Gezeitenkraftwerke in der VR China

Autor(en): **Wiesegart, Kurt**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **76 (1984)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941210

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gezeitenkraftwerke in der VR China

Kurt Wiesegart

Das Hauptproblem bei der zukünftigen Energieversorgung aller Länder ist die Begrenztheit der nichtregenerierbaren Energieträger – das sind im wesentlichen Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran. Das gilt auch für ein Land, das gemessen an den vorhandenen Energievorkommen zu jenen Ländern zählt, die auf sehr grosse Energieressourcen verweisen können – die VR China. So hat China die grössten Wasserkraftreserven der Welt, die drittgrössten Kohlereserven, grosse Erdöl- und Erdgasvorkommen und umfangreiche Uranvorkommen. Die technisch erschliessbaren Wasserkraftwerke belaufen sich auf 370 Mio kW; die geologischen Kohlevorräte betragen nach chinesischen Angaben rund 5000 Mrd. t, über 600 Mrd. t gelten als nachgewiesen. Die nachgewiesenen Erdölreserven belaufen sich auf etwa 2 Mrd. t, die prognostizierten Reserven betragen nach chinesischen Angaben aber 30 bis 60 Mrd. t. Die nachgewiesenen Reserven an Natururan werden als ausreichend bezeichnet, um Druckwasserreaktoren mit einer Gesamtkapazität von 15000 MW für die Dauer von 30 Jahren versorgen zu können – das heisst die doppelte Kapazität der im Jahre 1978 in der Bundesrepublik verfügbaren Kernkraftwerke könnte über drei Jahrzehnte lang bedient werden[1].

Soweit die absoluten Zahlen. Trotz dieser zum Teil gigantisch anmutenden Grössen sind diesen riesigen Vorkommen Grenzen der Verfügbarkeit gesetzt. Die Ressourcen sind regional ungleich verteilt. Die Kohlevorkommen – Kohle ist mit einem Anteil von 70% am Energieverbrauch der wichtigste Energieträger des Landes – sind zum überwiegenden Teil im Norden, die Wasserkraftreserven im Südwesten konzentriert. Die Ressourcen sind aber nicht dort, wo der grösste Energiebedarf besteht: in den Industriezentren an der Ostküste des Landes. Die Energieträger müssen über weite Entfernungen in die Bedarfsregionen transportiert werden.

Von den geologischen Ressourcen sind in der Regel nur 25 bis 80% (je nach Energieträger) wirtschaftlich nutzbar – sei es, weil ungünstige geologisch-technische Aufschlussbedingungen gegeben sind oder weil diese Regionen infrastrukturell unerschlossen und schwer zugänglich sind und/oder weil die technisch-wirtschaftliche Abbaurate begrenzt ist.

Wenn man schliesslich die Ressourcen umrechnet auf die Vorkommen pro Kopf der Bevölkerung, so sehen diese Grössenordnungen schon bedeutend ungünstiger aus, als es der Vergleich mit anderen Energiegiganten wie zum Beispiel der Sowjetunion und den USA in absoluten Zahlen vermittelt. Letztere haben ein vergleichbar grosses Energiepotential, aber nur einen Viertel bzw. nur einen Fünftel der Bevölkerung Chinas. So ergeben sich bei den oben angeführten Energieträgern (einschliesslich Wasserkraft)[2] von insgesamt 681 Mrd. t SKE statistische Reserven pro Kopf der Bevölkerung von etwa 690 t, mehr als der Weltdurchschnitt, aber wesentlich weniger als die Pro-Kopf-Reserven der Sowjetunion und der USA. Berücksichtigt man die technisch-wirtschaftliche Abbaurate, so bleiben pro Kopf etwa 250 t SKE an Energiereserven.

Bisher liegt der Verbrauch an kommerziellen Energieträgern in China mit 0,6 t pro Jahr und Kopf der Bevölkerung noch weit unter dem Weltdurchschnitt und beträgt kaum 10% des Pro-Kopf-Energieverbrauchs der europäischen Industrieländer.

Aus diesen und anderen Gründen sehen sich auch die chinesischen Wirtschaftsplaner veranlasst, weitere Energieträger zu erschliessen. Ansätze sind die Erforschung und Nutzung von Biogas, von Erdwärme, von Windenergie, direkter Sonnenenergie und von Gezeitenenergie[3].

Die Nutzung der Gezeitenenergie

Offenbar unbemerkt von der westlichen Fachwelt nahm in der VR China inzwischen das dritte Gezeitenkraftwerk die Stromerzeugung auf. Während in der einschlägigen Literatur unter Gezeitenkraftwerke in der Regel nur jenes an der Rance-Mündung (Normandie) mit 240 MW und bestenfalls als zweitgrösstes Gezeitenkraftwerk noch jenes in der Sowjetunion am Barent-See (0,8 MW) erwähnt werden, sind in China Pilotanlagen mit einer Gesamtkapazität von immerhin rund 4 MW im Bau oder haben schon die Stromerzeugung aufgenommen. Die wachsende Zahl der Artikel in chinesischen Fachzeitschriften zeigt, dass man der Gezeitenenergie zunehmende Bedeutung bei der Energieversorgung der Küstenregionen beimisst.

Unter Gezeitenenergie versteht man jene Bewegungsenergie, die in den Wassermassen durch den Wechsel von Ebbe und Flut (Tidenhub) enthalten ist. Die aus dem Steigen und Fallen des Meeresspiegels freiwerdende Energie kann durch Errichtung eines Dammes mittels Wasserkraftturbinen (Kaplan-Turbinen) in Strom umgewandelt werden.

Der Tidenhub an Meeresküsten ist sehr unterschiedlich. Er kann wie zum Beispiel bei Springflut an bestimmten Stellen der Erde bis zu 21 m hoch sein, wie dies an der kanadischen Westküste der Fall ist. Wirtschaftlich nutzbar in einem Kraftwerk wird die Gezeitenenergie ab einem Tidenhub von 3 bis 5 m. Neben dem Tidenhub müssen für die Nutzbarkeit auch bestimmte geographische Bedingungen gegeben sein, zum Beispiel Meeresbuchten von einer bestimmten Tiefe und Ausdehnung oder Flussmündungen. Die erforderlichen Bedingungen sind nur an wenigen Stellen auf der Erde gegeben. Das weltweit technisch nutzbare Potential wird auf

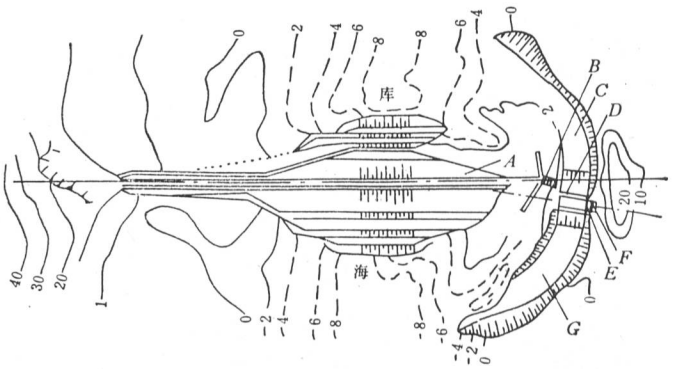

图 1 江厦潮汐电站枢纽总布置图

A—大坝；*B*—水闸；*C*—库侧渠道；*D*—厂房；
E—装卸场；*F*—开关站；*G*—海侧渠道。

Grundriss der Anlage Jiangxia.

[1] Zu Ressourcen, Produktion und Entwicklungsperspektiven in den jeweiligen Energiebereichen vgl. *Kurt Wiesegart:* Der Kohlenbergbau in der Provinz Shanxi, in: Glückauf, Nr. 8, 1984, S. 480 ff.; ders.: Erdöl und Gas in der Volksrepublik China, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Nr. 4, 1984, S. 269 ff.; ders.: Kernenergie zur Lösung von Chinas Energieproblemen?, in: BWK, Nr. 1/2, 1984, S. 31 ff.

[2] Die Lebensdauer der Wasserkraftreserven wurde dabei auf 100 Jahre begrenzt. Vgl. *Li Wenyuan:* Wo guo kuangchan ziliao yu dili weizhi de diqu chayi, in: Dili Yanjiu, Nr. 1, 1982, S. 19 ff.

[3] Eine Veröffentlichung des Autors über die Nutzung und Entwicklungsperspektiven von Biogas, Geothermik, Wind und direkter Sonnenenergie ist in Vorbereitung.

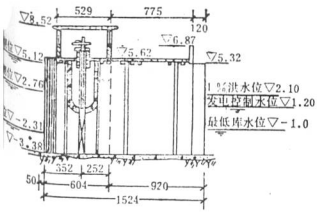

图 3 泄水闸剖面图

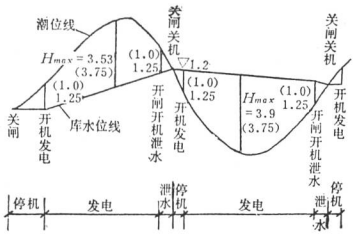

图 5 双向发电和双向泄水的操作曲线

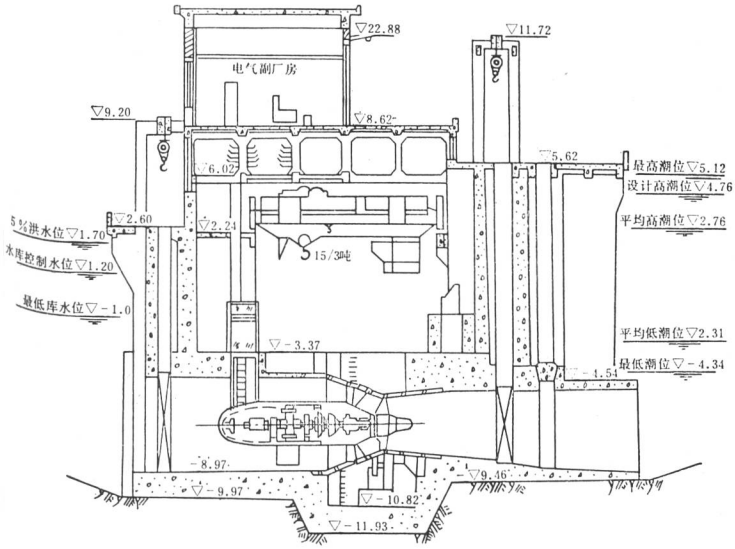

图 4 厂房横剖面图

Kraftstation Jiangxia mit Schleusen, Turbinen- und Generatorenraum; rechts oben: Zyklus des Wasserdurchlaufs und Generatorenbetriebs.

Quelle: Li Zhenrong: Jiangxia chaoxi shyvan dianzhan sheji yunxing chubu congjie, in: Shuili Fadian, Nr. 4, 1984.

160 bis 180 GW, das wirtschaftlich nutzbare auf 64 GW geschätzt.

In England wurde Gezeitenenergie seit dem 11. Jahrhundert bereits zum Antreiben von Wassermühlen genutzt; weltweit sind heute aber nur wenige Kraftwerke in Betrieb, die diese Bewegungsenergie in Strom umwandeln. Das bisher grösste Gezeitenkraftwerk wurde 1966 in Nordfrankreich an der Rance-Mündung in St-Malo mit 240 MW in Betrieb genommen.

Kraftwerke dieser Art haben während der Betriebszeiten im Vergleich zu Laufwasserkraftwerken den Vorteil, dass sie nicht von der Wassermenge des Flusses, der wechselnden Niederschlagsmenge und/oder der Verschlammung abhängig sind.

Nachteilig sind jedoch die durch den zyklischen Wechsel der Tiden bedingten periodischen Unterbrechungen in der Stromerzeugung und die zeitliche Verschiebung der Gezeiten. Die Einspeisung einer derart wechselhaften Kraftquelle ins Netz erfordert grosse Geschicklichkeit bei der Koordination von Stromerzeugung und Verteilung. Da die durch den Tidenwechsel bedingten Unterbrechungen der Stromerzeugung auch in Spitzenlastzeiten fallen können, können derartige Kraftwerke eine kontinuierliche Stromversorgung der Verbraucher nicht sicherstellen.

Das Tidenpotential Chinas

Die geographischen Möglichkeiten für die Nutzung dieser Kraftwerke sind in China sehr gross. Es gibt insgesamt eine Küstenlänge von etwa 14000 km (einschliesslich der Inseln). Geht man von den theoretisch für Gezeitenkraftwerke

Tabelle 1: Übersicht über die regionale Verteilung des Gezeiten-Energiepotentials in China

	Erschliessbares Stromerzeugungspotential in Gezeitenkraftwerken (Mrd. kWh/Jahr)	Anteil der Regionen am Gesamtpotential %
China insgesamt	275,16	100,0
Zhejiang	114,6	41,6
Fujian	108,1	39,4
Shandong	16,5	6,0
Guangdong	13,3	4,8
Liaoning	11,3	4,3
andere[1]	10,9	3,8

[1] einschl. Taiwan. Der statistische Anteil Taiwans beträgt 0,2%.

Quelle: Zhu Chengzhang: Wo guo de chaoxi dongli ziyuan, in: «Xin Nengyuan» Nr. 3, 1981

geeigneten Buchten und Flussmündungen mit einer Länge von 2 bis 5 km (oder darüber) und einer Tiefe von mehr als 10 m aus, so könnten rund 500 Stellen für die Errichtung von Gezeitenkraftwerken in Betracht gezogen werden. Die technisch erschliessbaren Kapazitäten und die gewinnbare Leistung wird in chinesischen Quellen mit 110 GW und 270 Mrd. kWh angegeben[4]. Diese Kapazität entspricht fast der doppelten Kapazität aller im Jahr 1981 errichteten Generatorenkapazitäten des Landes und die Leistungsfähigkeit etwa der gesamten Stromerzeugung des gleichen Jahres. Das Tidenpotential in China ist allerdings sehr ungleich entlang der chinesischen Küste verteilt. In den beiden Südprovinzen Fujian und Zhejiang sind 81% des gesamten Potentials konzentriert (Tabelle 1), weitere 6% sind in Shandong und rund 5% in Guangdong.

In der Literatur wird schon in den 50er Jahren von der Nutzung der Gezeitenenergie in der Südprovinz Guangdong berichtet. Es werden allerdings keine näheren Angaben gemacht. Ende 1958 wurde in Shanghai eine Konferenz durchgeführt, um die geologisch-technischen Möglichkeiten für die Errichtung von Gezeitenkraftwerken zu erörtern. Aber erst Anfang 1973 wurde mit dem Bau der ersten Pilotanlage begonnen, und zwar in der Provinz Zhejiang im Kreis Wenling.

Die Kapazität dieses Kraftwerkes (Jiangxia) ist auf 3 MW ausgelegt mit 6 Maschineneinheiten zu je 0,5 MW. Die jährliche Stromproduktion soll nach der Fertigstellung 10,7 Mio kWh betragen. Die Dammlänge, die den Zugang zum Meer abschliesst, beträgt 686 m. Das isolierte Becken hat ein Stauvolumen von 4,97 Mio m³, von denen 2,78 Mio m³ zur Stromerzeugung nutzbar sind. Der höchste Tidenhub beträgt an dieser Stelle über 8 m. Die Ausrüstungen für dieses Kraftwerk wurden in China hergestellt.

Der erste Maschinensatz (Turbine und Generator) begann im Mai 1980 die Stromerzeugung aufzunehmen. Bis Juni 1983 war er insgesamt 9453 Stunden in Betrieb und erzeugte 3,03 Mio kWh. Es handelt sich bei diesem Maschinensatz (Typ GZN-005) um verstellbare Turbinen – ähnlich wie im Gezeitenkraftwerk an der Rance-Mündung, die in beiden Richtungen betrieben werden können. Bisher wurde der Maschinensatz allerdings nur bei auflaufendem Wasser in Betrieb genommen, da Becken und Schleuse noch nicht für den Ablaufbetrieb ausgerüstet sind[5]. Nach Aufnahme des Ablaufbetriebes ist eine jährliche Betriebsdauer von insgesamt 5400 Stunden vorgesehen.

[4] Vgl. *Xu Shoubo:* Nengyuan jishu jingjixue, Changsha 1981, S. 31.

[5] Vgl. *He Yougen:* Jiangxia chaoxi shiyan jianzhan yihao ji fadian yungxing de tedian ji dan ji yunxing shi de shuiku tiaodu, in: Xin Nengyuan, Nr. 3, 1984, S. 33 ff.

Der Bau des zweitgrössten Gezeitenkraftwerkes wurde bereits 1970 geplant. Dieses Kraftwerk Baishakou, Provinz Shandong, wird nach Fertigstellung mit einer Gesamtkapazität von 0,96 MW (6 Maschineneinheiten zu je 0,16 MW) jährlich 2,32 Mio kWh erzeugen.

Im August 1978 nahmen die beiden ersten Maschinensätze die Produktion auf; zwei weitere Einheiten gingen im April 1983 ans Netz. Der durchschnittliche Tidenhub beträgt an dieser Stelle 12,4 m und schwankt zwischen 10,4 und 14,7 m. In den fünf Jahren des Betriebes liefen die ersten beiden Maschineneinheiten jeweils 8200 Stunden und 9000 Stunden. Bei den vertikal angeordneten Durchlaufturbinen handelt es sich offenbar nicht um Umkehrturbinen. Die geplante Laufzeit beträgt nur 2500 Stunden pro Jahr[6].
Eine dritte Pilotanlage – das erste automatische Gezeitenkraftwerk in China – ist seit Juni 1983 in Betrieb. Es hat eine Generatorenkapazität von 150 kW und liegt in der Yangtse-Bucht im Kreis Taicang (Provinz Jiangsu)[7].
Erwähnenswert ist ferner noch eine kleine Pilotanlage zur Umwandlung von Wellenenergie in Strom. Diese Kraftanlage zu Forschungszwecken ist vor der Küste von Shanghai installiert und bringt bei einer Windstärke 3 und einer Wellenhöhe von 0,2 m eine Leistung von 60 W[8].
Noch laufen die Anlagen im Versuchsbetrieb und auch nicht frei von Kinderkrankheiten. Jiangxia beispielsweise musste zwischen Dezember 1980 und Dezember 1981 stillgelegt werden, weil die Turbinenschaufeln bereits Korrosionsanzeichen aufwiesen und weil das Getriebe, das die Umdrehungsgeschwindigkeit der Turbinen von 118 Umdrehungen/min auf 500 Umdrehungen/min für den Generator beschleunigt, den Anforderungen nicht gewachsen war[10]. Auch die beiden seit 1978 laufenden Maschinensätze der Station Baishakou mussten zwischendurch wegen Reparaturarbeiten rund 1000 Tage abgeschaltet werden. Dennoch verfolgt man diese Projekte weiterhin mit grosser Ernsthaftigkeit.
Gemäss den bisherigen Forschungsergebnissen sind nach Ansicht chinesischer Wissenschaftler drei Standorte besonders geeignet für die Errichtung grosser Kraftwerkseinheiten:
– Die Mündung des Qiantang-Flusses bei Hangzhou. Die Tidenwechsel könnten hier Generatoren von insgesamt 4500 MW betreiben und jährlich 18,65 Mrd. kWh Strom erzeugen. Zum Vergleich: das grösste Kraftwerk, das zurzeit in China errichtet wird, ist das Wasserkraftwerk Gezhouba am Yangtse mit einer geplanten Kapazität von 2700 MW. Die Nähe dieses Standortes zu den Grossstädten Hangzhou und Shanghai ist günstig, so dass die Stromleitungskosten gering gehalten werden könnten.
– Die Mündung des Yangtse. Hier könnte ein Kraftwerk mit einer Kapazität von insgesamt 800 MW Strom erzeugen.
– Die Queqing-Bucht in der Provinz Zhejiang mit einer potentiellen Stromerzeugungskapazität von 550 MW, jährliche Leistungsfähigkeit bis zu 2,34 Mrd. kWh.
Eine Realisierung dieser Projekte ist gegenwärtig jedoch noch nicht in konkreter Planung. Allerdings wird der Bau grösserer Anlagen auch unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten durchaus in Erwägung gezogen. Die Investitionskosten pro kW Leistung liegen zwar wesentlich höher als bei fossil befeuerten Grosskraftwerken. Der Investitionsaufwand der Pilotanlage Baishakou pro kW lag bei 2864 Yuan. Nach bisherigen Berechnungen ergibt sich ein Investitionsaufwand für grössere Projekte von 2000 bis 4000 Yuan pro kW installierte Leistung. Der Investitionsaufwand für grössere Wärmekrafteinheiten liegt dagegen bei etwa 600 Yuan pro kW. Für herkömmliche Wasserkraftwerke werden etwa 900 Yuan pro kW zugrunde gelegt.
Bei Einbeziehung der Kosten für die Bereitstellung von Kohle ergibt sich – einschliesslich der Schaffung von Förderkapazitäten, Transportkapazitäten sowie Umweltschutzmassnahmen – nach chinesischen Berechnungen für Wärmekraftwerke allerdings bereits ein Investitionsaufwand von etwa 1300 Yuan pro kW. Ferner sind die Betriebskosten der Gezeitenkraftwerke wesentlich niedriger. Sie beliefen sich im Jiangxia-Kraftwerk auf etwa 0,08 Yuan pro kWh – etwa die Hälfte der Betriebskosten der lokal errichteten Wärmekrafteinheiten[9]. Eine wesentliche Verkürzung der Amortisationsdauer von Gezeitenkraftwerken ergibt sich, wenn – wie chinesische Befürworter von Gezeitenkraftwerken betonen – den Investitions- und Betriebskosten neben den Erträgen aus dem Stromverkauf auch Einnahmen gegenübergestellt werden, die von im Staubecken gezüchteten Fischen, Krabben u.ä. erzielt werden können[10]. Unter Berücksichtigung aller potentiellen Ertragsquellen ergab sich beispielsweise für die Station Baishakou (gesamte Investitionsaufwendungen: 420 Mio Yuan) eine Amortisationsdauer von nur 12 Jahren.

Perspektiven

Gezeitenenergie wird in China auf absehbare Zeit sicher keinen nennenswerten Anteil bei der Energieversorgung einnehmen. Heimische Kohle wird weiterhin mit Abstand der wichtigste Energieträger bleiben, ergänzt durch Wasserkraft, Erdöl und Erdgas und ab Anfang der 90er Jahre wohl auch Atomkraft. Für bestimmte Regionen des Landes aber können regenerierbare Energiequellen bedeutsam werden, sei es, um das überregionale Transportaufkommen an Energieträgern wie Kohle oder Erdöl zu reduzieren, oder sei es, um bestimmte Regionen überhaupt, wenn auch nur in begrenztem Umfang, mit Energie zu versorgen, die sonst mangels eigener Vorkommen an konventionellen Energieträgern und mangels überregionalen Transportkapazitäten (einschliesslich Stromleitungen) weiterhin ohne Stromversorgung bleiben würden und auf pflanzliche Brennstoffe beschränkt wären.
Gegenwärtig sind noch rund 50% aller chinesischen Dörfer ohne Stromversorgung. Dies sind vor allem ländliche Einheiten auf Inseln, in Gebirgsgegenden, Steppengebieten und in abgelegenen Regionen. Die meisten der regenerierbaren Energiequellen sind in hochindustrialisierten Ländern mit gut ausgebauten Energieversorgungssystemen unter rein wirtschaftlichen Aspekten gegenwärtig noch kaum mit anderen Energieträgern konkurrenzfähig. In Ländern aber, die nicht über ein ausreichendes Stromversorgungsnetz verfügen, stellt die Nutzung von regenerierbaren Energiequellen wie Wind, Geothermik, Biogas und möglicherweise auch Gezeitenenergie durchaus eine sinnvolle Alternative dar.

Adresse des Verfassers: *Kurt Wiesegart,* Dipl.-Kfm., HWWA, Institut für Wirtschaftsforschung, Neuer Jungfernstieg 21, D-2000 Hamburg 36.

[6] Vgl. *Yu Shichuan, Geng Xinsheng:* Shandong sheng Rushan xian Baishakou chaoxi dianzhan gongcheng quingkuang, in: Xin Nengyuan, Nr. 3, 1984, S. 29 ff.

[7] Vgl. Xinhua News Agency, Nr. 12656 vom 9. September 1983.

[8] Vgl. *Xu Qiwang:* Guanyu wo guo laiyang nengyuan de kaifa he yanjiu, in: Nengyuan, Nr. 1, 1984, S. 9 ff.

[9] Vgl. *Guo Genfa, Liu Bairong:* Jiangxia chaoxi shiyan dian – zhan de yunxing tiaodu guanli, in: Xin Nengyuan, Nr. 3, 1984, S. 39 f.

[10] *Li Zhenrong:* Jiangxia chaoxi shiyan dianzhan sheji yunxing chubu congjie, in: Shuili Fadian, Nr. 4, 1984, S. 12 ff.