

Heizen Sie Ihr Haus mit einer Wasser gebremsten Windmühle

[low tech magazin](#) | [lokalkompass](#) Die Erzeugung erneuerbarer Energien ist fast ausschließlich auf die Stromerzeugung ausgerichtet. Wir verbrauchen jedoch mehr Energie in Form von Wärme, die Sonnenkollektoren und Windkraftanlagen nur indirekt und ineffizient liefern können. Ein solarthermischer Kollektor überspringt die Umwandlung in Elektrizität und liefert direkt und effizient regenerative Wärmeenergie. Weniger bekannt ist, dass eine mechanische Windmühle in einem windigen Klima das Gleiche tun kann: Durch die Überdimensionierung des Bremssystems (Anmerkung z.B. für einen Motorenprüfstand) kann eine Windmühle durch Reibung viel direkte Wärme erzeugen. Illustration: [Rona Binay](#) für das Low-Tech-Magazin.

Unter den richtigen Bedingungen ist eine mechanische Windmühle mit einem übergroßen Bremssystem ein kostengünstiges, effektives und nachhaltiges Heizsystem.

Wärme gegen Strom

Auf globaler Ebene entspricht der thermische Energiebedarf einem Drittel der Primärenergieversorgung, während der Strombedarf nur ein Fünftel beträgt. [1] In gemäßigtem oder kaltem Klima ist der Anteil der thermischen Energie sogar noch höher. In Großbritannien z. B. macht Wärme fast die Hälfte des gesamten Energieverbrauchs aus. [2] Wenn wir uns nur die Haushalte anschauen, kann die Wärmeenergie für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung in gemäßigten und kalten Klimazonen 60-80% des gesamten inländischen Energiebedarfs betragen. [3]

Trotzdem spielen erneuerbare Energiequellen eine vernachlässigbare Rolle bei der Wärmeerzeugung. Die Hauptausnahme ist die traditionelle Verwendung von Biomasse

zum Kochen und Heizen – in der „entwickelten“ Welt wird jedoch sogar Biomasse häufig zur Erzeugung von Strom anstelle von Wärme verwendet. Die Verwendung von direkter Sonnenwärme und Erdwärme liefert weniger als 1% bzw. 0,2% des globalen Wärmebedarfs [4] [5]. Während erneuerbare Energiequellen mehr als 20% des weltweiten Strombedarfs (zumeist Wasserkraft) ausmachen, machen sie nur 10% des globalen Wärmebedarfs (zumeist Biomasse) aus. [5] [6]

Direkte und indirekte Wärmeerzeugung

Strom aus erneuerbaren Energiequellen kann und wird auf indirekte Weise in Wärme umgewandelt. Beispielsweise wandelt eine Windkraftanlage ihre Rotationsenergie mithilfe ihres elektrischen Generators in Elektrizität um. Diese Elektrizität kann dann mithilfe eines elektrischen Heizelements, eines elektrischen Boilers oder einer elektrischen Wärmepumpe in Wärme umgewandelt werden. Das Ergebnis ist Wärme, die durch Windenergie erzeugt wird.

Insbesondere die elektrische Wärmepumpe wird von vielen Regierungen und Organisationen als nachhaltige Lösung für die Erzeugung regenerativer Wärme gefördert. Solar- und Windenergie können aber auch direkt genutzt werden, ohne sie vorher in Strom umzuwandeln – und das gilt natürlich auch für Biomasse. Die direkte Wärmeerzeugung ist billiger, energieeffizienter und nachhaltiger als die indirekte Wärmeerzeugung.



Prototypen von wärmeerzeugenden Windmühlen, gebaut von Esra L. Sorensen im Jahr 1974. Foto von Claus Nybroe. Quelle: [13]

Die direkte Alternative für Photovoltaik ist die Solarthermie, eine Technologie, die im 19. Jahrhundert nach billigeren Produktionstechnologien für Glas und Spiegel auftauchte. Solarthermie kann für die Warmwasserbereitung, für die Raumheizung oder für industrielle Prozesse verwendet werden. Dies ist zwei bis [drei Mal so energieeffizient im Vergleich zu dem indirekten Weg der Stromumwandlung](#) .

Fast niemand weiß, dass eine Windmühle direkt Wärme erzeugen kann.

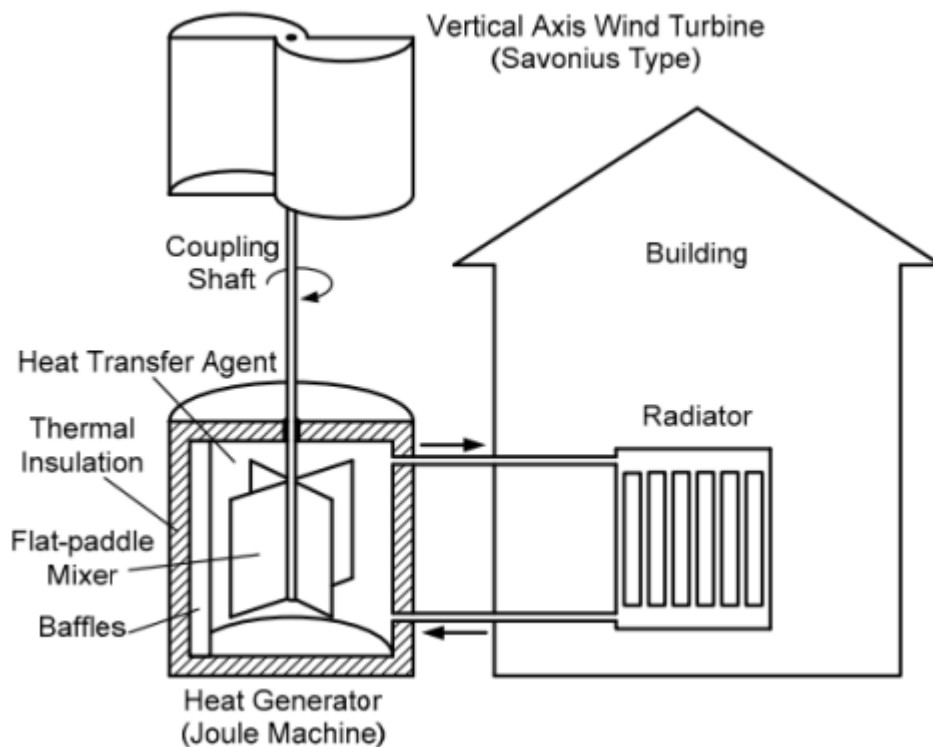
Die direkte Alternative zur Windenergie, die jeder kennt, ist die altmodische Windmühle, die mindestens 2.000 Jahre alt ist. Sie übertrug die Rotationsenergie von ihrem Windrotor direkt auf die Achse einer Maschine, beispielsweise zum Sägen von Holz oder zum Mahlen von Getreide. Dieser [althergebrachte Ansatz bleibt](#) auch in Kombination mit neuer

Technologie [relevant](#) , da er energieeffizienter wäre als die Umwandlung der Energie in Strom und dann in Rotationsenergie.

Eine altmodische Windmühle kann jedoch nicht nur mechanische, sondern auch thermische Energie bereitstellen. Das Problem ist, dass fast niemand das weiß. Selbst die Internationale Energieagentur erwähnt die direkte Umwandlung von Wind in Wärme nicht, wenn sie alle möglichen Optionen für die Erzeugung erneuerbarer Wärme vorstellt. [1]

Die Wasserbremswindmühle

Wärmeerzeugende Windmühlen wandeln Rotationsenergie direkt in Wärme um, indem sie mit einer sogenannten „Wasserbremse“ oder „Joule-Maschine“ Reibung im Wasser erzeugen. Ein auf diesem Prinzip basierender Wärmeerzeuger ist im Wesentlichen ein Windmischer oder ein Flügelrad, das in einen isolierten, mit Wasser gefüllten Tank eingebaut ist. Durch die Reibung zwischen den Wassermolekülen wird mechanische Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Das erwärmte Wasser kann zum Heizen oder Waschen in ein Gebäude gepumpt werden, und das gleiche Konzept könnte auf industrielle Prozesse in einer Fabrik angewendet werden, die relativ niedrige Temperaturen erfordern. [7] [8] [9]

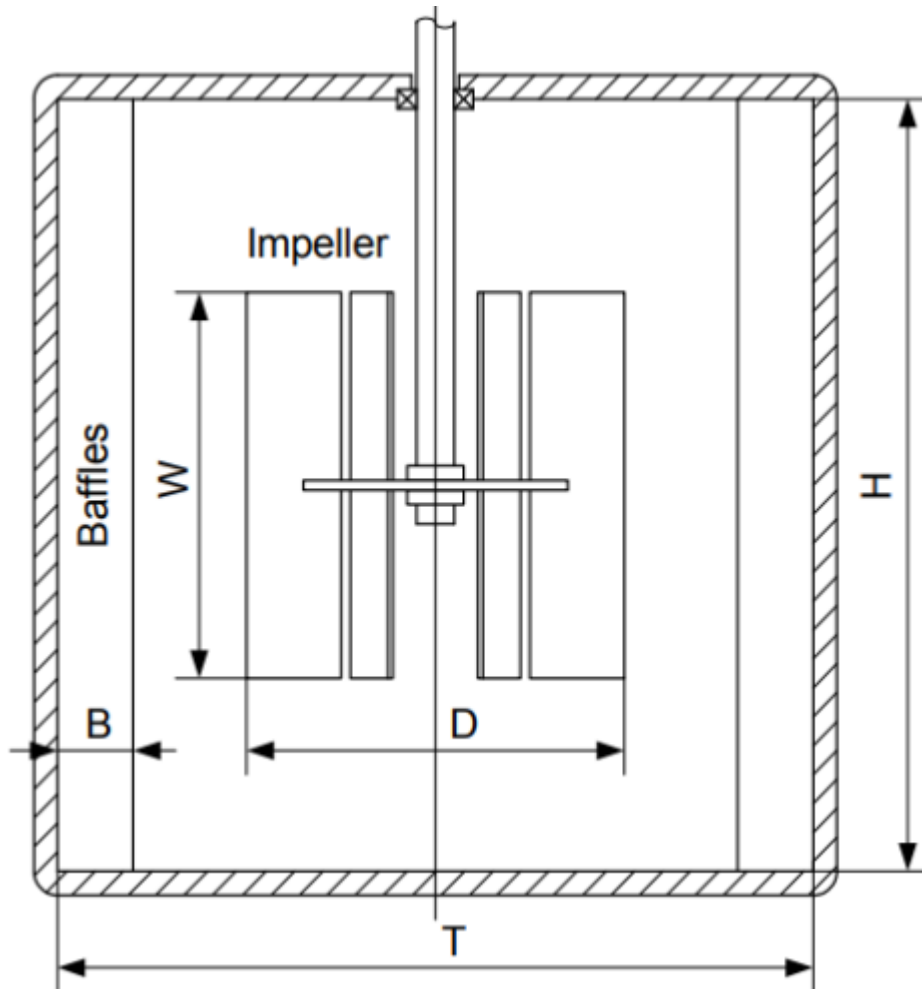


Zeichnung
 eines Heizsystems basierend auf einer
 Wasserbremswindmühle. Quelle: [8]

Die Joule Machine wurde ursprünglich als Messgerät konzipiert. James Joule baute es in den 1840er Jahren für seine berühmte Messung des mechanischen Äquivalents von Wärme: Eine Joule- Kalorie entspricht der Energiemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Kubikzentimeter Wasser um 1 Grad Celsius zu erhöhen. [10]

Ein auf diesem Prinzip basierender Wärmeerzeuger ist im Wesentlichen ein Windmischer oder ein Flügelrad, das in einen isolierten, mit Wasser gefüllten Tank eingebaut ist

Das Faszinierendste an Wasserbremsmühlen ist, dass sie hypothetisch vor Hunderten oder sogar Tausenden von Jahren gebaut worden sein könnten. Sie erfordern einfache Materialien: Holz und / oder Metall. Obwohl wir ihren Einsatz in vorindustriellen Zeiten nicht ausschließen können, stammt der erste Hinweis auf die Erzeugung von Windmühlen aus den 70er Jahren, als die Dänen im Zuge der ersten Ölkrise mit dem Bau dieser Anlagen begannen.



Zeichnung des Wärmeezeugers einer wärmeezeugenden Windmühle. Quelle: [8]

Damals war Dänemark fast vollständig auf importiertes Öl zum Heizen angewiesen, das viele Haushalte in der Kälte ließ, als die Ölversorgung gestört wurde. Da die Dänen bereits eine starke Baumarktkultur für kleine Windkraftanlagen hatten, die auf landwirtschaftlichen Betrieben Strom erzeugen, bauten sie Windmühlen, um ihre Häuser zu beheizen. Einige wählten den indirekten Weg und wandelten Windstrom mithilfe von elektrischen Heizgeräten in Wärme um. Andere entwickelten jedoch mechanische Windmühlen, die direkt Wärme erzeugten.

Günstiger zu bauen und effizienter zu betreiben

Der direkte Ansatz der Wärmeezeugung ist erheblich billiger und nachhaltiger als die Umwandlung von Wind- oder

Sonnenenergie in Wärme durch Verwendung elektrischer Heizgeräte, einschließlich einer elektrischen Wärmepumpe. Dafür gibt es zwei Gründe.

Erstens sind mechanische Windmühlen weniger komplex, was sie erschwinglicher und ressourcenintensiver macht und ihre Lebensdauer erhöht. In einer Wasserbremsmühle können Stromerzeuger, Stromrichter, Transformator und Getriebe ausgeschlossen werden, und aufgrund der Gewichtseinsparungen muss die Windmühle weniger robust gebaut sein. Die Joule-Maschine hat ein geringeres Gewicht, eine geringere Größe und geringere Kosten als ein elektrischer Generator. [11] Ebenso wichtig ist, dass die Kosten für die Wärmespeicherung im Vergleich zu Batterien oder dem Einsatz von Backup-Wärmeleistungswerken um 60 bis 70% niedriger sind. [2]



Eine Wasserbremswindmühle, die 1974 am Institut für Agrartechnik gebaut wurde. Foto von Ricard Matzen. Quelle: [13]

Zweitens ist die direkte Umwandlung von Wind- oder Sonnenenergie in Wärme (oder mechanische Energie) energieeffizienter als bei elektrischer Umwandlung. Dies

bedeutet, dass weniger Solar- und Windenergieanlagen benötigt werden – und damit weniger Platz und Ressourcen -, um eine bestimmte Wärmemenge bereitzustellen. Kurz gesagt, die wärmeerzeugende Windmühle spricht die Hauptnachteile der Windkraft an: ihre geringe Leistungsdichte und ihre [Unterbrechung](#) .

Mechanische Windmühlen sind weniger komplex, wodurch sie kostengünstiger und ressourcenintensiver gebaut werden können und ihre Lebensdauer verlängert wird

Darüber hinaus verbessert die direkte Wärmeerzeugung die Wirtschaftlichkeit und die Nachhaltigkeit kleinerer Windmühlentypen erheblich. Tests haben gezeigt, dass kleine Windenergieanlagen – die Strom erzeugen – [sehr ineffizient sind und nicht immer so viel Energie erzeugen, wie zu ihrer Herstellung benötigt wurde](#) . [12] Die Verwendung ähnlicher Modelle für die Wärmeerzeugung verringert jedoch die Energie und Kosten, die Lebensdauer und die Effizienz.

Wie viel Wärme kann eine Windmühle erzeugen?

Die dänische Wasserbremswindmühle aus den 1970er Jahren war eine relativ kleine Maschine mit einem Rotordurchmesser von etwa 6 Metern und einer Höhe von etwa 12 Metern. In den achtziger Jahren wurden größere wärmeerzeugende Windmühlen gebaut. Die meisten verwendeten einfachen Holzklingen. Insgesamt wurden mindestens ein Dutzend verschiedene Modelle dokumentiert, sowohl Heimwerker- als auch Handelsmodelle. [7] Viele wurden mit gebrauchten Autoteilen und anderen weggeworfenen Materialien gebaut. [13]

Eine der kleineren frühen dänischen wärmeerzeugenden Windmühlen wurde offiziell getestet. Der Calorius Typ 37 – der einen Rotordurchmesser von 5 Metern und eine Höhe von 9 Metern

hatte – erzeugte 3,5 Kilowatt Wärme bei einer Windgeschwindigkeit von 11 m / s (eine starke Brise, Beaufort 6). Dies ist vergleichbar mit der Wärmeleistung der kleinsten Elektrokessel für die Raumheizung. Von 1993 bis 2000 baute die dänische Firma Westrup insgesamt 34 Wasserbrems-Windmühlen, bis 2012 waren noch 17 in Betrieb. [7]



Eine Calorius-Windmühle, die bis zu 4 kW Wärme erzeugt. Bild zur Verfügung gestellt vom [Nordic Folkecenter in Dänemark](#) .

Eine viel größere Wasserbremsmühle (7,5 m Rotordurchmesser, 17 m Turm) wurde 1982 von den Brüdern Svaneborg gebaut und beheizte das Haus eines der beiden (der andere Bruder entschied sich für eine Windturbine und ein elektrisches Heizsystem). Die Windmühle mit drei Glasfaserklingen erzeugte nach nicht offiziellen Messungen bis zu 8 Kilowatt Wärme – vergleichbar mit der Wärmeleistung eines Elektrokessels für ein bescheidenes Zuhause. [7]

In den 80er Jahren baute Knud Berthou die bis heute modernste, wärmeerzeugende Windmühle: die LO-FA. Bei anderen Modellen fand die Wärmeerzeugung am unteren Ende des Turms statt – von der Oberseite der Windmühle gab es einen Schacht bis zum Boden, wo die Wasserbremse installiert war. In der LO-FA-Windmühle wurden jedoch alle mechanischen Teile zur Energieumwandlung auf die Turmspitze verschoben. Die unteren 10 Meter des 20 Meter hohen Turms wurden in einem isolierten Behälter mit 15 Tonnen Wasser gefüllt. Folglich könnte heißes Wasser buchstäblich aus der Windmühle abgezapft werden. [7]

Der Turm der LO-FA-Windmühle wurde mit 15 Tonnen Wasser in einem isolierten Tank gefüllt: Warmwasser konnte buchstäblich aus der Windmühle abgezapft werden.

Die LO-FA war auch die größte der wärmeerzeugenden Windmühlen mit einem Rotor von 12 Metern Durchmesser. Seine Wärmeleistung wurde auf 90 Kilowatt bei einer Windgeschwindigkeit von 14 m / s (Beaufort 7) geschätzt. Diese Ergebnisse scheinen im Vergleich zu den anderen wärmeerzeugenden Windmühlen zu hoch zu sein, aber die Energieabgabe einer Windmühle steigt mit dem Rotordurchmesser und der Windgeschwindigkeit überproportional an. Darüber hinaus bestand die Reibungsflüssigkeit in der Wasserbremse nicht aus Wasser, sondern aus Hydrauliköl, das auf viel höhere Temperaturen aufgeheizt werden kann. Das Öl übertrug dann seine Wärme an den Wasserspeicher im Turm. [7]

Erneutes Interesse

Das Interesse an wärmeerzeugenden Windmühlen ist vor einigen Jahren wieder aufgetaucht, obwohl es sich derzeit nur um eine Handvoll wissenschaftlicher Studien handelt. Deutsche und britische Wissenschaftler schreiben in einem Papier aus dem Jahr 2011, dass „kleine und abgelegene Haushalte in nördlichen Regionen Wärmeenergie statt Strom benötigen, und daher sollten Windkraftanlagen an solchen Orten für die Erzeugung von Wärmeenergie gebaut werden“. [8]

Die Forscher erklären und veranschaulichen die Funktionsweise der Wasserbremswindmühle und berechnen die optimale Leistung der Technologie. Es wurde festgestellt, dass die Drehmoment-Drehzahl-Eigenschaften von Windrotor und Laufrad sorgfältig aufeinander abgestimmt sein sollten, um einen maximalen Wirkungsgrad zu erzielen. Für die sehr kleine Savonius-Windmühle, die die Wissenschaftler als Modell verwendeten (0,5 m Rotordurchmesser, 2 m Turm), wurde beispielsweise berechnet, dass der Laufraddurchmesser 0,388 m betragen sollte.

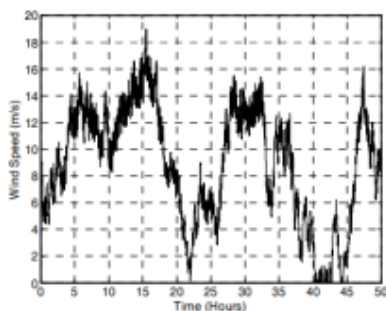


Fig. 7. Wind speed profile for the time duration of 50 hours. The average value of wind speed is 7.5 m/s.

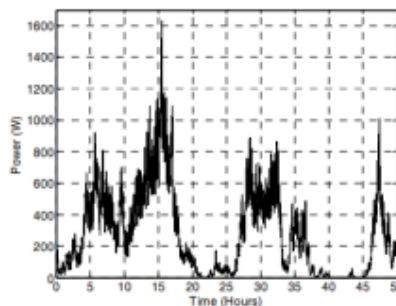


Fig. 8. Power delivered by the wind turbine to the heat generator against time.

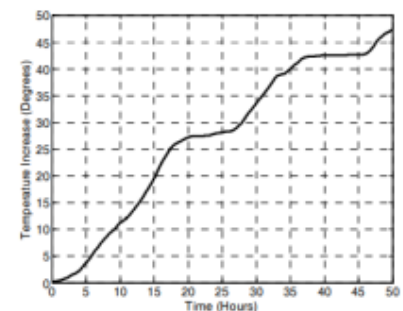


Fig. 9. Temperature increase (ΔT) of the heat transfer liquid against time.

Anschließend führten die Forscher Simulationen über einen Zeitraum von fünfzig Stunden durch, um die Wärmeleistung der Windmühle zu berechnen. Obwohl die Savonius eine langsame Windmühle ist, die sich schlecht für die Stromerzeugung eignet, stellt sie sich als hervorragender Wärmeerzeuger heraus: Die kleine Windmühle erzeugte bis zu 1 kW thermische Leistung (bei Windgeschwindigkeiten von 15 m / s). [8] Eine Studie aus dem Jahr 2013, bei der ein Prototyp verwendet wurde, erzielte ähnliche Ergebnisse und berechnete die Effizienz des Systems auf 91%. [9]

Eine Studie aus dem Jahr 2013 mit einem Prototyp berechnete die Effizienz des Systems auf 91%.

Natürlich ist das Wetter nicht immer stürmisch, weshalb die durchschnittliche Windgeschwindigkeit mindestens genauso wichtig ist. Eine Studie aus dem Jahr 2015 untersucht die

Möglichkeiten der Erzeugung von Windmühlen in Litauen, einem baltischen Land mit kaltem Klima, das von teuren Brennstoffimporten abhängig ist. [14] Die Forscher berechneten, dass bei der durchschnittlichen Windgeschwindigkeit im Land (4 m / s Beaufort 3) für die Erzeugung von einem Kilowatt Wärme eine Windmühle mit einem Rotordurchmesser von 8,2 Metern benötigt wird.



Eine wärmeerzeugende Windmühle mit einer Wasserbremse im Boden des Turms. Die Mühle wurde 1975 von Jorgen Andersen gebaut und stand in Serritslev. Foto von Claus Nybroe. Quelle: [13]

Sie vergleichen dies mit dem thermischen Energiebedarf eines 120 m² großen, energieeffizienten Neubaus, der nach [modernen Komfortstandards](#) beheizt ist , und schlussfolgern, dass eine wärmeerzeugende Windmühle zwischen 40 und 75% des jährlichen Wärmebedarfs decken kann (abhängig von der Energieeffizienzklasse von) Die Konstruktion). [14]

Wärmespeicherung

Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist auch nicht garantiert, so dass eine wärmeerzeugende Windmühle einen Wärmespeicher benötigt – sonst würde sie nur heizen, wenn der Wind weht. Ein Kubikmeter Warmwasser (1 Tonne, 1.000 Liter) fasst bis zu 90 kWh Wärme, was für einen Haushalt von vier Personen etwa ein bis zwei Tage dauert.



Dieselbe Windmühle wie die oben abgebildete, von unten gesehen. Quelle: [7]

Um ausreichend Speicherplatz für eine Woche ohne Wind zu schaffen, sind daher bis zu 7 Tonnen Wasser erforderlich, was einem Volumen von 7 Kubikmetern zuzüglich Isolierung entspricht. Die Energieverluste (Selbstentladung) sollten jedoch ebenfalls berücksichtigt werden, und dies erklärt, warum die dänischen Windmühlen, die Wärme erzeugen, normalerweise einen Speicher mit zehn bis zwanzigtausend Litern hatten. [13]

Eine wärmeerzeugende Windmühle kann mit einem Solarkessel kombiniert werden, so dass Sonne und Wind mit einem kleineren Wassertank direkte Wärmeenergie liefern können.

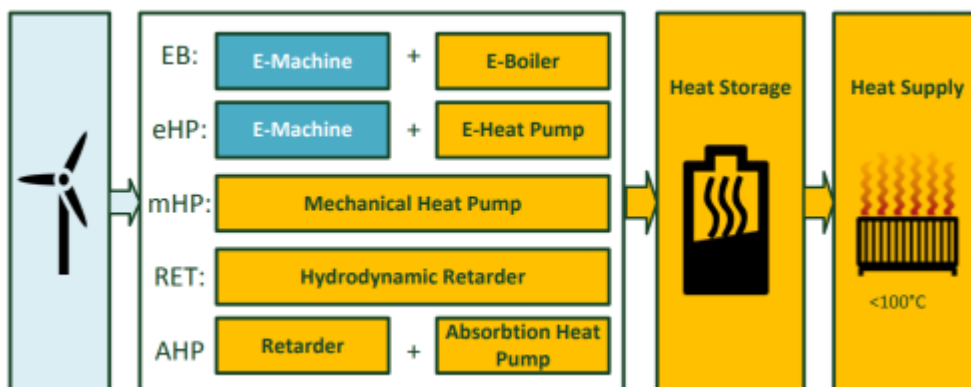
Eine wärmeerzeugende Windmühle kann auch mit einem Solarkessel kombiniert werden, so dass sowohl Sonne als auch Wind direkte Wärmeenergie aus demselben Wärmespeicher liefern können. In diesem Fall wird es möglich, ein ziemlich zuverlässiges Heizsystem mit einem kleineren Wärmespeicher zu bauen, da die Kombination von zwei – oft komplementären – Energiequellen die Möglichkeit einer direkten Wärmezufuhr erhöht. Vor allem in weniger sonnigen Klimazonen sind wärmeerzeugende Windmühlen eine hervorragende Ergänzung zu einer Solarthermieanlage, da diese im Winter, wenn der Wärmebedarf maximal ist, relativ weniger Wärme produziert.

Verzögerer und mechanische Wärmepumpen

Die aktuellsten und umfangreichsten Studien aus den Jahren 2016 und 2018 vergleichen verschiedene Arten von Wärme erzeugenden Windmühlen mit verschiedenen Arten der indirekten Wärmeerzeugung. [1] [15] In diesem Fall nutzen die Windmühlen nicht mehr die ursprüngliche Wasserbremse, sondern erzeugen Wärme mit mechanischen Wärmepumpen oder hydrodynamischen Retardern. Eine mechanische Wärmepumpe ist einfach eine Wärmepumpe ohne Elektromotor – stattdessen ist der Windrotor direkt mit dem Kompressor (den Kompressoren) der Wärmepumpe verbunden, wodurch eine geringere Energieumwandlung erforderlich ist.

Der hydrodynamische Retarder ist als Bremssystem in schweren Fahrzeugen bekannt. Wie eine Joule-Maschine wandelt sie Rotationsenergie ohne Elektrizität in Wärme um. Retarder und mechanische Wärmepumpen haben die gleichen Vorteile wie Joule Machines, da sie viel kleiner, leichter, billiger und

effizienter sind als elektrische Generatoren. In diesem Fall ist jedoch ein Getriebe erforderlich, um einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen.



Verschiedene Arten der direkten und indirekten Wärmeerzeugung im Vergleich. Quelle: [15]

Die Studie vergleicht wärmeerzeugende Windmühlen auf der Grundlage von Retardern und mechanischen Wärmepumpen mit indirekter Wärmeerzeugung unter Verwendung von Elektrokesseln und elektrischen Wärmepumpen. Es vergleicht diese vier Technologien für drei Systemgrößen: eine kleine Windmühle, die einen netzfernen Haushalt heizen soll, eine große Windmühle, die ein Dorf mit Wärme versorgen soll, und einen Windpark, der 20.000 Einwohner mit Wärme versorgt. Die vier Heizungskonzepte werden auf der Grundlage ihrer jährlichen Kapital- und Betriebsausgaben in einer Rangordnung von 20 Jahren eingestuft. [1] [15]

Das direkte Ankoppeln einer mechanischen Windmühle an eine mechanische Wärmepumpe ist günstiger als die Verwendung eines Gaskessels oder der Kombination aus Windkraftanlage und elektrischer Wärmepumpe.

Für das Off-Grid-System ist die direkte Ankopplung einer mechanischen Windmühle an eine mechanische Wärmepumpe die billigste Option, während die Kombination aus Windkraftanlage und Elektrokessel die teuerste ist. Alle anderen Technologien liegen dazwischen. Unter Berücksichtigung sowohl der

Investitions- als auch der Betriebskosten sind kleine wärmeerzeugende Windmühlen mit mechanischen Wärmepumpen gleich teuer oder günstiger als herkömmliche Gaskessel, wenn sie die typische Leistung einer kleinen Windmühle annehmen (die über einen Zeitraum von einem Jahr 12% erzeugt). bis 22% seiner maximalen Energieabgabe).

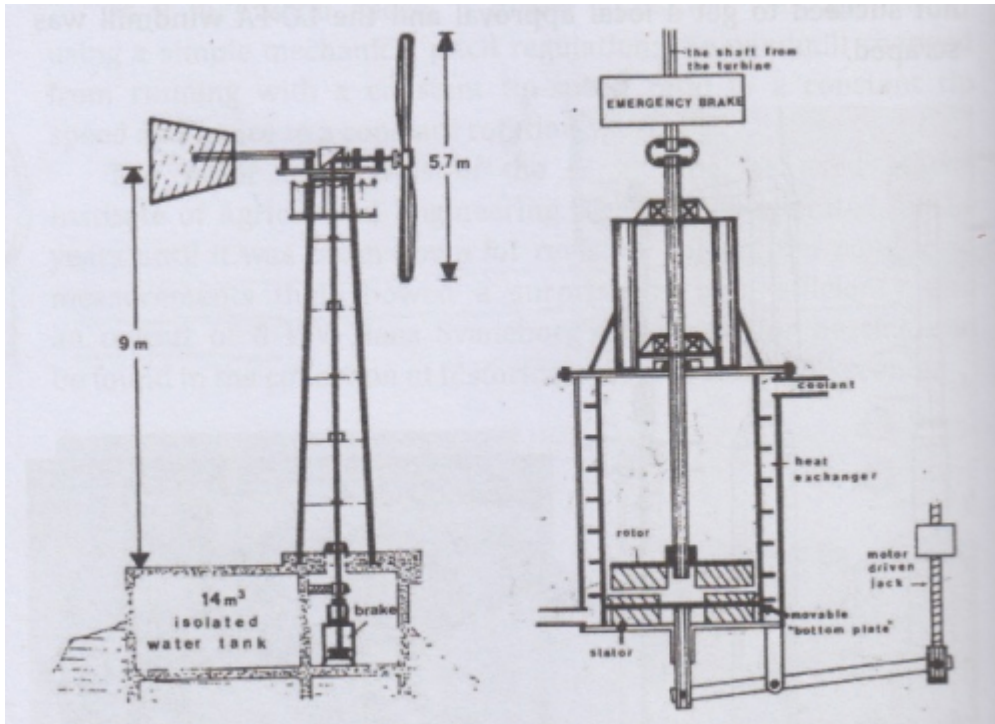


Bild: Wasserbremsmühle von O. Helgason (links), Wasserbremse mit variablem Lastsystem (rechts). Bilder aus „Test bei sehr hoher Windgeschwindigkeit einer durch eine Wasserbremse gesteuerten Windmühle“, O. Helgason und AS Sigurdson, Science Institute der University of Iceland. Quelle: [7]

Auf der anderen Seite erfordert die Kombination einer kleinen Windkraftanlage und einer elektrischen Wärmepumpe eine Windmühle mit einem „Kapazitätsfaktor“ von mindestens 30%, um mit der Gasheizung kostengünstig zu werden – doch eine so hohe Leistung ist sehr ungewöhnlich. Größere Systeme weisen die gleichen Ranglisten auf – die Kombination von mechanischen Windmühlen und mechanischen Wärmepumpen ist die billigste Option – sie haben jedoch aufgrund von Skaleneffekten das Dreifache der Kapitalkosten. Größere Windmühlen haben höhere Kapazitätsfaktoren (16-40%), was zu noch größeren

Kosteneinsparungen führt.

Aufgrund der großen Energieverluste für den Wärmetransport eignet sich die wärmeerzeugende Windmühle am besten als dezentrale Energiequelle, die Wärme für einen netzfernen Haushalt oder – im optimalen Fall – eine kleine Stadt liefert.

Größere Systeme weisen jedoch auch ein Problem auf, wenn die Technologie weiterentwickelt wird: Die Speicherung von Wärme ist möglicherweise billiger und effizienter als die Speicherung von Strom, das Gegenteil gilt jedoch für den Transport: Die Energieverluste für den Wärmetransport sind viel größer als die Energieverluste für die Stromübertragung. Die Wissenschaftler berechnen, dass die maximale Entfernung, die bei optimalen Windbedingungen zu erreichen ist, 50 km beträgt. [15]

Folglich ist die wärmeerzeugende Windmühle als dezentralisierte Energiequelle am besten geeignet und versorgt einen netzfernen Haushalt oder – im optimalen Fall – eine relativ kleine Stadt oder Stadt mit Wärme. Bei noch größeren Systemen muss Energie in Form von Elektrizität transportiert werden. In diesem Fall wird die direkte Erzeugung von Wärme – mit all ihren Vorteilen – unattraktiv.

Von Elektrizität geblendet

Wärmeerzeugende Windmühlen werden auch für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien untersucht, vor allem, weil sie eine bessere Lösung für die Energiespeicherung bieten als [Batterien oder andere gängige Technologien](#). [16] In diesen Systemen wird die erzeugte Wärme in Elektrizität durch den Einsatz einer Dampfturbine umgewandelt. Das Speichersystem ähnelt dem eines konzentrierten Solarkraftwerks (CSP), und die Solarkonzentratoren werden durch Wärme erzeugende Windmühlen ersetzt.

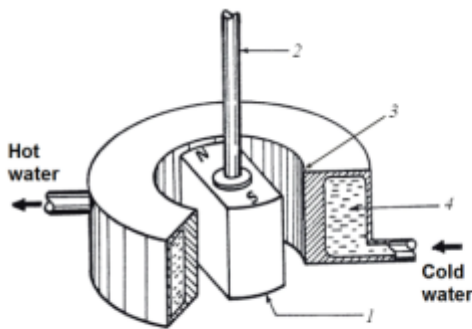


Fig.1 – A diagram of permanent magnet eddy current heater.



Fig. 2 – Permanent magnet eddy current heater prototype: 1 – armature; 2 – rotor.

Eine „Wirbelstromheizung“. Quelle: [9]

Da für eine effiziente Erzeugung von Elektrizität mit einer Dampfturbine hohe Temperaturen erforderlich sind, können diese Systeme keine Joule-Maschinen oder hydrodynamischen Retarder verwenden, sondern setzen auf einen Retarder, der als „Wirbelstromheizung“ (oder „Induktionsheizung“) bezeichnet wird. . Diese bestehen aus einem Magneten, der auf einer rotierenden Welle montiert ist und Temperaturen von bis zu 600 Grad Celsius erreichen kann. Durch die Verwendung von Wirbelstromheizgeräten könnten Windmühlen bei höheren Temperaturen direkte Wärme liefern, wodurch deren Einsatz in der Industrie noch größer wird.

Die Nutzung der gespeicherten Wärme zur Stromerzeugung ist jedoch wesentlich kostenaufwendiger und weniger nachhaltig als die Verwendung von Wärme erzeugenden Windmühlen zur direkten Wärmeerzeugung. Die Umwandlung der gespeicherten Wärme in Elektrizität ist höchstens 30% effizient. Dies bedeutet, dass zwei Drittel der Windenergie durch unnötige Energieumwandlungen verloren gehen. Dies gilt auch, [wenn Solarthermie zur Stromerzeugung eingesetzt wird](#) . [15]

Die direkte Wärmeerzeugung bietet somit die Möglichkeit, dreimal mehr Treibhausgasemissionen und fossile Brennstoffe einzusparen, wenn dieselbe Anzahl von Windmühlen verwendet wird, die auch billiger sind und nachhaltiger gebaut werden können. Hoffentlich erhält die direkte Wärmeerzeugung die Priorität, die sie verdient. Trotz eines wärmenden Klimas ist

der Bedarf an thermischer Energie so hoch wie nie zuvor.

Kris De Decker

Unterstützen Sie das Low-Tech-Magazin über [PayPal](#) oder [Patreon](#) .

In Verbindung stehende Artikel:

- [Legen Sie die Batterien ab: netzferne Druckluftspeicherung](#)
 - [Einige Lichter eingeschaltet lassen: Energiesicherheit neu definieren](#)
 - [Wie man die Wirtschaft auf das Wetter einstellt](#)
 - [Die alte Art der Erwärmung wiederherstellen: Menschen heizen, keine Orte](#)
 - [Zurück zu den Grundlagen: direkte Wasserkraft](#)
 - [Mittelalterliche Schornsteine: fossile Brennstoffe in vorindustrieller Zeit](#)
 - [Die glänzende Zukunft der solarthermischen Fabriken](#)
 - [Windkraftwerke: Geschichte und Zukunft industrieller Windmühlen](#)
-

Quellen:

1. Nitto, Dipl-Ing Alejandro Nicolás, Carsten Agert, and Yvonne Scholz. „[WIND POWERED THERMAL ENERGY SYSTEMS \(WTES\)](#)„.
2. [Integration von thermischen Energiespeichern in das](#)

- [Energienetzwerk](#) , Sharyar Ahmed, 2017
3. [Die glänzende Zukunft der solarthermischen Fabriken](#) , Kris De Decker, Low-Tech-Magazin, 2011
 4. [Solar Heat Worldwide](#) , Ausgabe 2018, Internationale Energieagentur (IEA).
 5. [Erneuerbare Energien 2018, Heat](#) , Internationale Energieagentur (IEA).
 6. [Weltbank: Erneuerbare Stromproduktion](#) .
 7. *Der Aufstieg der modernen Windenergie: Windkraft für die Welt* . Pan Stanford Publishing, 2013. Siehe Kapitel 13 („Wasserbremswindmühlen“, Jørgen Krogsgaard) und Kapitel 16 („Versunken in die Vergessenheit“, Preben Maegaard). Dies scheint das einzige Dokument in englischer Sprache zu dänischen Windmühlen zu sein.
 8. Chakirov, Roustiam und Yuriy Vagapov. „ [Direkte Umwandlung von Windenergie in Wärme joule Maschine.](#)“ *Vierte Internationale Konferenz über Umwelt und Informatik (ICECS 2011), Singapur, Sept. . 2011*
 9. KLEINES WINDENERGIE- [SYSTEM MIT PERMANENTEN](#) MAGNET-EDDY-STROM-HEIZUNGEN VON ION SOBOR, VASILE RACHIER, ANDREI CHICIUC und RODION CIUPERCĂ. BULETIN DES POLITISCHEN INSTITUTS IN IAȘI. Veröffentlicht von „Gheorghe Asachi“ Technische Universität von Iasi Tom LIX (LXIII), Fasc. 4, 2013
 10. [Joules Experiment: Ein historisch-kritischer Ansatz](#) , Marcos Pou Gallo Advisor.
 11. Okazaki, Toru, Yasuyuki Shirai und Taketsune Nakamura. “ [Konzeptstudie zur Windenergie mittels direkter thermischer Energieumwandlung und thermischer Energiespeicherung](#) .“ *Erneuerbare Energie* 83 (2015): 332-338.
 12. [Praxistests für kleine Windkraftanlagen in den Niederlanden und Großbritannien](#) , Kris De Decker, The Oil Drum, 2010.
 13. [Selfbuilders](#) , Winds of Change-Website, Erik Grove-Nielsen.
 14. Černeckienė, Jurgita und Tadas Ždankus. “ [Nutzung der](#)

Windenergie zum Heizen energieeffizienter Gebäude: Analyse der Möglichkeiten .“ *Journal für nachhaltige Architektur und Bauingenieurwesen* 10.1 (2015): 58-65.

15. Cao, Karl-Kiên et al. “ Erweiterung des Horizonts von Power-to-Heat: Kostenermittlung für neue Raumheizungskonzepte mit Windenergieanlagen .“ *Energie* 164 (2018): 925-936.
16. Okazaki, Toru, Yasuyuki Shirai und Taketsune Nakamura. “ Konzeptstudie zur Windenergie mittels direkter thermischer Energieumwandlung und thermischer Energiespeicherung .“ *Erneuerbare Energie* 83 (2015): 332-338.