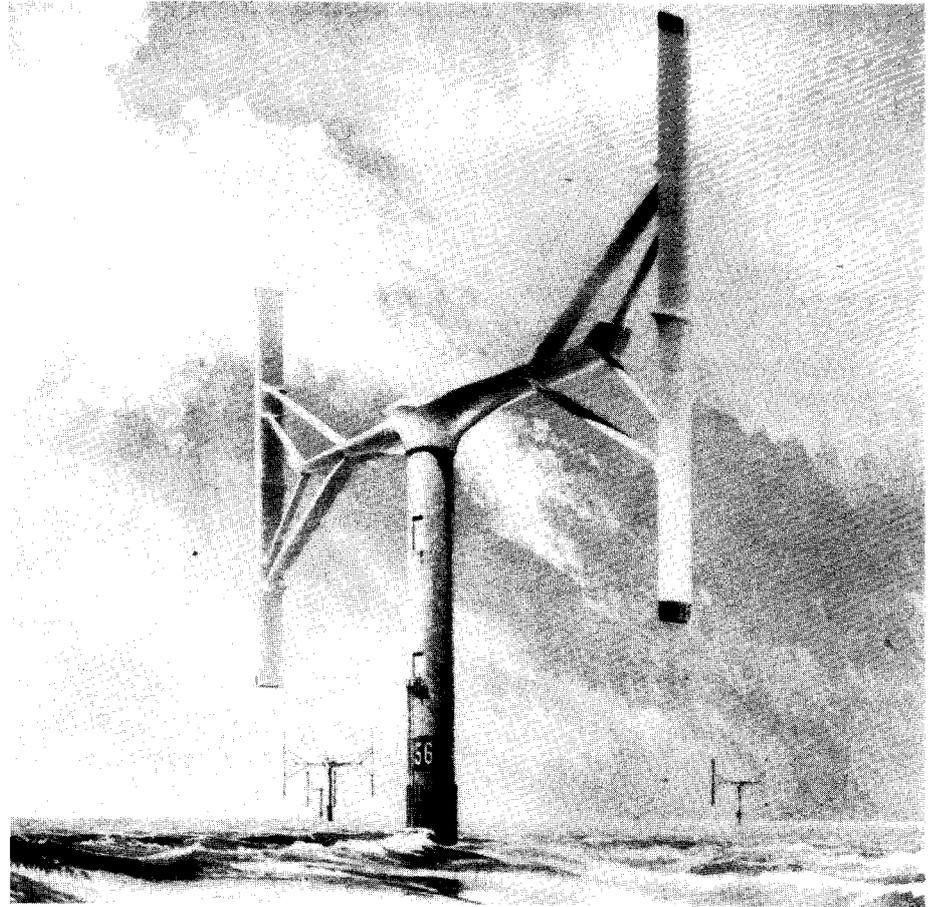
## Test auf optimalen Wert

Der Rotor wird auf einer in Kegelrollenlagern geführten Antriebswelle montiert und ist mit dem Hauptgetriebe oben auf den Turm verbunden. Eine Vorgelegewelle überträgt den Antrieb auf ein Sekundärgetriebe zu ebener Erde. Jedes Wellenende ist mit den jeweiligen Getrieben durch eine elastische Kuppelung verbunden, die einstellbar ist, um unterschiedliche Starrheitsgrade zu testen.

Ein weiteres Getriebe ermöglicht die optimale Einstellung von Rotationsgeschwindigkeit und Übersetzungsverhältnis, des maximalen aerodynamischen Wirkungsgrads zu gewährleisten. Es sind zwei mechanische Bremsen eingebaut: eine an der Antriebswelle und eine an der hochtourigen Seite des Sekundärgetriebes. Eine elektrische Bremseneinrichtung ist ebenfalls vorhanden, so daß die optimale Bremsenkombination während des Testprogramms ermittelt werden kann.

Die Elektrizitätserzeugung erfolgt entweder durch zwei liegend eingebaute Generatoren, die hintereinander mit dem Hochleistungsgetriebe verbunden sind. Der erste ist ein Asynchrongenerator mit einem Volllastschlupf von 1,3%. Die zweite, direkt mit dem Asynchrongenerator gekoppelte Einheit ist ein Synchrongenerator. Er wird verwendet, wenn die Windkraftanlage mit konstanter Drehzahl laufen soll.

Eine alternative Betriebsmöglichkeit für den Synchrongenerator ist die Nutzung einer Wechselstrom-Gleichstrom-Wechselstrom-Verbindung zur Aufnahme variabler Rotationsgeschwindigkeiten und damit zur Optimierung des aerodynamischen Wirkungsgrads der Anlage. Erzeugt wird Strom mit einer Spannung von 415 V, der zur Einspeisung in das Erdkabel auf 11 kV umgespannt wird.



Zukunftsvision einer Offshore-Windfarm. (BFF)

### Technische Daten des Carmarthen-Bay-Prototyps:

● Rotordurchmesser	25 m
● Nennleistung	130 kW
● Rotorkreisfläche	450 m <sup>2</sup>
● Nennwindgeschwindigkeit	11 m/s
● Rotorblattlänge	18 m (Spitze – Spitze)
● Rotationsgeschwindigkeit	Variabel bis 27/min
● Rotorblatt-Tragflügelprofil	NACA 0015
● Rotorblatt-Profilsehne	1,25 m
● Turmhöhe	25 m
● Abschalt-Windgeschwindigkeit	30 m/s

Turm und Basis des 25 m hohen Carmarthen-Bay-Prototyps sind aus Beton gefertigt – dem Material, dessen Einsatz auch für den Bau von Offshore-Anlagen am wahrscheinlichsten ist. Fundamente und Turmsockel wurden aus Beton vor Ort gegossen, während der Turm aus vorgefertigten Betonringen zusammengesetzt wurde, die mit Mörtel verpreßt wurden, um ihre gerade Ausrichtung zu gewährleisten; die Spannglieder wurden nach dem Abbinden des Betons angespannt.

In den Kontroll- und Betriebsräumen am Fuß des Turms befinden sich die für die Regelung und Überwachung des Anlagenbetriebs erforderliche Computer-Ausrüstung sowie Generatoren, Schaltanlagen und Meßausrüstungen.

In diesem Forschungs-Prototyp sind flexible Regelsysteme und umfangreiche Überwachungssysteme installiert worden. Sie bestehen aus Computer-Anlagen für Betriebskontrolle, Datener-

fassung und -analyse, einen Meßwert-erfassungssystem und über 200 Meßwandlern, für die Sammlung von Daten.

Der Steuercomputer ist darauf programmiert, Vor-Start-Kontrollen, Start, Korrektur des Rotorblatt-Anstellwinkels entsprechend den Windbedingungen sowie normale und Krisenabschaltungen auszuführen. Ein separates Abschaltssystem ist außerdem für Notfälle vorhanden.

Aerodynamische und strukturelle Daten werden mit Meßfühlern an Rotorblättern, Verstreben, Querarm und Turm ermittelt. Sie messen Belastungen, Schwingungen sowie Luftdruck und liefern Positionsdaten. All diese Werte werden mit anderen Daten von den elektrischen Schalteinrichtungen und zwei meteorologischen Meßstationen für Computer-Analysen und Vergleiche mit Rechnerprognosen kombiniert.