

Von Wellenkraft angetriebene Pumpe ohne bewegliche Teile

Ziel dieser Erfindung ist das Pumpen von Wasser mit Kraft der Meereswellen, speziell zum Entwässern der Küstenniederungen bei ansteigendem Meeresspiegel, aber auch zur Stromgewinnung.

Stand der Technik sind allerlei Flöße, Bojen und Platten, die der Bewegung der Meereswellen folgen und die dabei auftretende Kraft auf eine Kolbenpumpe übertragen, so z.B. US7059123.

Solche Anlagen funktionieren an sich ganz gut, sind aber viel zu teuer und viel zu empfindlich, um damit ganze Landstriche vor Überflutung bewahren zu können. Zumindest die Kolbenpumpen bestehen aus hochwertigem Material, welches überdies auch präzise verarbeitet sein muss. Es gibt Ventile, Klappen und Lager, die verschleifen, verschmutzen, korrodieren, altern, und die darum ständiger Wartung bedürfen. Es gibt große, bewegliche Teile, die im Sturm riesige Kräfte entfalten, was dann leicht zur Zerstörung der Anlage führen kann.

Zur Stromgewinnung aus Meereswellen wurden zahlreiche Methoden erdacht, die Meerwasser mit Wellenkraft über den Meeresspiegel anheben, um es von dort über eine Turbine zurück ins Meer fließen zu lassen. Beispielsweise leitet man eine ankommende Wasserwelle in einen spitz zulaufenden Wellenkanal, in dem sie an Höhe gewinnt, bis sie schließlich über den Rand des Kanals in ein Sammelbecken schwappt. Solche Verfahren sind aber zur Entwässerung ungeeignet, da das an Land sich ansammelnde Grund- und Regenwasser keine ausreichenden Wellen hat. Mit Strom aus Meereswellen könnte man natürlich elektrische Pumpen betreiben, aber die zweifache Umwandlung zwischen mechanischer und elektrischer Energie wäre insgesamt sehr ineffizient, und man benötigte außerdem eine Stromleitung.

Weitere Druckschriften zum Stand der Technik sind: US4231712, EP0534663, ES434915, DE3822680, DE4202253, US5191225, US7059123, FR545638, AT95749B.

Die vorliegende Erfindung vermeidet die genannten Nachteile des Standes der Technik und bildet letzteren in vorteilhafter Weise weiter.

Die Erfindung ist eine direkt von Wasserwellen angetriebene Pumpe ohne bewegliche Teile, wie sie in den Figuren 1 und 2 dargestellt ist. Diese so genannte „Wellenpumpe“ nutzt den oszillierenden Luftdruck in einer Wellenkammer, um damit Wasser über eine Kaskade von besonders geformten Gefäßen nach oben zu befördern.

Die Wellenkammer ist bereits vom OWC-Wellenkraftwerk bekannt, welches Energie aus einer oszillierenden Wassersäule gewinnt (Oscillating Water Column, OWC). Die Wellenkammer (1) ist ein von festen und dichten Wänden umschlossener Raum, der teils mit Luft, teils mit Wasser gefüllt ist, mit einer unter dem Wasserspiegel liegenden Zuströmöffnung. Oberhalb des Wasserspiegels gibt es außerdem einen engen Belüftungskanal (4) zur Umgebungsatmosphäre. Aus dem unter den Wellen zirkulierenden Meerwasser, der Orbitalströmung, wird an der Zuströmöffnung eine schwingende Wassersäule (2) abgegriffen und in die Wellenkammer geleitet, wo sie ein Heben und Senken des Wasserspiegels bewirkt, und vor allem einen oszillierenden Druck der darüber eingeschlossenen Luft, der im Weiteren verwendet wird. Der Belüftungskanal sorgt für ein ständiges Anpassen der eingeschlossenen Luftmenge an den Meeresspiegel, der sich mit den Gezeiten ändert, aber auch an den Atmosphärendruck, und lässt außerdem eingeschwemmtes Gas entweichen.

Druckunterschied treibt Flüssigkeit in einer Röhre nach oben, dies ist vom artesischen Brunnen bekannt. Die in der Wellenkammer erreichte Luftdruckamplitude dürfte aber kaum ausrei-

chen, um Regenwasser über einen Deich zu heben, weswegen eine Kaskade vieler solcher artesischer Brunnen benötigt wird. Letztere werden hier durch besonders geformte Gefäße nachgebildet, die sogenannten „Pumpgefäße“. Die Kaskade insgesamt könnte man als „Pumpgefäßkaskade“ bezeichnen.

Figur 3 zeigt so ein Pumpgefäß im Schnitt. Es besteht aus einem mit Wasser gefüllten Becken B1 (11), über dessen Wasserspiegel der Luftdruck p_1 herrscht. Von diesem führt eine Steigleitung (12) zu einem anderen, höher gelegenen Becken B2, über dem, ebenso wie über dem Wasserspiegel der Steigleitung, der Luftdruck p_2 herrscht. Ist $p_1 > p_2$, so liegt der Wasserspiegel der Steigleitung über dem des Beckens B1. Ist hingegen $p_1 < p_2$, liegt er darunter. Ist der Druckunterschied $p_1 - p_2$ groß genug, dann kann das Wasser bis in das Becken B2 steigen. Ein Überlauf (14) am Ende der Steigleitung verhindert, dass bei abnehmendem Druckunterschied Wasser von B2 nach B1 zurück fließt. Auf ihrem Weg führt die Steigleitung aber zunächst nach unten, zu einem Unterlauf (13), der immer mit Wasser bedeckt bleibt, der also unterhalb des beiderseits tiefsten vorkommenden Wasserspiegels liegt. Der Unterlauf trennt die Bereiche unterschiedlichen Luftdrucks mit einem Wasserpfropfen, so dass niemals Luft durch das Steigrohr strömen und den Druckunterschied ausgleichen kann. Wenn sich der Wasserspiegel im Steigrohr ändert, dann bleibt jener des Beckens nahezu gleich, weil die Wasserfläche des Beckens viel größer ist.

Die Kaskadierung von Pumpgefäßen gelingt bei oszillierendem Druck, wenn in einer Hintereinanderschaltung erfindungsgemäß die Wasserbecken abwechselnd mal in dem einen, mal in dem anderen Druckbereich p_1 oder p_2 liegen, und ihre Steigrohre von dort in den jeweils anderen Druckbereich, in das jeweils nächste, höhere Becken führen. Es gibt somit zwei komplementäre Gruppen von Pumpgefäßen, von denen die eine bei

positiver, die andere bei negativer Druckdifferenz $p_1 - p_2$ das Wasser befördert, während die jeweils andere Gruppe ruht. Die Pumpgefäßkaskade wird erfindungsgemäß von Wellenkraft angetrieben, wenn einer der Druckbereiche p_1 oder p_2 das Innere einer Wellenkammer umfasst, und der andere die Umgebungsatmosphäre.

Figur 4 zeigt zwei komplementäre Pumpgefäße. Wird $p_1 > p_2$, dann steigt das Wasser im Steigrohr des Beckens B1 um eine Strecke h , während gleichzeitig das Wasser im Steigrohr des Beckens B2 um die gleiche Strecke h fällt. Vergrößert sich der Druckunterschied $p_1 - p_2$, so nähert sich der Wasserspiegel im ersten Steigrohr dem Überlauf ins Becken B2. Gleichzeitig sinkt der Wasserspiegel im zweiten Steigrohr in Richtung Unterlauf. Zweckmäßigerweise liegt der Unterlauf so tief, dass das Wasser im ersten Steigrohr eher den Überlauf erreicht als das Wasser im zweiten Steigrohr den Unterlauf. Wird im Laufe der Schwingung $p_1 < p_2$, dann sinkt der Wasserstand im ersten Steigrohr und steigt im zweiten um eine gleiche Strecke h , weswegen die komplementären Pumpgefäße zweckmäßigerweise symmetrisch zu gestalten sind.

Wenn die erste Wassersäule den Überlauf erreicht, dann kann der antreibende Druckunterschied $p_1 - p_2$, bei rein hydrostatischer Betrachtung, nicht weiter anwachsen, denn jetzt fließt Wasser über den Überlauf, die Wassersäule kann nicht weiter steigen und darum auch keinen größeren Gegendruck aufbauen. Jeglicher Nachschub von Druckluft wird fortan nur noch Wasser über den Überlauf schieben, ohne dabei den Druckunterschied zu vergrößern. Wenn aber der Druckunterschied nicht weiter anwachsen kann, dann kann auch das Wasser im zweiten Steigrohr nicht weiter sinken, und der Unterlauf braucht darum nur unwesentlich tiefer zu liegen als der Überlauf hoch ist.

Wichtiger jedoch ist, dass wenn in einer Kaskade mehrere Wassersäulen gleichzeitig den selben Druckunterschied ausnutzen und eine davon ihren Überlauf eher erreicht als die anderen, dann können alle anderen Wassersäulen ihren jeweiligen Überlauf nicht mehr erreichen. Es ist darum zweckmäßig, alle Wassersäulen auf gleicher Höhe überlaufen zu lassen. Wegen ihrer Trägheit können die Wassersäulen, bei dynamischer Betrachtung, kleine Unterschiede der Überlaufhöhen aber dennoch überwinden. Außerdem gibt es eine gewisse Selbstregulierung der Überlaufhöhen, da diese von den Wasserständen der jeweiligen Becken abhängig sind: Bei frühem Überlauf verliert ein Becken mehr Wasser als die anderen, wodurch seine Überlaufhöhe im Vergleich wieder zunimmt.

Bei dynamischer Betrachtung fällt sofort die Schwingfähigkeit der Wassersäulen ins Auge. Im Resonanzfall und bei niedriger Dämpfung kann die Wassersäule in einem Pumpgefäß möglicherweise höher aufsteigen, als es die anregende Druckamplitude bei rein hydrostatischer Betrachtung erwarten ließe. Es kann darum zweckmäßig sein, die Pumpgefäße in ihrem Schwingverhalten auf die anregende Druckschwingung abzustimmen und auch Möglichkeiten zur Veränderung des Schwingverhaltens vorzusehen, etwa durch veränderbare Länge der Steigleitungen.

Die Funktion der Pumpgefäßkaskade ist nicht beeinträchtigt, wenn eines oder mehrere ihrer unteren Pumpgefäße überflutet sind. Das Wasser findet dann von selbst seinen Weg zu den oberen Pumpgefäßen, die weiterhin wie vorgesehen arbeiten.

Die Figuren 1 und 2 zeigen erfindungsgemäße Wellenpumpen, die sich in der Bauform der Wellenkammer (1) unterscheiden. In Figur 1 ist die Wellenkammer durch ein Zuströmrohr (9) verlängert, mit dem man die schwingende Wassersäule (2) in exponierter Lage abgreifen kann, wo die Orbitalströmung noch wenig durch den nahen Meeresboden, oder auch durch die Pumpe

selbst gebremst ist. Auch Hindernisse im Wasser lassen sich damit umgehen. In Figur 2 wird hingegen die Wellenkammer durch eine überhängende Platte (10) an einer Wand gebildet, die kostengünstig eine vergleichsweise große Wasserfläche abdeckt. Welche Bauart im Einzelfall günstiger ist, das hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. In jedem Fall sollten entweder das Zuströmrohr oder die Platte in der Höhe verstellbar sein, damit man sie den Gezeiten anpassen kann. Man hält die Zuströmöffnung möglichst nahe der Wasseroberfläche (8), wo die Kraft der Wellen am stärksten ist. Das An- oder Abschalten der Wellenpumpe erfolgt, indem man die Zuströmöffnung entsprechend unter oder über den Wasserspiegel verlegt. Auch durch Öffnen einer Klappe, eines Deckels oder einer Türe an der Wellenkammer, die den Druck entweichen lässt, kann man die Wellenpumpe abschalten.

Die Bauart mit Zuströmrohr lässt sich durch strömungsgünstige Gestaltung des Zuströmrohrs optimieren, damit ein möglichst großer Anteil der Wellenenergie in die Wellenkammer gelangt. Dazu muss man das Strömungsfeld nahe der Mündung betrachten. Figur 5 zeigt einige Möglichkeiten, die auch für andere OWC-Anwendungen gelten. Ungünstig ist sicherlich die Möglichkeit A, wo die Orbitalströmung durch ein Loch in der Wand soll. Unmittelbar neben den einströmenden Wasserteilchen prallen andere Wasserteilchen voll gegen die Wand, verlieren ihren Schwung und stehen dann den einströmenden Teilchen im Wege, so dass sich effektiv eine Verengung des Querschnitts ergibt, der die Leistung vermindert. Besser ist daher ein freies Rohrende B, wo die benachbarte Strömung außen ungebremst weiter läuft, bis sie das einströmende Wasser nicht mehr stört. Eine trichterförmige Aufweitung des Rohrendes C erleichtert wohl den Eintritt von Strömung, die nicht parallel zur Rohrachse ist. Die Aufweitung darf aber nicht zu stark sein, da sie sonst wie die Wand A die eintretende Strömung bremst. Leitflächen sollen es der Orbitalströmung erschweren, die

Zuströmöffnung zu umfließen, wobei solche sowohl die Umfangsrichtung D, als auch radiale Richtungen E sperren können, möglichst aber die Strömung parallel zur Rohrachse ausrichten. Eine ringförmige, nach innen gewölbte Leitfläche F kann zusätzlich einen Düseneffekt erzielen, der die Strömung an der Mündung beschleunigt.

Die vorgeschlagene Wellenpumpe konstruiert man vorzugsweise und kostengünstig aus armiertem Beton. Man fertigt zunächst Betonprofile, und zwar entsprechend der Schnitte in den Figuren 1 oder 2, die man sich senkrecht zur Abbildungsebene extrudiert denkt. Die Enden der Betonprofile steckt man dann senkrecht in zwei gemeinsame Endplatten, ebenfalls aus Beton, die eigens dafür Aussparungen haben. Die Teile werden schließlich mit Asphalt verklebt und abgedichtet. Die unteren Kanten der Endplatten, die parallel sind, kann man wie die Kufen eines Schlittens dazu benutzen, die fertige Wellenpumpe über einen Sandstrand ins Meer zu schieben, wo sie sofort zu arbeiten beginnt. So benötigt man zur Installation kein Wasserfahrzeug, und man kann die Anlage auch leicht wieder entfernen. Man sollte aber Möglichkeiten zur Justierung und Stabilisierung der Lage vorsehen, damit die Wasserbecken waagrecht sind. In einer anderen Bauweise schließt man die Betonprofile zu Ringen, die keine Enden haben, und stapelt diese mit ein paar Zwischenstücken. Das Innere des Ringstapels bildet dann eine Wellenkammer, die man nur noch mit Dach und Bodenplatte ausstatten muss, sowie mit einem Zuströmrohr. Ein Verkleben und Abdichten der Profile ist hier nicht erforderlich. In kleinem Maßstab kann man eine Wellenpumpe auch aus gebogenen Metall- oder Kunststoffplatten zusammenschweißen.

Eine Wellenpumpe errichtet man vorzugsweise am Ende eines Dammes, der möglichst weit ins Meer hinaus reicht, wo die Wellen noch ihre volle Kraft entfalten. Im Damm kann man bequem eine Abwasserleitung unterbringen, die das

überschüssige Wasser vom Land zur Wellenpumpe führt. Die Abwasserleitung und auch der größere Teil der Wellenpumpe dürfen sich durchaus unterhalb des Meeresspiegels befinden. Man kann die Wellenpumpe auch in eine Deichanlage integrieren, in großer Zahl und in kurzen Abständen. Wenn man die Zuströmöffnung hoch genug legt, wird die Wellenpumpe von selbst nur bei Flut oder Sturmflut aktiv.

Auch der Betrieb auf einer schwimmenden Plattform ist möglich, die man am besten ebenfalls aus Beton herstellt und vor der Küste verankert. Dafür benötigt man unter Umständen weit weniger Material als für den Bau eines Dammes. Die Plattform folgt den Gezeiten von selbst auf und ab, so dass ein ständiges Nachführen der Zuströmöffnung nicht notwendig ist. Die Abwasserleitung vom Land muss dann entsprechend beweglich sein.

Die Schaukelbewegung einer Plattform kann den Pumpvorgang unterstützen: Sie lässt das Wasser der Steigrohre eher in das nächst höhere Becken schwappen, als dies allein durch Wirkung des Druckunterschieds der Fall wäre, und von dort kann es nicht mehr zurück. So wird Bewegungsenergie der Plattform, die letztendlich auch aus den Wellen stammt, in Höhenenergie des Wassers umgewandelt. Das bedeutet auch, dass die Wellenpumpe effektiv als Schwingungsdämpfer wirkt, der die Plattform in ihrer Lage stabilisiert. Die Schaukelbewegung darf aber nicht zu stark sein, damit nicht Wasser aus einem Becken in ein tiefer gelegenes Becken hinunter schwappt.

Der Bau schwimmender Plattformen kann auch als solcher von Nutzen sein. Etwa, um darauf Gebäude zu errichten, Hafenanlagen, Parkplätze, Fabriken, Autobahnen, Flugplätze, speziell in Gegenden, wo Baugrund knapp ist. Dazu gießt man in einem Stück eine große Betonplatte mit nach oben gewölbten Rändern. Diese schwimmt auf dem Wasser wie ein Teller, wobei der Boden aber

unter dem Meeresspiegel bleibt, so dass Regenwasser nicht von alleine abfließen kann. Damit diese künstliche Insel nicht schon nach kurzer Zeit sinkt, muss man das Regenwasser ständig und vorzugsweise mit Wellenpumpen entfernen. Schwimmende Plattformen dürften weitaus billiger und auch stabiler sein als aufgeschüttetes Land.

Das von der Wellenpumpe angehobene Wasser kann zur Stromgewinnung verwendet werden. Dazu sammelt man vorzugsweise das Wasser aus mehreren Wellenpumpen in einem gemeinsamen Sammelkanal, der vielleicht auf dem Kamm eines Deiches verläuft, und leitet es dann durch eine Wasserturbine. Von dort fließt das Wasser schließlich ins Meer, oder auch wieder zurück aufs Land, von wo man es erneut nach oben pumpt. Die Wasserturbine betreibt man vorzugsweise mit Süßwasser, das weniger korrosiv ist als Meerwasser. Alternativ oder zusätzlich kann man in den Belüftungskanal der Wellenpumpe, wie beim OWC-Wellenkraftwerk, eine Luftturbine einbauen.

Die Wellenpumpe kann in der Aquakultur oder in Kläranlagen eingesetzt werden, um das Wasser der Teiche umzuwälzen, zu erneuern, zu belüften, zu filtern, zu kühlen. Die Becken der Wellenpumpe lassen sich mit Kleinlebewesen besiedeln, die das durchlaufende Wasser reinigen und von Parasiten befreien, oder die in anderer Weise nützlich sind. Ein Befüllen der Becken mit Kies vergrößert die besiedelbare Oberfläche. Lichtdurchlässige Wände ermöglichen Photosynthese, und damit Algenzucht.

Die vorgeschlagene Pumpe kann auch von anderen Druckschwankungen angetrieben werden, als denen in einer Wellenkammer. So könnte man beispielsweise den schnell wechselnden Winddruck an den verschiedenen Seiten eines Gebäudes oder Berges ausnutzen, oder den Sog vorbeifahrender Fahrzeuge, vielleicht um damit einsickerndes Wasser aus einem Tunnel zu pumpen. Nutzbare

Druckschwankungen entstehen insbesondere auch an gasgefüllten Hohlräumen, die Temperaturschwankungen ausgesetzt sind.

Mit vorliegender Erfindung werden die folgenden Vorteile erreicht.

Die vorgeschlagene Wellenpumpe kann nicht nur Meerwasser, sondern auch Süß- und Brackwasser pumpen, weswegen sie zum Entwässern von Land geeignet ist. Der überwindbare Höhenunterschied hängt nicht allein von der Höhe der Wellen ab, sondern vor allem von der Anzahl der Kaskadenstufen, die man einer gegebenen Situation leicht anpassen kann. Die Wellenpumpe ist somit auch bei kleinen und mittleren Wellen einsetzbar.

Die vorgeschlagene Wellenpumpe verursacht keinerlei Energiekosten, kann sogar zur Stromerzeugung beitragen. Sie nutzt die Wellenenergie effizient, da sie diese direkt und ohne elektromechanische Zwischenwandlung zum Pumpen verwendet.

Die vorgeschlagene Wellenpumpe ist ausgesprochen einfach ihrer Konstruktion. Es gibt keine beweglichen Teile, die im Sturm leicht kaputt gehen, die verschleifen, korrodieren, altern, die man ständig kontrollieren und warten muss. Die wenigen unbeweglichen Teile lassen sich mit einfachen Mitteln aus Beton gießen. Die Wellenpumpe ist ausgesprochen kostengünstig und kann daher sehr groß und in großer Anzahl hergestellt werden. Mit ihr ließe sich innerhalb kurzer Zeit eine enorme und erschwingliche Pumpleistung bereitstellen, um dem ansteigenden Meeresspiegel zu begegnen.

Vorliegende Erfindung unterscheidet sich vom Stand der Technik wie folgt.

Die Druckschrift AT95749B offenbart eine Vorrichtung zum Heben von Flüssigkeiten, welche eine Pumpgefäßkaskade im Sinne der vorliegenden Erfindung aufweist. Die Pumpgefäßkaskade an sich ist also nicht neu. Jedoch werden dort nicht die von

Meereswellen erzeugten Druckschwankungen in einer Wellenkammer zum Antrieb der Pumpgefäßkaskade verwendet. Vielmehr werden dort künstliche Druckschwankungen erzeugt, an einem Arbeitsbehälter, der sich ventilgesteuert und unter dem Einfluss statischen Drucks füllt und leert, also an einem Oszillator. Vorliegende Erfindung erweitert den Stand der Technik, indem sie der Pumpgefäßkaskade ein neues Anwendungsfeld erschließt, nämlich die Nutzbarmachung der Meereswellenenergie.

Die Druckschrift EP0534663 offenbart mehrere Verschaltungen von Pumpgefäßen, die dort „Fluid-Transfer-Apparate“ heißen. Diese sind aber meist keine Pumpgefäßkaskaden im Sinne der vorliegenden Erfindung. Die Verschaltungen dienen dort eher dem horizontalen Transport von flüssigem Metall in einer Gießerei und ein Antrieb durch Meereswellen ist nicht vorgesehen.

Die Druckschrift US4231712 offenbart eine Vorrichtung zum Heben von Meerwasser, bei der von Meereswellen erzeugte Luftdruckschwankungen das Meerwasser über eine Folge von Behältern, Ventilen und Leitungen nach oben treiben. Letztere ist aber keine Pumpgefäßkaskade im Sinne der vorliegenden Erfindung.

Erstens besitzt dort jede Pumpenstufe ausdrücklich ihre eigene Wellenkammer, von denen jede an einem separaten Gaskörper wirkt, so dass dort typischerweise sehr viel mehr als nur zwei Gaskörper im Spiel sind. Bei vorliegender Erfindung gibt es hingegen immer genau zwei Gaskörper für eine Vielzahl von Pumpenstufen.

Zweitens fordert US4231712 ausdrücklich zwei Ventile an jeder Pumpenstufe, die das Zurücklaufen des Wassers und das Entweichen der Druckluft verhindern. Gemeint sind Klappenventile, also Ventile mit beweglichen Teilen. Hingegen

wird bei vorliegender Erfindung das Zurückfließen des Wassers jeweils durch einen Überlauf verhindert, und das Entweichen der Druckluft durch einen Wasserpfropfen in einem Unterlauf, also ohne bewegliche Teile.

Drittens ist die Verschaltung der Behälter und Leitungen bei US4231712 ganz anders. So umfasst dort jede Pumpenstufe eigentlich zwei Becken, ein Vor- und ein Hauptbecken, mit einer Ventilklappe dazwischen. Es handelt sich also nicht um Pumpgefäße im Sinne der vorliegenden Erfindung. Außerdem wirken die Pumpenstufen dort alle nur bei steigender Welle, während sie bei fallender Welle alle ruhen. Hingegen gibt es bei vorliegender Erfindung zwei Gruppen von Pumpenstufen, von denen die eine bei steigender, die andere bei fallender Welle Flüssigkeit nach oben befördert.

Alles in allem ist bei US4231712 der Aufbau unnötig kompliziert und störungsanfällig. Die vielen Ventile und dünnen Verbindungsleitungen haben große Reibungsverluste zur Folge. Von den Vorbecken jeder Pumpenstufe fällt das mühsam gehobene Wasser gleich wieder in die tiefer gelegenen Hauptbecken und verliert dabei an Höhenenergie, und kurz darauf auch seine Bewegungsenergie, weil das Wasser in den Pumpenstufen nicht schwingen kann, vor allem wegen der einseitig blockierenden Klappenventile. Hingegen kann die vorliegende Wellenpumpe die aufgenommene Wellenenergie in vielen schwingenden Wassersäulen kurzzeitig zwischenspeichern, jedenfalls bei reibungsarmer Ausführung. So kann jede einzelne Pumpenstufe zu jedem Zeitpunkt Energie aufnehmen und so lange halten, bis eine Umsetzung in Höhenenergie möglich wird, bis also der Luftdruck zusammen mit der Bewegungsenergie des Wassers zum Überwinden des nächsten Überlaufs ausreicht. Anders als ein Klappenventil behindert der hier verwendete Überlauf nicht das Schwingen des Wassers, sondern wirkt

zwischen den entgegengesetzt synchron schwingenden Wassersäulen eher wie eine Verzeigung im Strom.

Nachfolgend werden die Zeichnungen näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine Wellenpumpe mit Zuströmrohr (9) im Schnitt. Die in der Wellenkammer (1) eingeschlossene Luft erstreckt sich von der auf und ab schwingenden Wassersäule (2) bis zu der Pumpgefäßkaskade (3), die hier als ein Stapel Betonprofile mit wassergefüllten Zwischenräumen ausgeführt ist. Beton ist schräg schraffiert, Wasser waagrecht. Von der Wellenkammer führt ein enger Belüftungskanal (4) zur Umgebungsatmosphäre. Das zu pumpende Wasser (5) wird von der Pumpgefäßkaskade bis in ein Sammelbecken (6) hinauf befördert, von wo es durch ein Abflussrohr (7) ins Meer (8) fließt.

Figur 2 zeigt eine ähnliche Wellenpumpe mit überhängender Platte (10) im Schnitt.

Figur 3 zeigt ein Pumpgefäß im Schnitt. Von einem Wasserbecken (11) führt eine Steigleitung (12) zunächst nach unten zu einem Unterlauf (13), anschließend nach oben zu einem Überlauf (14), hinter dem sich ein weiteres, höher gelegenes Pumpgefäß befindet. Die Steigleitung darf in Wirklichkeit sehr viel enger sein, als abgebildet.

Figur 4 zeigt zwei komplementäre Pumpgefäße im Schnitt.

Figur 5 vergleicht Gestaltungsmöglichkeiten des Zuströmrohrs.

Patentansprüche

1. Pumpe zum Heben einer Flüssigkeit, welche einen oszillierenden und dabei die Richtung wechselnden Druckunterschied zwischen zwei Gaskörpern nutzt,

wobei die zu pumpende Flüssigkeit (5) eine Folge (3) von mehreren Becken (11) durchläuft, deren Flüssigkeitsspiegel in der Reihenfolge abwechselnd mal von dem einen Gaskörper, mal von dem anderen Gaskörper bedeckt sind,

wobei jeweils zwei aufeinander folgende Becken durch eine Leitung (12) verbunden sind, die anfangs unterhalb des Flüssigkeitsspiegels des ersten Beckens, später oberhalb des Flüssigkeitsspiegels des zweiten Beckens verläuft, so dass die Flüssigkeit darin einen beweglichen Pfropfen zwischen den beiden Gaskörpern bildet, und dass ein Überlauf (14) am oberen Ende der Leitung das Zurückfließen der Flüssigkeit von einem Becken in das vorhergehende Becken verhindert,

wobei die Flüssigkeit wenigstens im Mittel von Becken zu Becken an Höhe gewinnt,

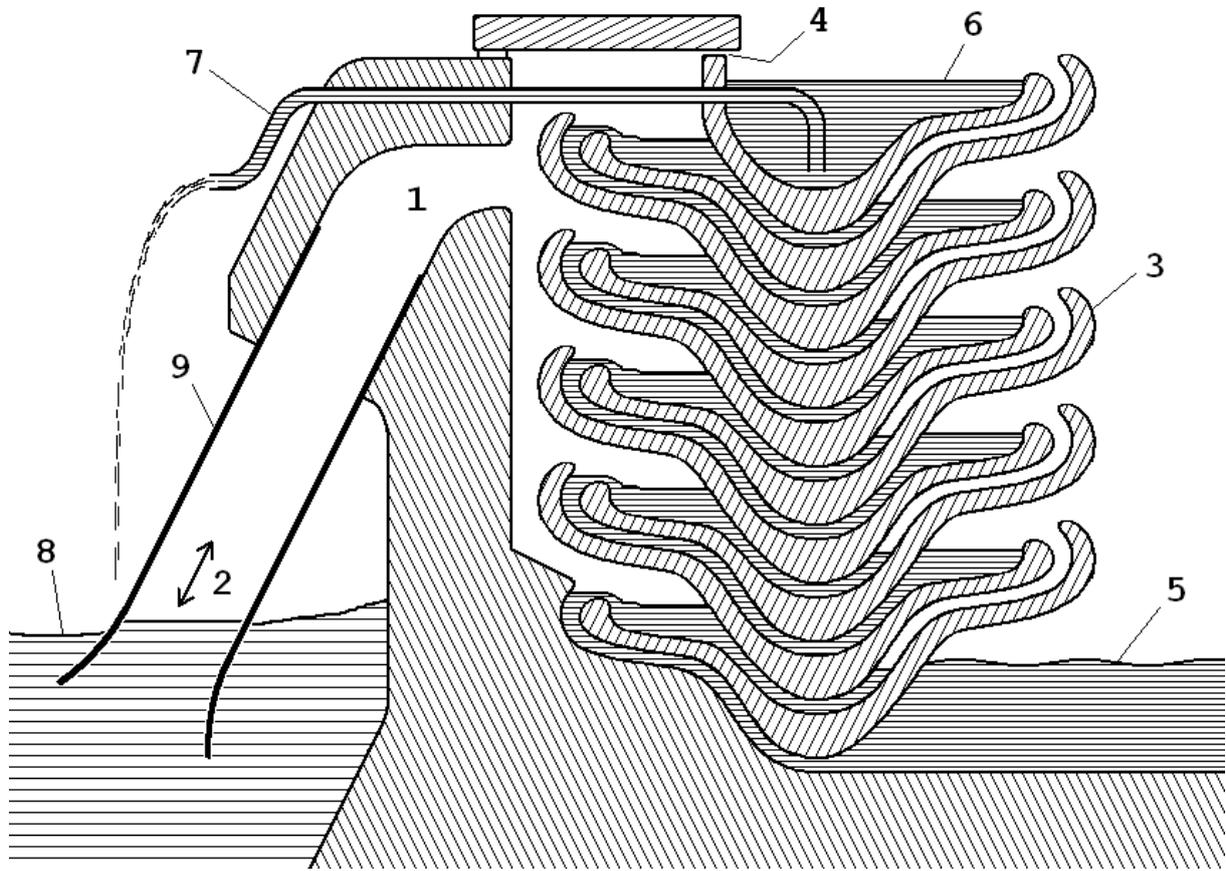
wobei ein Druckunterschied Flüssigkeit von einem Becken ins nächste Becken treibt, und zwar bei positivem Druckunterschied vom ersten Becken ins zweite, vom dritten ins vierte, vom fünften ins sechste und so weiter, und bei negativem Druckunterschied vom zweiten ins dritte, vom vierten ins fünfte, vom sechsten ins siebte und so weiter, soweit vorhanden, und die positive Druckrichtung sei entsprechend festgelegt,

wobei wenigstens einer der beiden Gaskörper sich bis in das Innere einer Wellenkammer (1) erstreckt, wo er von den Wellen eines Gewässers (8) und insbesondere eines Meeres zu Druckschwankungen angeregt wird.

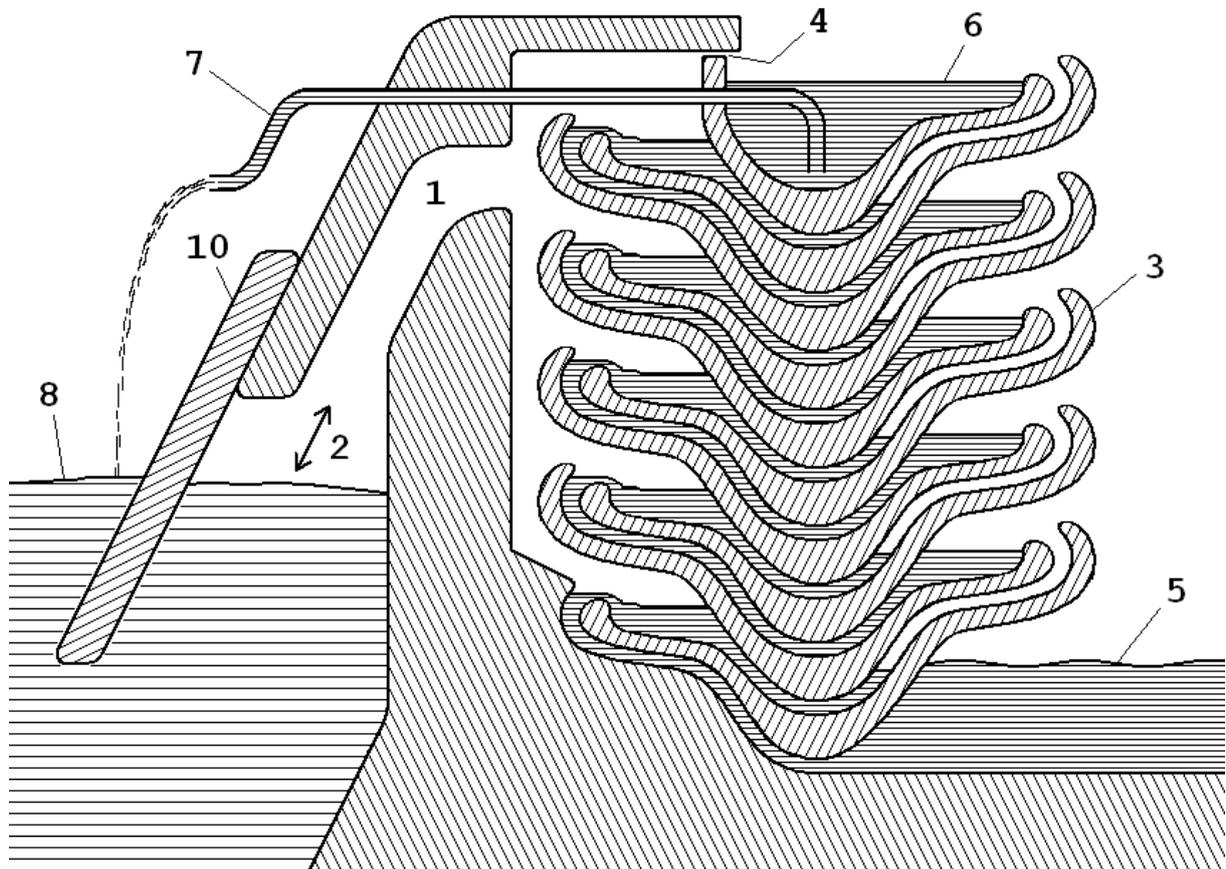
2. Pumpe nach Anspruch 1, wobei einer der beiden Gaskörper die Umgebungsatmosphäre ist.
3. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Becken und Leitungen in ihrer Form fließend ineinander übergehen.
4. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Becken und Leitungen von den Zwischenräumen gestapelter Festkörper gebildet werden, oder in naheliegender Weise gebildet werden könnten, wobei die Festkörper vorzugsweise einander in Form und Größe ähneln, zumindest jeder dem vorvorhergehenden, soweit vorhanden.
5. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei diese wenigstens zum Teil aus einem transparenten Material aufgebaut ist, so dass Licht bis in die Becken gelangen kann.

Zusammenfassung

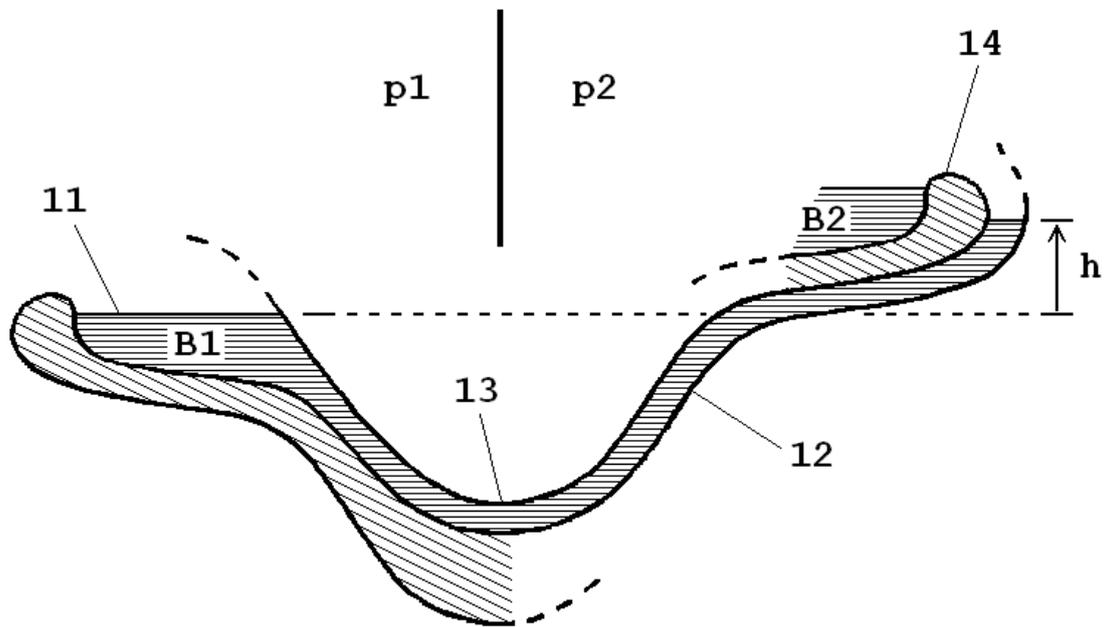
Die Erfindung betrifft eine von Wellenkraft angetriebene Pumpe ohne bewegliche Teile, speziell zum Entwässern der Küstenniederungen bei ansteigendem Meeresspiegel. Diese nutzt die Luftdruckschwankungen in einer Wellenkammer, um damit Wasser über eine Kaskade von besonders geformten Gefäßen nach oben zu befördern.



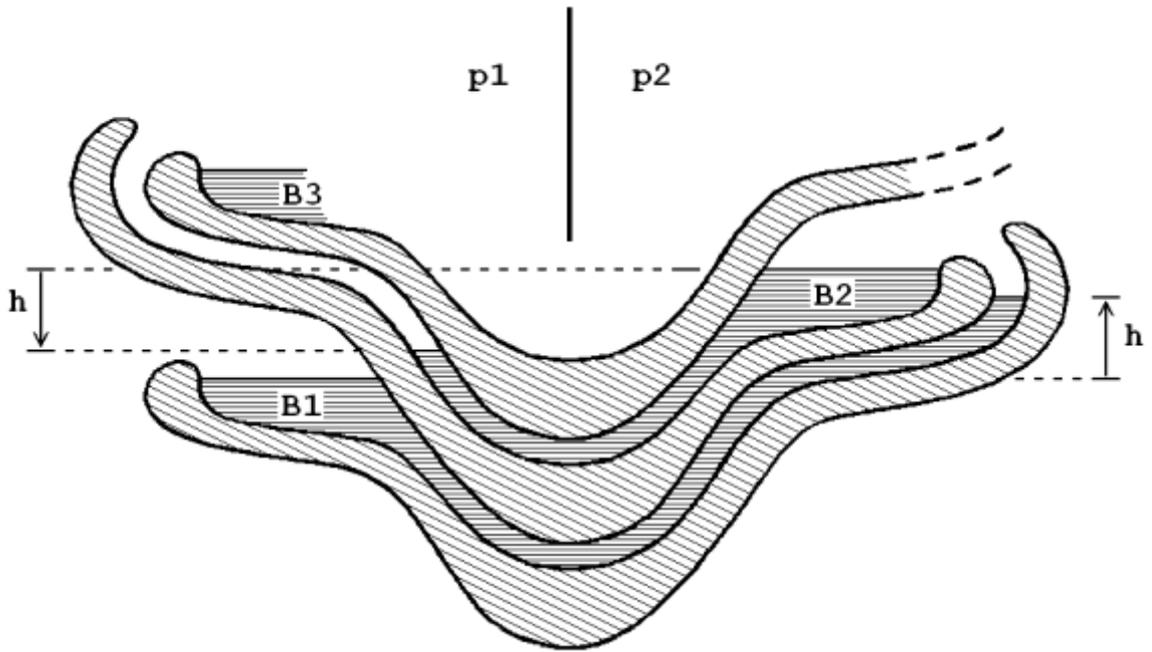
Figur 1. Wellenpumpe mit Zuströmrohr.



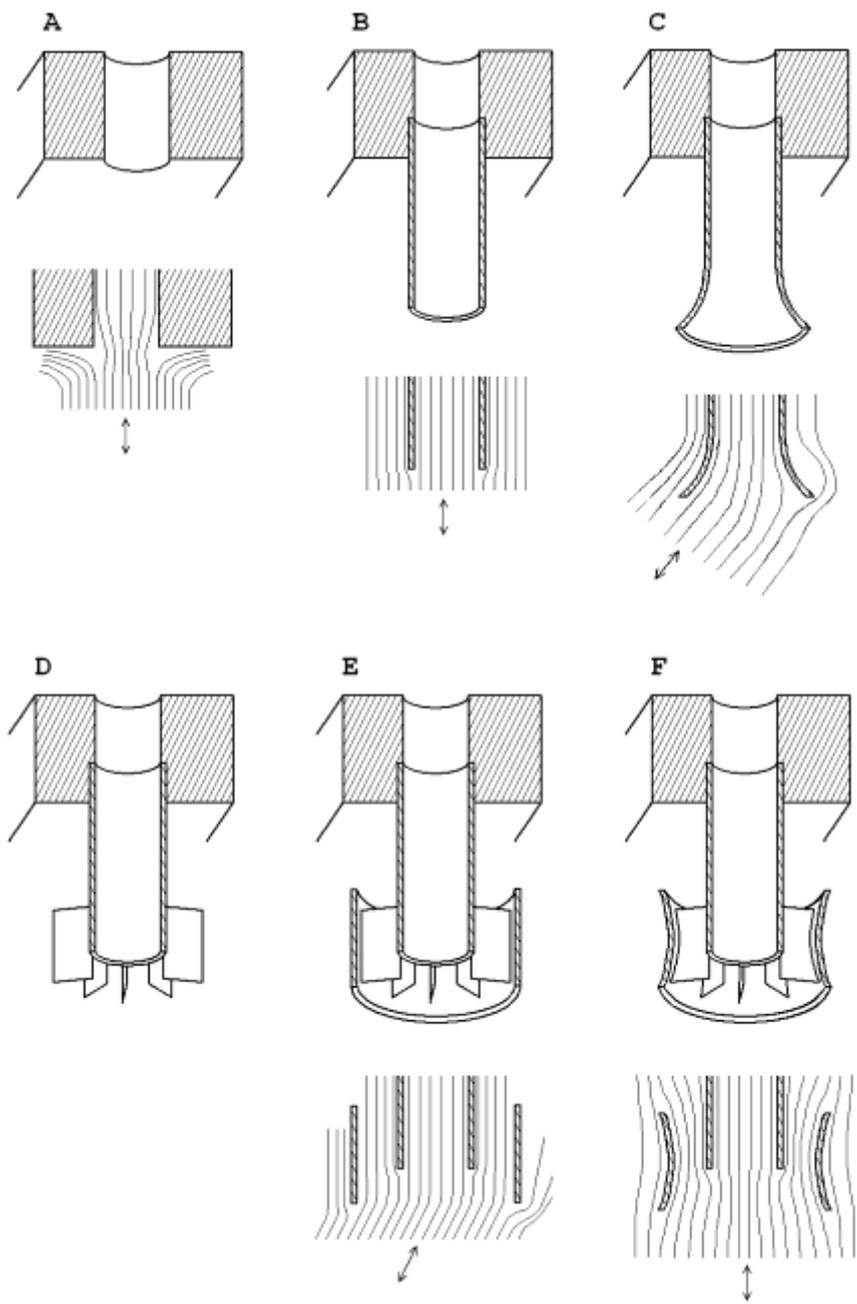
Figur 2. Wellenpumpe mit überhängender Platte.



Figur 3. Pumpgefäß.



Figur 4. Komplementäre Pumpgefäße.



Figur 5. Gestaltungsmöglichkeiten des Zuströmrohrs.