

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 5 (1950)
Heft: 1

Artikel: Wellenkraftwerke und Flutkraftwerke : kann man die Energie des Meeres ausnützen?
Autor: Kroeber, Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-653407>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wellenkraftwerke und Flutkraftwerke

Kann man die Energie des Meeres ausnützen?

Von Ing. Rudolf Kroeber

Der empfindsame Naturfreund wird vom Wellengang des Meeres, besonders aber von der imponierenden Brandung, immer wieder beeindruckt. Wenn der aufmerksame Beobachter Techniker ist, dann mag es geschehen, daß er Berechnungen anstellt, welche gewaltige Energiemengen jahraus, jahrein an den endlosen Küsten der Kontinente und Inseln ungenutzt zerschellen; und wenn seine Überlegungen zu einem günstigen Ergebnis führen, dann wird er sich Gedanken machen, ob und auf welche Weise diese unerschöpfliche Energiequelle dem Menschen dienstbar gemacht werden kann. Die Idee ist so naheliegend, daß schon seit vielen Jahrzehnten, vermutlich sogar erheblich länger von mehr oder weniger berufener Seite allerlei Lösungen für dieses Problem vorgeschlagen wurden, vielfach gleich im Zusammenhang mit der Planung großer Brandungskraftwerke.

Praktisch sind jedoch derartige Projekte, sofern sie überhaupt Gestalt annahmen, kaum über ein gewisses Versuchs- oder Entwicklungsstadium herausgekommen. Es besteht kein Zweifel, daß sich der Verwirklichung solcher Anlagen erhebliche Schwierigkeiten mannigfacher Art entgegenstellen. Besonders augenfällig sind die unberechenbaren, gewaltigen Zerstörungskräfte, die den tobenden Wassermassen der Weltmeere innewohnen, und die eigentlich stets den Anreiz zur Planung von Wellenkraftwerken bilden. Fach- und Tagespresse berichten in Abständen immer wieder über gigantische Wirkungen von Sturmfluten. Es wird mitgeteilt, daß da und dort solide Molen und Hafenanlagen in wenigen Stunden zertrümmert, daß während eines einzigen Sturmes Betonklötze oder Felsblöcke von einigen hundert Tonnen Gewicht um viele Meter verschoben, oder daß zusammenhängende Wassermassen zwanzig, dreißig und mehr Meter hoch emporgeschleudert wurden und große Schäden an Ufern und Gebäuden anrichteten.

Die Zahlenangaben über die größten Kraftentfaltungen stürmischer Meeresswellen sind ziemlich unterschiedlich, da diese von vielen Faktoren abhängig sind. Die gemessenen maximalen Drücke oder Stöße bewegen sich zwischen 10 und 35 Tonnen pro Quadratmeter. Wind-

stärke, Windrichtung, die Dauer der Windwirkung und die Größe des Seeraumes und zum Teil auch das Profil des Meeresbodens spielen bei der Ausbildung des Wellenganges eine große Rolle. In den gefürchteten Bezirken der weiten Weltmeere wurden Wellengeschwindigkeiten von 90 bis 100 km/h oder 25 bis 30 m/sec, Wellenperioden von 14 bis 18 Sekunden, Wellenlängen von 250 bis 350 m von Kamm zu Kamm und Wellenhöhen von 12 bis 15 m gemessen. Von der Wucht solcher anstürmender Wasserberge kann sich der Binnenländer, wenn er sie nicht selbst erlebt hat, keine Vorstellung machen. Glücklicherweise dringen derartige Ungetüme nur selten bis zur Küste selbst vor, sondern werden vorher schon teilweise abgeschwächt. Aber es genügen schon Wellenhöhen von 3 bis 5 m, um schwere Zerstörungen an den Küsten anzurichten. Auch die häufiger auftretenden Wellen mit 1 bis 3 m Höhe, mit Längen von 10 bis 40 m und Geschwindigkeiten von 3 bis 7 m pro Sekunde bergen noch beträchtliche Energien. Bei einer Wassergeschwindigkeit von 6 m/sec wurden z. B. Stöße von 3,5 t/m² gemessen. Der Leser mag sich einen Wasserwürfel von 1 m³ = 1000 kg mit der mäßigen Geschwindigkeit von 1 m/sec. einen Meter hoch auf- oder abschwingend vorstellen. Die einfache Rechnung ergibt 1000 m/kg/sec. Die Kraft ist bekanntlich das Produkt Masse mal Beschleunigung, und die Wellenkraft wächst im Quadrat der Wassergeschwindigkeit. Nun ist es hier allerdings so, daß die Kraft nicht dauernd, sondern meist periodisch ausgenutzt werden soll. Niedrige Wellen mit kleinen Wassermassen haben kurze Perioden und entsprechend kleinere Leistung, hohe Wellen mit großen Wassermassen entsprechend lange Perioden. Die Periode ist direkt proportional der Geschwindigkeit, mit der die Welle sich fortbewegt. Das Verhältnis der Wellenlänge zur Wellenhöhe schwankt zwischen 1 : 15 bei steilen Wellen und 1 : 100 bei großer Dünung auf freier See. Normalerweise beträgt es etwa 1 : 33. Der oben erwähnte Druck oder Stoß von 1000 m/kg/sec wirkt also nicht ununterbrochen, sondern bei unserem Beispiel etwa alle 5 Sekunden, denn dann bewegen sich die Wasserteilchen nach der anderen Richtung.

Es sei daran erinnert, daß das Fortschreiten der Welle auf offener See nicht mit einer Strömung verwechselt werden darf. Die Wasserteilchen pendeln lediglich mit Orbitalbewegungen an Ort und Stelle auf und ab. Bei längerer Einwirkung des Windes aus ein und derselben Richtung findet allerdings auch eine Verlagerung der Wasserteilchen in Windrichtung statt, doch soll diese Bewegung, die sich zu einer richtigen Strömung ausbilden kann, in den folgenden Betrachtungen vernachlässigt werden.

Für eine Nutzung der Wellenenergie an der Küste ist eine Bewegung wichtig, die dadurch zustande kommt, daß die Wasserteilchen infolge des ansteigenden Meeresbodens nicht mehr voll in die Tiefe schwingen können; Reibungen am Boden und der ins Meer zurückfließende Sog wirken auf die unteren Wellenteile hemmend, so daß die Welle sich immer mehr aufrichtet. Bei steil ansteigendem Meeresboden und an Dämmen hält die Tendenz schräg nach oben zwangsläufig an; die Wassermasse wird hochgeschleudert. Bei Flachküsten drängen die oberen Wellenpartien infolge der Orbitalbewegung und ihrer Trägheit nach vorn, wirken sich also durch horizontalen Stoß aus.

Es ergibt sich daraus, daß bei der Entwicklung von Wellenkraftanlagen verschiedene Bau-

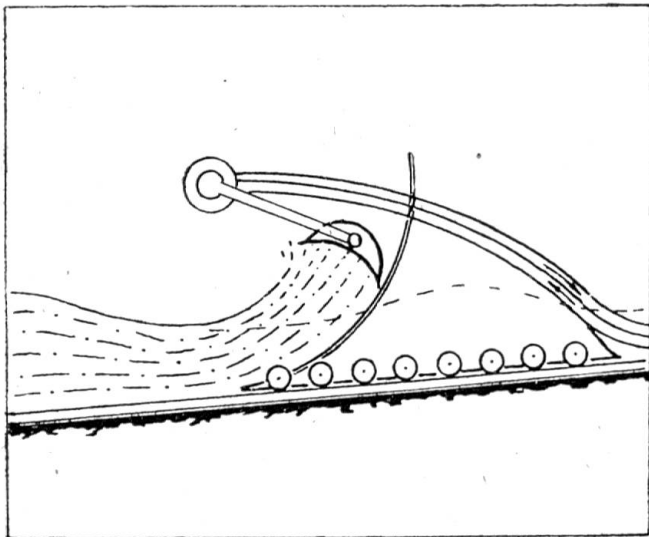


Abb. 1. Auf Geleisen werden die Pumpen ins Meer hinausgeschoben

arten in Frage kommen können und für die unterschiedlichen Küstenformen auch in Betracht gezogen werden müssen. Ähnlich wie beim Bau von Wehranlagen in den Flüssen oder bei der Anlage von Talsperren und entsprechender Anwendung bestimmter Typen

von Wasserturbinen, so müssen auch die Wellenkraftanlagen den jeweiligen örtlichen Verhältnissen angepaßt werden. Besonders bemerkenswert sind z. B. auch die mitunter beträchtlichen Gezeitenunterschiede (Ebbe und Flut), die

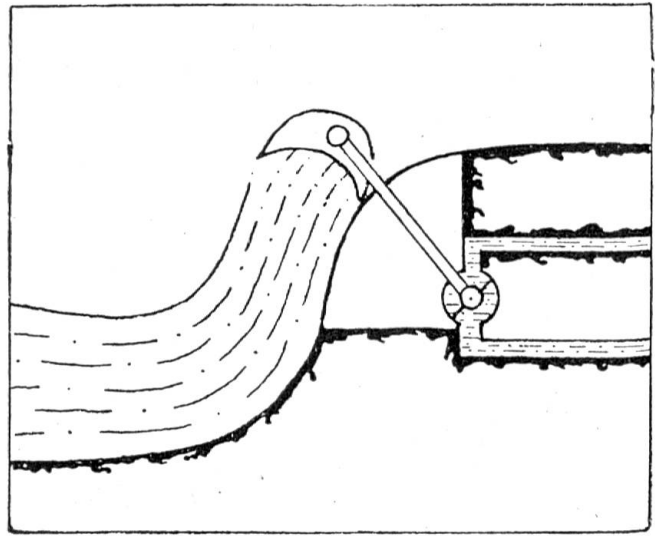


Abb. 2. Einrichtung zur Ausnutzung des Wellenstoßes

normalerweise 2 bis 4 m, an den Küsten 10 bis 15 m, ja sogar 20 m Höhe aufweisen können und die zur Folge haben, daß sich die Brandungszone, zumal bei Flachküsten, um viele Kilometer verschiebt.

Ausschlaggebend für die Möglichkeit und Wirtschaftlichkeit eines Wellenkraftwerkes sind ferner Häufigkeit, Regelmäßigkeit und Stärke des nutzbaren Wellenganges, denn dieser ist — wie die Wasserstände der Flüsse und Ströme — mannigfachen Veränderungen unterworfen. Man darf nicht vergessen, daß die See nicht überall und ständig einen nutzbaren Wellengang aufweist; es gibt Zeiten, in welchen sich das Meer spiegelglatt ausbreitet oder nur schwach bewegt ist, und es gibt Wochen, in welchen eine ungestüme Brandung den Betrieb einer Anlage unmöglich machen würde. Auf diese Weise entstehen lange Betriebspausen, welche die Wirtschaftlichkeit einer Wellenkraftanlage sehr in Frage stellen. An manchen Küsten treten Strömungen auf, die entweder das Land abtragen und unwiederbringlich fortführen oder an anderen Orten beträchtliche Anschwemmungen verursachen. An solchen Stellen errichtete Wellenkraftanlagen wären bald unbrauchbar.

Alle diese lokalen Verhältnisse erfordern eingehende Beobachtungen und statistische Untersuchungen und Berechnungen. Die verschiedenen Versuche mit Meßgeräten aller Art und mit kleinen Wellenkraftmaschinen zielten meist

darauf ab, das Verhalten der Wellen und des Meeresbodens zu studieren, die günstigsten Formen für einzelne Bauteile zu ermitteln, fehlende theoretische Unterlagen zu ergänzen und allgemeine praktische Erfahrungen zu sammeln.

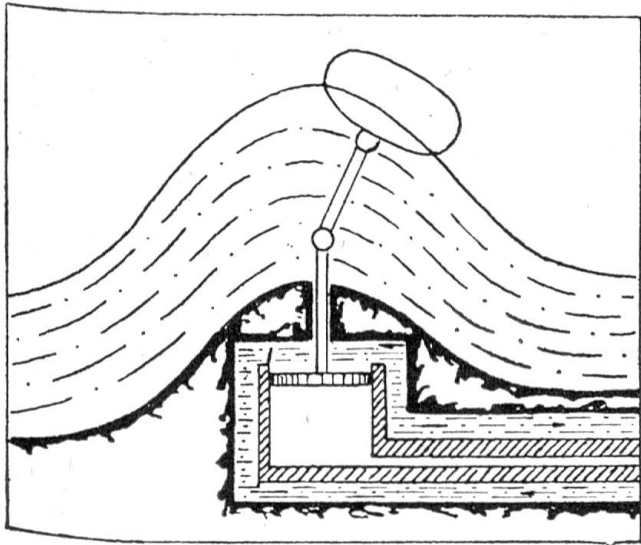


Abb. 3. Im Meeresboden eingebaute Pumpe

Von diesem Gesichtspunkt aus sollen die nachfolgend zusammengefaßten guten und schlechten Bauarten von Wellenkraftanlagen betrachtet werden, die im Laufe der Zeit zum Teil ausgeführt, zum Teil nur projiziert wurden.

Bei den einfachen Konstruktionen arbeiten tonnenförmige Schwimmer, die den Wellenbewegungen folgen, über Hebelarme und Gestänge auf Wasserpumpen. Diese Pumpen können entweder direkt zur Bewässerung oder Entwässerung von Ländereien dienen oder sie drücken Wasser in einen Hochbehälter oder Windkessel, von wo aus das Wasser gleichmäßig abfließend Mühlräder oder kleine Turbinen betreibt. Bei Flachküsten können solche Kleinanlagen auf breiten Geleisen durch die Brecherzone hindurch in den Wellengang hinausgeschoben und dort durch Klauen festgeklemmt werden (Abb. 1). In abgewandelter Form kann diese Schwimmerbauart auch an Molen Verwendung finden.

Eine weitere Type verzichtet auf Schwimmer und fängt die Wellenstöße durch kräftige flache oder gebogene Platten auf. Ähnliche pufferartige Stoßplatten werden übrigens als Dynamometer zum Messen der Wellenenergie benutzt.

Die in Abb. 2 dargestellte Type geht aus einer Verschmelzung der vorhergehenden Konstruktionen hervor. Sie benutzt Molen oder Wellen-

brecher als Basis. Die Mole, die natürlich parallel oder gestaffelt zu den ankommenden Wellenzügen steht, muß geeignete konkave oder konvexe Profile aufweisen, damit die Welle entsprechend geführt wird. Ausgenutzt wird weniger der Auftrieb des Hohlkörpers, sondern in erster Linie der eigentliche Wellenstoß. Der Schwimmer hat vorwiegend die Aufgabe, die Stoßplatten in der günstigsten Lage zu halten.

Bei einem weiteren Projekt befinden sich am Meeresboden kräftige Fundamente, in welchen Pumpen eingebaut sind. Am oberen Ende der Kolbenstangen sind Schwimmer angebracht, die durch das Auf- und Niedergehen die Pumpen betreiben (Abb. 3). Das gepumpte Wasser oder die erzeugte Druckluft wird durch Rohrleitungen an das Ufer zu Hochbehältern, Windkesseln o. dgl. geleitet. Das unterseeische Fundament kann außerdem die Aufgabe erhalten, die anrollenden Wellen aufzurichten, um so eine vertikale Führung der Kolbenstange zu bewirken.

Eine weitere ähnliche Bauart begnügt sich mit einem geringeren Wirkungsgrad zugunsten der Einfachheit und Betriebssicherheit. Der Vorschlag sieht gleichfalls einen in der geeigneten Wassertiefe angelegten schwellenartigen und zweckmäßig profilierten Damm vor, der die

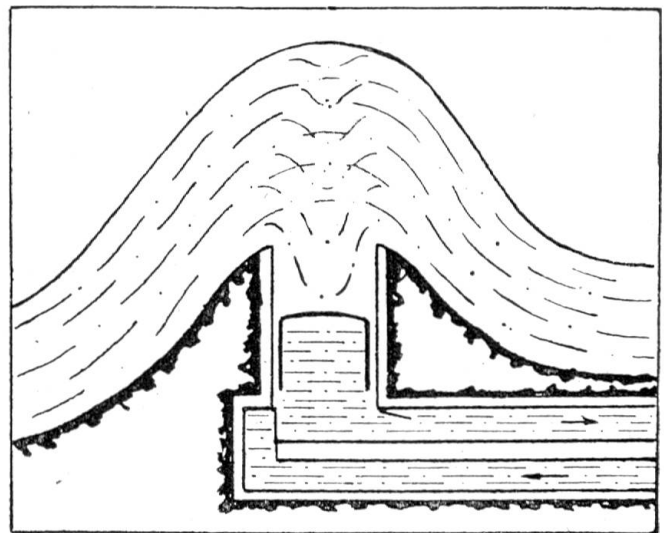


Abb. 4. Einrichtung zur Übertragung von Druckunterschieden

Aufgabe hat, die ankommenden Wellen zu erhöhen. Unmittelbar hinter oder in diesem Damm befinden sich Unterwasserapparate, welche die Druckunterschiede, die von den darüber hinstreichenden Wellenbergen und -tälern ausgehen, in nutzbare Arbeit verwandeln

oder in Form einfacher kommunizierender Rohre Niveauunterschiede an das Ufer übertragen. Wenn der Damm (von oben gesehen) in Form eines V angelegt wird, dann werden die breit ankommenden Wellen nach der Mitte zu immer mehr zusammengedrängt und bilden schließlich an der engsten Stelle, wo sich der Druckapparat befindet, einen hohen Wasserberg (Abb. 4), dem ein entsprechendes Wassertal folgt. Dadurch verstärken sich die Höhen- bzw. Druckunterschiede.

Der nächste Vorschlag, der vorwiegend für Steilküsten gedacht ist, zwingt die Welle, durch ein geeignet ausgebildetes Anlaufbecken entweder in breiter Front oder ebenfalls zu einer Art Pyramide zusammengeschoben, mit geballter Wucht über eine feste oder verstellbare Schwelle mehr oder weniger hoch über den Wasserspiegel in ein dahinter befindliches Sammelbassin zu fließen (Abb. 5). Auch hier werden, wenn alle Teile gut profiliert sind, die Wellen kaum reflektiert. Die Wasser im hochgelegenen Reservoir betreibt dann in üblicher Weise an anderer Stelle einen Turbogenerator.

Schließlich verdient noch ein Projekt besondere Beachtung. Hier wird die Wellenmasse keinem offenen Sammelbehälter zugeführt, sondern einer Druckkammer, und zwar wirkt der Wellen-

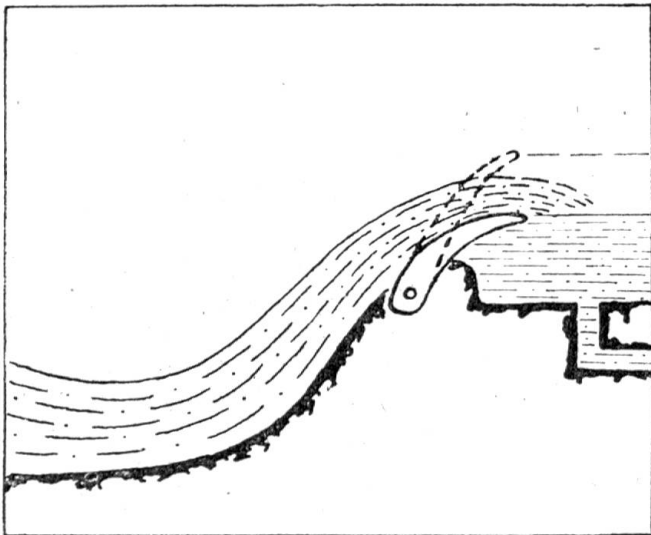


Abb. 5. Die Wellen füllen ein hochgelegenes Speicherbecken

stoß auf einen großen hydraulischen Widder, dessen Arbeitsweise bekannt sein dürfte. Die im Druckkessel eingeschlossene Luft wird komprimiert, und die so erzeugte Druckluft preßt dann in der bekannten Weise das gleichfalls eingeschlossene Wasser entweder in ein hoch-

gelegenes, offenes Reservoir oder direkt durch eine Turbine (Abb. 6). Derartige Anlagen können als ortsfeste oder schwimmende Molen aus Eisenbeton ausgeführt werden. Nach allen Erfahrungen und Überlegungen dürfte diese

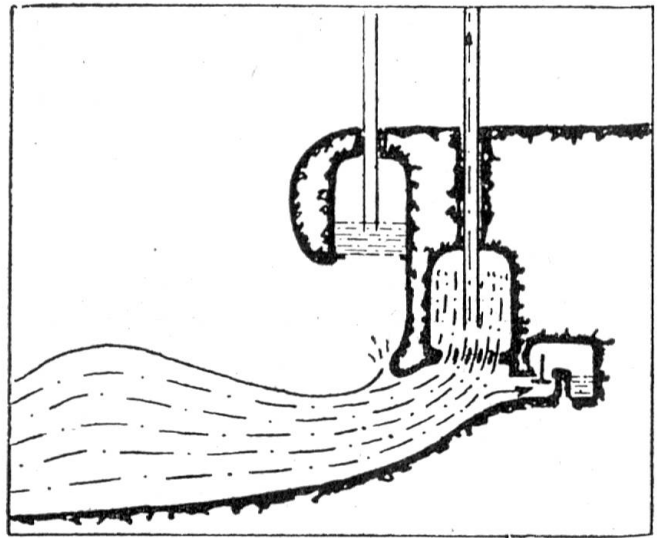


Abb. 6. Ausnutzung der Meeresenergie in einem hydraulischen Widder

Bauart eine der wenigen sein, die einigermaßen leistungsfähig ist.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß als Sicherung gegen zerstörenden Seegang schon vor Jahrzehnten Schutzanlagen entwickelt wurden, bei welchen aus am Meeresboden verlegten Preßluftleitungen Wände von Luftbläschen hochsteigen und dadurch die Orbitalbewegungen der Wasserteilchen hemmend beeinflussen.

Manches der Projekte läßt sich vielleicht an einer abgelegenen Küste verwirklichen, wo andere Energiequellen nicht zur Verfügung stehen. Vielleicht können sie auch bei der Errichtung neuer Hafenanlagen dienlich sein. Es wird hier absichtlich darauf verzichtet, große Pläne, wie z. B. Nutzbarmachung der bekannten, Kalema genannten Brandung an der hafenarmen Westküste Afrikas o. dgl., darzulegen; denn die Frage, ob eine wirtschaftliche, konkurrenzfähige Nutzung der Wellenenergie überhaupt möglich ist, ist sehr umstritten. Wesentlich mehr Aussicht auf Erfolg hat demgegenüber die Nutzung der Gezeitenunterschiede. Hier liegen schon größere und lange praktische Erfahrungen vor, wie sie z. B. beim Flutkraftwerk an der Mündung des Diouris in der Bretagne gesammelt werden konnten. Auch für die Westküste Englands und für die Atlantikküste Südamerikas bestehen schon ernsthafte Flutkraftwerkprojekte.