

Der Philosoph und die Windkraft

von Hans Dieter Sauer

Wind- und Wasserkraft haben gegenwärtig wieder Konjunktur. In der Frühphase der Industrialisierung vor der Erfindung der Dampfmaschine waren sie einmal die wichtigsten Lieferanten mechanischer Energie. Am Ausgang des 17. Jahrhunderts wurde der Versuch unternommen, diese beiden Energiequellen im Verbund arbeiten zu lassen. Verfechter dieser Idee war kein Geringerer als der Philosoph Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716), der mehrere Jahre intensiv daran arbeitete, seine Gedanken in die Tat umzusetzen. Schauplatz des bemerkenswerten Projektes war der Oberharzer Bergbau.

In den Oberharzer Erzgruben hatte man wie überall mit dem Problem zu kämpfen, das unaufhörlich eindringende Grundwasser wieder zu Tage zu fördern. Als mit zunehmender Tiefe menschliche und tierische Arbeitskraft die Aufgabe nicht mehr bewältigen konnte, mußte man andere Verfahren einführen, sollte der Betrieb nicht zum Erliegen kommen. Zum einen trieb man von Tälern, schließlich sogar vom Fuß des Harzgebirges, Stollen zu den Bergwerkschächten vor, durch die man das Wasser ableitete. Der längste erreichte nach über hundertjähriger Bauzeit schließlich die Länge von acht Kilometern. Außerdem setzte man in zunehmendem Umfang Wasserkraft ein. Von an Bächen gelegenen Wasserrädern wurden über sogenannte „Feldgestänge“, die gelegentlich Längen von mehreren Hundert Metern erreichten, in den Schächten einfache Kolbenpumpen angetrieben, die das Wasser durch hölzerne Rohrleitungen nach oben drückten /Lommatzsch/. Die schwankende Wasserführung der Bäche versuchte man durch die Anlage von Wasserreservoirs auszugleichen, zu denen über schmale Kanäle, die „Gräben“, auch Wasser aus entfernteren Einzugsgebieten herangeleitet wurde. Diese künstlich angelegten Wasserläufe und Teiche prägen auch heute noch in weiten Teilen die Harzer Berglandschaft. Zur Zeit der Leibnizschen Versuche gab es in der Umgebung der Bergstädte Clausthal und Zellerfeld bereits 15 Teiche mit einem Fassungsvermögen von 2 Mio m³. Doch in besonders trockenen Jahren reichte auch dieses ausgeklügelte System der Wasserbevorratung nicht aus. Den Wasserrädern ging das Antriebswasser aus und es trat die paradoxe Situation ein, daß bei oberirdischer Trockenheit die Gruben teilweise absoffen, was stets empfindliche Produktionsrückgänge zur Folge hatte. Da die Abgaben der Bergwerke eine wichtige Einnahmequelle für das Herzogtum Hannover darstellten,

wurde den Problemen des Bergbaus vom Landesfürsten stets große Aufmerksamkeit geschenkt.

Das Konzept

So bekam auch Gottfried Wilhelm Leibniz, der seit 1676 als persönlicher Berater in den Diensten des Herzogs von Hannover stand, den Auftrag, die „Wassernot“ des Harzer Bergbaus zu studieren und Abhilfe vorzuschlagen. Leibniz gilt als der letzte Universalgelehrte Europas. Er beherrschte nicht nur gleichermaßen die verschiedensten geistes- und naturwissenschaftlichen Disziplinen, sondern trug auch in vielen Gebieten durch eigene Arbeiten in Theorie und Praxis zum wissenschaftlichen Fortschritt bei. Die Spannweite und Produktivität seines Wirkens läßt sich daran ablesen, daß die Ausgabe seiner noch unveröffentlichten Schriften einmal hundert große Bände umfassen wird und man den Abschluß der Arbeiten erst für das Jahr 2040 voraussieht.

Für den Harzer Bergbau schlug Leibniz vor, neben der Wasserkraft auch die Windkraft zur Hebung des Wassers einzusetzen. Er entwickelte zunächst den Plan, Windmühlen unmittelbar zum Antrieb für die Pumpen in den Schächten zu verwenden. Auf dieser Grundlage gewährte ihm der Herzog einen Vertrag, der vorsah, drei Windmühlen zu errichten. Die Kosten sollten sich herzogliche Kammer, Bergwerke und Leibniz teilen. Bei Erfolg sollte Leibniz eine jährliche Rente von 1200 Talern vom Bergamt erhalten. Die Vertreter des Bergamtes standen dem Projekt sehr skeptisch gegenüber. Sie sahen vor allem Kosten auf sich zukommen und bezweifelten, daß ein von außen kommender Theoretiker ihnen, den Praktikern, Lösungen für ihre Probleme aufzeigen könnte.

Als Leibniz im Frühjahr 1680 bei einem längeren Aufenthalt im Harz den Betrieb der Bergwerke genauer kennen lernte, gewann er die Erkenntnis, daß es günstiger wäre, die Windmühlen dafür einzusetzen, das über die

Wasserräder geflossene Wasser zurück in die Teiche zu pumpen, so daß es erneut Arbeit verrichten kann. Obwohl er die Vorzüge dieser Kombination von Wind- und Wasserkraft überzeugend darlegte, wollte man beim Bergamt davon nichts wissen. Man pochte auf die Einhaltung des ursprünglichen Vertrages, Einsatz von Windmühlen zum direkten Antrieb von Pumpen in den Schächtanlagen, wohl in der Absicht, auf diese Weise das ungeliebte Projekt überhaupt verhindern zu können. Notgedrungen, um nicht seine Pläne völlig aufgeben zu müssen, willigte Leibniz ein.

Die Probleme

Im Juli 1680 wurde an der Grube Catharina bei Clausthal mit den Arbeiten begonnen. Obwohl man mit den Windmühlen, die damals in Holland und Norddeutschland bereits weit verbreitet waren, eine erprobte Technik einsetzte, traten doch zahlreiche Probleme auf, die immer wieder Änderungen in der Konstruktion erzwangen. Zunächst waren die Flügel der Mühle für den böigen Wind im Bergland zu schwach ausgelegt, so daß man ihnen stärkere Bäume geben mußte. Zusätzlich brachte man Verbesserungen an, die dafür sorgten, daß sich die Flügel bei zu starkem Druck öffneten und sich die Mühle selbst in den Wind stellte. Das Getriebe ging zunächst zu schnell, dann wieder zu langsam und erst mit der dritten Konstruktion fand man das richtige Verhältnis. Aber trotzdem endeten Probeläufe fast immer damit, daß in dem komplizierten Mechanismus der Kraftübertragung von der Mühle zu den Pumpen irgendeine Komponente brach. 1682 entwickelte Leibniz deshalb den kühnen Gedanken, an Stelle der empfindlichen Gestänge Röhren mit Preßluft zu verwenden, was aber daran scheiterte, daß sich Röhren der erforderlichen Stärke und Dichtheit nicht herstellen ließen.

Erst Ende 1683 war man so weit, daß die gesamte Anlage wiederholt einen Tag und etwas länger in Betrieb bleiben konnte. Es gelang zwar, das Wasser von 15 übereinander gesetzten Pumpen zu heben, aber das ganze System war so reparaturanfällig, daß kein Dauerbetrieb zustande kam, worauf die Bergwerke mit Nachdruck bestanden. Die Kosten sprengten alle Voranschläge. Bis Mitte 1683 waren bereits 2270 Taler verbaut,

während man ursprünglich von 300 Talern ausgegangen war. Beim Bergamt sah man sich in seiner Meinung bestätigt, daß Windmühlen zu teuer und im Unterhalt zu aufwendig seien und man forderte den Abbruch der Versuche, um weitere Kosten zu vermeiden. Aber Leibniz gab nicht auf. Mit großem Einsatz versuchte er, sein Projekt noch zu retten. In den Jahren 1684 und 1685 verbrachte er nicht weniger als 16 Monate in den Harzer Bergorten.

Der Savoniusrotor

Er erkannte, daß das Hauptproblem die Anfälligkeit der Mühle und der Kraftübertragung bei starkem böigem Wind war. Die Analyse dieses Problems und sein Lösungsvorschlag sind eine Demonstration seiner Genialität. Statt einer Mühle mit senkrecht stehenden Flügeln wollte er nun eine „Horizontalwindkunst“, also im Prinzip einen Savoniusrotor bauen. Obwohl Windräder dieses Prinzips bereits von Leibniz entwickelt worden sind – auch Leonardo da Vinci hat die Zeichnung eines Savoniusrotors hinterlassen – ist doch davon auszugehen, daß Leibniz seine technische Lösung selbständig gefunden hat, denn er betonte, daß eine solche Horizontalwindkunst nie in der Welt gesehen worden sei. In einer Denkschrift stellte er deren Vorteile heraus: „Diese Windkunst kostet nicht über 200 Taler und braucht nicht mehr Wartung als ein Wasserrad und ist bereit, Tag und Nacht mit allen Winden, ohne in Richtung und Stellung zu gehen. Ist sehr sicher gegen Sturm.“

Eingedenk der Schwierigkeiten, über lange Gestänge Pumpen in den Schächten anzutreiben, wollte er nun den aufgegebenen Plan realisieren, Wasser in die Stauteiche zurückzupumpen, was in zwei Stufen vor sich gehen sollte, zunächst mit einer Archimedischen Schraube aus einem

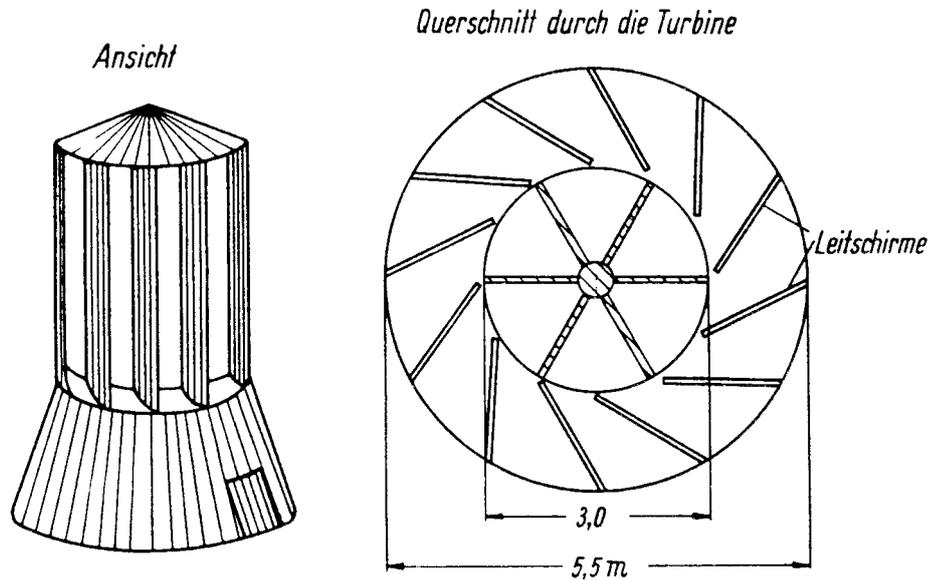


Abb. 2: Ansicht und Querschnitt des Leibnizschen Horizontalwindrades / Stiegler /

Graben und anschließend mit einer Kolbenpumpe in den Teich (s. Abb. 1).

Für den Bau des Rotors benutzte Leibniz Bretter in Standardabmessungen, wie sie auch zur Verschaltung der Schächte eingesetzt wurden. Bauweise und Abmessungen lassen sich so relativ einfach aus den angeforderten Mengen rekonstruieren. Das Turbinenrad bestand aus sechs gekreuzt angeordneten Blättern mit einer Breite von 1,50 Metern und 6 Meter Höhe. Umgeben war es von ebenso hohen tangential angeordneten Leitschirmen. Insgesamt dürfte das Bauwerk eine Höhe von 9 Metern erreicht haben (s. Abb. 2).

Nach etwa 8 Monaten Bauzeit, nachdem es endlose Auseinandersetzungen mit dem Bergamt über die Lieferung der Bretter gegeben hatte, war das horizontale Windrad im November 1684 schließlich fertig. Die ersten Probeläufe wurden von Leibniz persönlich überwacht. In einem zusammenfassenden Bericht an einen Minister des Herzogs in Hannover stellte er besonders die geringe Anlaufgeschwindigkeit und den gleich-

mäßigen Lauf bei hohen Windgeschwindigkeiten heraus: „Geht sie um mit ziemlicher Gewalt, wenn sich die Luft kaum regt“ und „Wenngleich der stärkste Sturm, je dennoch weil dessen Gewalt an den Schirmen gebrochen wird, läuft sie nicht allzu schnell, sondern behält einen beständigen mittelmäßigen Gang“. Leibniz drängte nun darauf, die Pumpen anzuschließen, um zu sehen, was die neue Windkunst tatsächlich leisten konnte und er übergab dem Bergamt eine Aufstellung aller Materialien, die er dafür brauchte. Aber beim Bergamt hatte sich das negative Image der Windkunst so weit verfestigt, daß man jede weitere Zusammenarbeit verweigerte. Nicht einmal leihweise wollte man die benötigten Materialien zur Verfügung stellen. Das Projekt sollte nun unter allen Umständen beendet werden, denn man befürchtete eine ähnlich lange Kette von kostspieligen Änderungen wie bei dem anderen Windrad, wenn erst einmal mit den Versuchen begonnen worden wäre. Mit diesen Vorstellungen setzte man sich beim Herzog durch und im Frühjahr 1685 wurden die Arbeiten auf Anordnung der fürstlichen Kammer endgültig eingestellt. Auch in der Folgezeit wurden die Leibnizschen Vorschläge nie wieder aufgegriffen.

Warum scheiterte Leibniz? Lag es nur an der Innovationsfeindlichkeit des Bergamtes oder waren auch andere Gründe maßgebend? Zunächst ist die Frage zu klären, ob am Standort der Wind überhaupt ausreichend wehte. An sich ist der Oberharz ein geeignetes Gebiet für die Nutzung der Windenergie, denn nach durchschnittlicher Windgeschwindigkeit und Zahl der Flautentage liegen nahezu ähnlich günstige Verhältnisse vor wie an der deutschen Nordseeküste /Juksch/. So stand denn auch auf

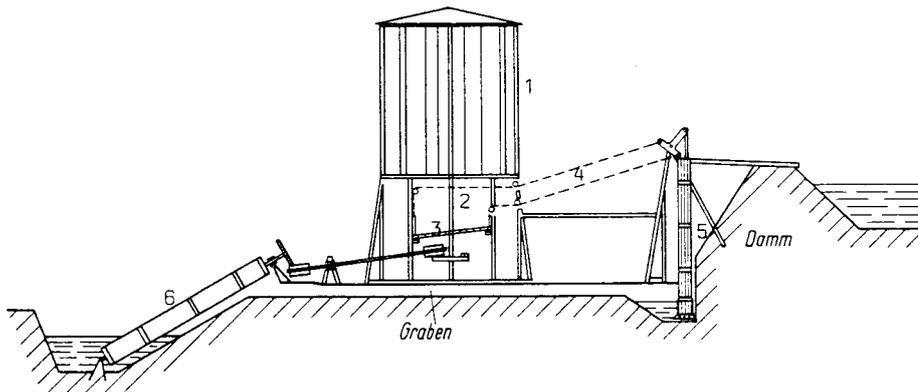


Abb. 1: Rekonstruktion des Horizontalwindrades mit vorgesehenen Pumpen / Stiegler / 1 = Horizontalwindrad, 2 = Senkrechte Achse des Windrades, 3 = „Schiefer Kragen“ 4 = Ketten zur Kraftübertragung, 5 = Kolbenpumpe, 6 = Archimedische Schrauben



Abb. 3: Bockwindmühle im Vorland des Harzes
(Foto: H.D. Sauer)

einer Anhöhe über Clausthal eine windgetriebene Kornmühle und selbst im Harzvorland waren zahlreiche Windmühlen in Betrieb (siehe Abb. 3). Im Bergland sind die Windverhältnisse an einem bestimmten Standort aber sehr stark von der Topographie der unmittelbaren Umgebung abhängig. Es ist anzunehmen, daß zumindest die Vertikalwindmühle an einem ungünstigen Platz errichtet wurde, da mehrfach in Berichten vorwurfsvoll auf die auffällige Tatsache hingewiesen wurde, daß die Kornmühle auf der Anhöhe regelmäßig rotierte, während die Leibnizsche Windkunst nur schubweise oder gar nicht laufe. Hier zeigte sich eine grundsätzliche Schwierigkeit für den Einsatz von Windmühlen zur Wasserförderung im Bergbau. Man konnte den Standort nicht wie für die Kornmühlen nach optimalen Windverhältnissen, also auf Anhöhen auswählen, sondern mußte sich an den Schachtanlagen orientieren.

Die meisten Probleme bereitete die Kraftübertragung von der Windmühle zu den Pumpen mit der Umsetzung der Rotation in eine Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens. An sich war dies keine schwierige Aufgabe, denn sie war bereits für den Antrieb der Pumpen durch die Wasserräder gelöst. Es galt also nur, die dort angewandten Prinzipien zu übernehmen. Was aber bei den gleichmäßig laufenden Wasserrädern zufriedenstellend funktionierte, mißlang bei der Windmühle, denn den rasch wechselnden

Belastungen infolge der Bögigkeit des Windes waren die Gestänge, Wellen und Zapfen aus Holz, damals der Werkstoff, mit dem man für solche Konstruktionen weitgehend auskommen mußte, nicht gewachsen. Erschwerend kam hinzu, daß die Bergwerke, die über große Erfahrungen in der Kraftübertragung verfügten, Leibniz nicht mit Rat und Tat unterstützten. Außerdem fällt auf, daß Leibniz für den Betrieb der Windmühle nicht auf die Dienste eines professionellen Müllers zurückgriff. Offenbar unterschätzte er die praktischen Probleme. Was sich rechnerisch auf dem Papier bestimmen ließ, hatte für ihn den gleichen Realitätswert wie die ausgeführte Konstruktion.

Theoretiker versus Praktiker

Mit dieser Einstellung mußte er zwangsläufig in Gegensatz zu den Praktikern von den Bergwerken geraten. Der Konflikt entstand nicht aus persönlichen Böswilligkeiten, sondern ging letzten Endes auf unterschiedliche Interessen und Erwartungen zurück, ohne daß man sich dessen aber hinreichend bewußt gewesen wäre. Während Leibniz ein Forschungsvorhaben durchführte, bei dem es ihm darum ging zu demonstrieren, daß seine Erfindung im Prinzip funktionierte, wobei er laufend Änderungen vornahm und die Vervollkommnung seiner Konstruktionen gern den Praktikern überlassen wollte, erwarteten die Bergleute als Ergebnis der Versuche eine bereits voll funktionsfähige Maschine. Der Herzog stand mehr auf Seiten des Bergamtes, denn er hatte sich die baldige Erhöhung der Rentabilität seiner Gruben durch die Nutzung der Windkraft erhofft. In diesem Spannungsverhältnis erwies sich nun die „Mischfinanzierung“ als sehr nachteilig für Leibniz. Durch die Kostenbeteiligung hatten die Bergwerke direkten Einfluß auf das Projekt und konnten so, nachdem aus ihrer Skepsis völlige Ablehnung geworden war, den Fortgang der Arbeiten praktisch torpedieren.

Eine große Rolle in den Auseinandersetzungen spielte die Frage der Wirtschaftlichkeit. Während das Bergamt für die Wasserförderung mit Windmühlen große Verluste berechnete, kam Leibniz auf Gewinne in gleicher Höhe. Letztlich hatten diese Kontroversen keinen praktischen Wert, da die Berechnungen nicht auf gesicherten Daten, sondern auf Annahmen beruhten.

Die ersten Versuche Leibniz', mit einer Windmühle Pumpen in den Schächten anzutreiben, waren wohl

auf jeden Fall zum Scheitern verurteilt, denn mit den damaligen technischen Mitteln ließ sich offenbar eine funktionsfähige für den Dauerbetrieb taugliche Anlage nicht aufbauen. Für den zweiten Plan hingegen, den horizontalen Windrotor mit dem angeschlossenen System der Wasserförderung, sahen die Chancen der Realisierbarkeit weit besser aus. Es wäre eine reizvolle Aufgabe, durch eine eingehende technische und wirtschaftliche Analyse zu klären, ob dieses Leibnizsche Konzept beim damaligen Stand der Technik und den gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen Aussicht auf Erfolg gehabt hätte, wenn ihm nicht im entscheidenden Moment die staatliche Förderung entzogen worden wäre.

Das mehrjährige Projekt im Oberharz, das nicht auf irgendeinen skurrilen Erfinder zurückging, sondern hinter dem der größte Geist der Epoche stand, zeigt exemplarisch, wie die regenerativen Energiesysteme weiterentwickelt worden wären, wenn auf der Erde nicht zufälligerweise fossile Energiereserven vorhanden wären. Aber gerade zu Lebzeiten Leibniz' lernte der Mensch, aus der glücklicherweise (?) vorgefundenen Kohle mechanische Energie zu gewinnen. 1712, vier Jahre vor dem Tode Leibniz', baute der Schmied Thomas Newcomen die erste funktionierende Dampfmaschine, die dann bezeichnenderweise vor allem zur Entwässerung der englischen Kohlebergwerke Verwendung fand. Gegenüber der Dampfmaschine und den ihr folgenden Verbrennungsmotoren sank die Nutzung der regenerativen Energiequellen zur Bedeutungslosigkeit ab. Von der Windkraft kündeten nur noch ein paar nostalgische Erinnerungsstücke. Aber es scheint so, daß in unseren Tagen ihr Nutzen wiederentdeckt wird, ist sie doch, wie schon Leibniz bemerkte, „eine treffliche Bewegungskraft“.

Literatur:

Herbert Lommatzsch:
Gottfried Wilhelm Leibniz als Erfinder im Harz.
In: Erfindungen im Harzer Erzbergbau,
Schriftenreihe: Der Harz und Südniedersachsen,
Clausthal-Zellerfeld 1987

Leonhard Stiegler:
Leibnizens Versuche mit der Horizontalwind-
kunst auf dem Harz.
Technikgeschichte Bd. 35 (1968), Nr. 4

Gottfried Wilhelm Leibniz:
Sämtliche Schriften und Briefe, Bd. 3 und 4,
Hrsg. Akademie der Wissenschaften zu Berlin

G. Jurksch:
Die Windverhältnisse in der Bundesrepublik
Deutschland im Hinblick auf die Windkraftnut-
zung, Teil I Binnenland.
In: Statusbericht Windenergie, VDI-Verlag 1980