

Pilotprojekt zur Stromerzeugung mit der Korn- Windmühle „Aeolus“ in Bargum Kreis Nordfriesland Schleswig-Holstein

Problembeschreibung

Die nachhaltige und dauerhaft betriebsfähige Unterhaltung einer historischen Windmühle nach einer Restaurierung ist eines der großen Probleme, mit denen sich die Denkmalpflege, die Mühlenvereine und Mühlenbesitzer in Deutschland auseinander zu setzen haben.

Daher wäre die Stromerzeugung ein denkbarer Ansatz, um den Besitzern historischer Windmühlen einen zusätzlichen sinngebenden Ertrag mit ihrer drehenden Windmühle erzielen zu lassen. Der Boom mit den modernen Windkraftanlagen regt hierzu doch gerade an.

Diese Idee haben sicherlich schon viele Windmühlenbesitzer in Erwägung gezogen. Einige haben den Gedanken auch in einem Bauvorhaben umgesetzt. Doch alle Projekte sind über kurz oder lang gescheitert.

Die Problematik liegt offensichtlich im Detail verborgen, sonst gäbe es sicherlich funktionierende Beispiele.

Um für die Windmühle „Aeolus“ in Bargum, Kreis Nordfriesland, ein tragfähiges Konzept zu entwickeln, hat sich im Verein zur Erhaltung der Wind- und Wassermühlen in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V. ein Arbeitskreis gegründet, der im Laufe seines sechsjährigen Bestehens die Stromerzeugung mit historischen Windmühlen eingehend untersucht hat. Die Ergebnisanalysen sind in einem Projekt in die Praxis umgesetzt worden, welches seit Dezember 2005 arbeitet.

Einzelversuche an historischen Windmühlen haben die Mitglieder des Arbeitskreises in Deutschland und Dänemark an den Mühlen in **Vernum, Malchow, Dybbel, Bardowick, Ostgroßefehn, Ganderkesee und Galten** mit den Betreibern der dort aufgebauten Technologie besprochen, um Erfahrungen für die eigene Konstruktion zu sammeln.

Hierbei wurde sehr schnell deutlich, dass es keine historische Windmühle gibt, die entsprechend ihrem Leistungsvermögen nachhaltig und dauerhaft Strom erzeugt. Alle

Anlagen sind in diesem Sinne nicht funktionstüchtig, obwohl in Publikationen häufig etwas anderes gesagt wird.

Das Ergebnis war für uns zunächst nicht ermutigend, hatten wir doch schon ein fertiges Konzept im Kopf, zumal die Stromerzeugung mit Wassermühlen (Wasserrad oder Turbine) denkbar einfach ist.

Wo liegen nun die Probleme?

Erst in intensiven Gesprächen im Arbeitskreis konnten wir Licht in das Dunkel bringen.

Zum einen ist die asynchrone Stromerzeugung mit direkter Netzeinspeisung vollkommen ungeeignet für eine historische Windmühle. Weshalb es so ist, muss hier etwas ausführlicher erläutert werden:

Ein Asynchron-Generator ist auch gleichzeitig ein Asynchron-Motor. Diese Motoren sind die gängigsten elektrischen Antriebsmaschinen in Industrie, Handwerk und Gewerbe. Ein Asynchron-Motor mit zwei Polpaaren hat eine theoretische Leerlaufdrehzahl von 1500 Umdrehungen pro Minute.

Bei Belastung nimmt diese geringfügig ab (20 bis 30 U/min), dabei steigt aber seine abgegebene Kraft an der Welle. Diese Drehzahlabnahme nennt man Schlupf. Überlastet man den Motor, so bleibt er ab einem bestimmten Punkt abrupt stehen und hat nur noch eine geringe Kraft. Elektrisch gesehen bildet er für das Stromnetz in diesem Zustand einen Kurzschluss. Die vorgeschalteten Schutzeinrichtungen (Sicherungen) lösen aus.

In den Generatorbetrieb geht dieser Asynchron-Motor immer dann, wenn man von außen versucht, den Motor über seine Leerlaufdrehzahl hinaus an der Welle anzutreiben. In diesem sogenannten „positiven Schlupf“ (plus 20 bis 30 U/min) liefert dieser Motor Strom ins Netz, wie ein Generator. Der Übergang vom Motorbetrieb in den Generatorbetrieb ist fließend. Eine Synchronisierung ist nicht erforderlich. Ohne die Verbindung zum Netz oder parallelgeschalteten Kondensatoren liefert der

Asynchron-Generator keine elektrische Energie. Mit zunehmendem Schlupf nimmt zwar die ins Netz abgegebene Leistung zu, diese muss aber an der Antriebswelle mechanisch hinzugeführt werden. Auch in diesem Zustand kann der Asynchron-Generator in den Kurzschlusszustand fallen, nämlich dann, wenn man die Antriebsleistung über den maximalen Schlupf hinaus erhöht. Dies erreicht man mit einem enormen Kraftaufwand, wobei die Drehzahl sich nur geringfügig erhöht.

Elektrotechnische Laien müssen sich das ungefähr so vorstellen: Sie fahren mit ihrem kleinen PKW von hinten langsam auf einen mit 80km/h dahinfahrenden LKW auf und versuchen nachzuschieben. Sobald sie Kontakt haben, geben sie Vollgas. Getriebe, Kupplung, sowie Reifen ächzen, doch der LKW wird nicht messbar schneller.

Genau diesen Zustand mussten alle Windmühlen erleiden, die auf eine asynchrone Stromerzeugung ausgelegt waren. Nach kürzester Zeit wurde das Räderwerk zerstört, denn die Drehzahldifferenz zwischen Motor- und Generatorbetrieb an der Flügelwelle beträgt in unserem Beispiel nur maximal 0,6 U/min (Übersetzung Flügelwelle - Generator 1:100). Bei 15 Flügelumdrehungen/min würde der Generator dann genau 1500 U/min machen. Bei 15,3 U/min am Flügel wäre das System schon an seiner obersten Leistungsgrenze angekommen. Darüber hinaus läuft die Mühle auch bei einer auftreffenden Bö nicht weiter hoch, denn der Generator bestimmt jetzt, wie der LKW im o.a. Beispiel die Geschwindigkeit. Die Energie der Bö überlastet Flügel und Räderwerk überproportional bis zur Zerstörung. Fällt die Mühle in ein kleines Windloch und die Flügeldrehzahl befindet sich unter 15 U/min, geht das ganze System in den Motorbetrieb. Das bedeutet, der Motor treibt nun die ganze Mühle an und verbraucht dabei Strom aus dem Netz. Es bedarf keiner Phantasie sich vorzustellen, welche enormen Torsionskräfte bei diesem Lastwechsel auf den hölzernen Antriebsstrang der Windmühle wirken. Genau in diesen Zustand darf eine Windmühle nicht gebracht werden!

Anmerkung: Abweichend zu dem oben Gesagten läuft - ebenfalls mit

Unterstützung des Arbeitskreises – ein Projekt an der Windmühle Sprengel/ Kreis Neuenkirchen mit der Vorgabe: Asynchrongenerator und Einspeisung ins öffentliche Netz. Über die von Siemens konzipierte Elektrotechnik werden frühestens im Herbst Erfahrungen vorliegen, über die dann zu berichten sein wird.

Darüber hinaus gibt es noch einen weiteren Grund, weshalb man eine selbstregelnde Windmühle (z.B. mit Jalousieklappen) nicht konstant auf eine Drehzahl festlegen darf. Sie muss zur Entfaltung ihrer Eigenregelung in der Drehzahl durchgängig sein.

Dieses wurde bei einigen Versuchen an der Windmühle von Uwe Karstens in Langenrade deutlich.

Bei ziemlich kräftigen und böigen Wind hatte Karstens die Mühle gut eingestellt. Die Gewichte in dem die Klappen schließenden Kettenstrang pendelten entsprechend der auftreffenden Böen zeitverzögert auf und nieder, wobei die Flügel schneller und dann wieder langsamer wurden.

In diesem Zustand haben wir dann die Mühle komplett mit der Bremse zum Stehen gebracht. Obwohl die Windverhältnisse sich nicht änderten, blieben die Klappen fast geschlossen. Es müssen also noch weitere dynamische Kräfte für die Selbstregelung im Spiel sein. Allein der Winddruck auf die Jalousieklappen reicht nicht aus. Die zunehmende Drehzahl der Flügelwelle verursacht in den Zuglatten zusätzliche Fliehkräfte, die, wenn sie richtig montiert sind, für das Öffnen der Jalousieklappen hauptsächlich verantwortlich sind. Für das Schließen sorgen dann die Gewichte an der Kette. Es ist somit ein statisch und dynamisch ausbalanciertes Regelsystem.

Dies ist für sich nun keine neue Erkenntnis, sondern von den Erfindern des Jalousiesystems Anfang des 19. Jahrhunderts aus gutem Grund gewollt – obwohl alle der von uns befragten „alten Windmüller“ in dem Glauben waren allein der Wind drücke die Klappen auf!

Versuche und Berechnungen haben ergeben, dass bei einer Änderung der Flügeldrehzahl von 10 U/min auf 15 U/min die hieraus resultierende Zunahme der Fliehkräfte einen zusätzlichen Druck von 700 Newton (ca. 70 kg) auf die Zugstange ausüben. Erst mit dieser zusätzlichen Kraft wird das Gewicht zusammen mit dem Eigengewicht der

Regulierstange angehoben, und die Jalousieklappen öffnen sich.

Aus den gescheiterten Versuchen an den o.g. Windmühlen und den darüber hinaus gewonnenen Erkenntnissen, hat der Arbeitskreis die Gründe für das Versagen analysiert und zur Vermeidung der aufgetretenen Probleme **4 Grundsatzthesen** zur Stromerzeugung mit historischen Windmühlen aufgestellt

1.) Anpassung an die Mühle (Regelung)

Historische Windmühlen mit Windrose u. Jalousieflügeln (Eigenregelung) haben alle Regel- u. Steuereinrichtungen, um funktional zufriedenstellend Getreide zu mahlen. Das gesamte Stromerzeugungssystem muss sich dem Verhalten der Mühle wie beim Getreidemahlen anpassen. Niemals darf die Mühle in Ihrer eigenen Regeldynamik verändert, eingeengt oder zwangsgeregelt werden.

2.) Leistungsbegrenzung

Eine auf maximale Leistungsabgabe gerichtete Stromerzeugung überfordert das historische Räderwerk. Bei einer Flügelwellendrehzahl von 15 Umdrehungen pro Minute (60 Enden) sollte die erzeugte Leistung 15 kW (Erprobungsphase) nicht überschreiten, auch wenn die Flügeldrehzahl sich darüber hinaus wesentlich erhöht. Die optimale Leistungsobergrenze ist schrittweise dem tatsächlichen Leistungsvermögen der Mühle anzupassen. Oberhalb der optimalen Drehzahl der Flügelwelle muss das Energieerzeugungssystem eine degressive Charakteristik aufweisen

3.) Wirtschaftlichkeit

Der wirtschaftliche Betrieb einer auf den Wind angewiesenen Kornmühle ist in seiner Gesamtheit heute nicht mehr zu erreichen. Dieses gilt auch für die Stromerzeugung. Die Gewinnung elektrischer Energie ist lediglich als zusätzliche positive Sinngebung für die Mühle und die Umwelt zu sehen.

Darüber hinaus ist unter denkmalpflegerischen Aspekten das Drehenlassen der Mühlen von besonderer Wichtigkeit. Die Erfahrung hat gezeigt, dass drehende Mühlen den Reparaturbedarf mindern. Außerdem bereichern sie das Landschaftsbild in besonderer Weise.

4.) Betrieb

Ein unbeaufsichtigter Betrieb verbietet sich ebenso wie beim Getreidemahlen.

Fazit

Nach unserem Erkenntnisstand gab es **keine** historische Windmühle in Deutschland, die entsprechend ihrem Leistungsvermögen nachhaltig und dauerhaft Strom erzeugte.

Daher war es für uns wünschenswert die Erprobung einer Anlage nach den vom Arbeitskreis aufgestellten Grundsätzen zu konzipieren, um für die Stromerzeugung mit historischen Windmühlen den Betreibern verlässliche Erkenntnisse an die Hand zu geben, damit sich Windmühlen wieder häufiger in unserem Land nutzbringend drehen.

Kostspielige und frustrierende Einzelversuche sollten somit der Vergangenheit angehören.

Projektmühle und Ausführungsempfehlung

Die Besitzer der Windmühle „Aeolus“ in Bargum, Uschi und Thomas Carstensen, befassen sich schon seit 1980 mit der Thematik Stromerzeugung in ihrer Mühle. Aus diesem Grund ist Thomas Carstensen auch Mitglied des Arbeitskreises geworden und hat die intensiven Beratungen zur Thematik maßgeblich mit vorangetrieben.

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Arbeitskreis, konnten wir für das Versuchsprojekt einer Stromerzeugungsanlage für die Mühle „Aeolus“ folgende speziell abgestimmte Lösung empfehlen:

Zur Minimierung der Kosten haben sich die Beteiligten dabei für eine „Insellösung“ entschieden. Die gewonnene Energie wird als „wilder Strom“ (beliebige Spannung und Frequenz bis zu einer Obergrenze) in das Heizungs- und Brauchwassersystem der Müllerwohnung eingespeist.

Das unter die Königswelle zu montierende Winkelgetriebe (1:50) und der Generator sind auf dem Stirnradboden unterzubringen. An dieser Stelle stören sie den weiteren Ausbau zur Getreidevermahlung nicht und fügen sich dennoch gut in die Mühle ein. Die Kraftübertragung erfolgt über die Königswelle direkt auf das Winkelgetriebe.

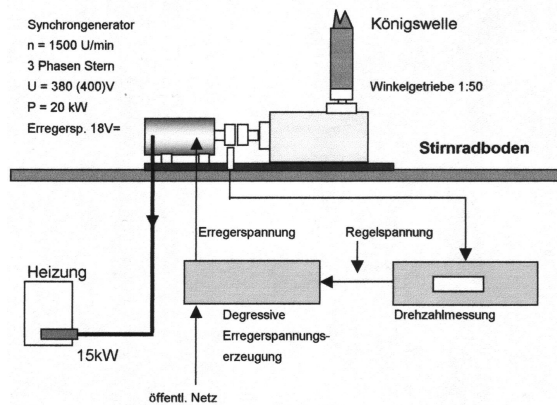


Abb.1
Schematisierte Konstruktionsskizze

Für einen zufriedenstellenden und kompromisslosen Mahl- und Stromerzeugungsbetrieb muss die Zahnradübersetzung der Mühle in einen einwandfreien Zustand gebracht werden. Der Bunkel muss neu angefertigt werden. Alle Kämme des Antriebsstranges sind zu erneuern und durch eine Fachkraft wie gelernt und gekonnt vor Ort einzupassen, abzuzirkeln und auszuformen.

Dass die weiteren Komponenten, wie Windrose, Kroywerk, Bremse, Jalousieklappen, Flügelkreuz, Welle und Lager sich funktional in einem guten Zustand befinden müssen, versteht sich von selbst.

Nur unter diesen Voraussetzungen wird ein dauerhafter Stromerzeugungsbetrieb möglich sein.

Technische Ausführung

Auf der Basis dieser Informationen, der anliegenden schematisierten Konstruktionsskizze- und der gewonnenen Daten, hat der Verein zur Erhaltung der Wind- und Wassermühlen in Schleswig Holstein und Hamburg e.V. das Projekt mit der Familie Carstensen als Pilotanlage zur Ausführung gebracht.

Mit der ersten Renovierung der Mühle in den 80er Jahren wurde mit Hinblick auf dieses Vorhaben schon eine Jalousieklappensteuerung auf Stahlruten mit Bremsklappen montiert, es befindet sich heute noch im besten funktionalen Zustand. Auch die Königswelle wurde vor der Kappenaufbringung eingebracht, jedoch noch ohne Bunkel.

Ausgehend von diesem Zustand und unter dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung war es naheliegend, das erforderliche

Übersetzungsgetriebe direkt als Winkelgetriebe auszulegen und unter die Königswelle kraftschlüssig mit dem Antriebsstrang der Windmühle zu verbinden.

Bunkel und Verkämmung

Die Ausführungen dieser Arbeiten sollte man nur absoluten Fachleuten überlassen, die so etwas schon des öfteren für noch richtig arbeitende Kornwindmühlen ausgeführt haben. Für diese Arbeiten konnten wir die Mühlenbaufirma Groot Wesseldijk aus den Niederlanden gewinnen. Die 75 Kämme auf dem großen Kammsrad der Flügelwelle wurden vor Ort im Rad einzeln als Rohling genau eingepasst und danach abgezirkelt und Kamm für Kamm mit dem Stechbeitel, von Hand ausgeformt, so dass sie kraftschlüssig mit den Kämmen des neuen auf die Königswelle aufgetragenen Bunkels zusammenlaufen. Für diesen Teil der Arbeiten mussten wir 20 000 € einplanen.

Generatorauswahl

Bei der Auswahl des Generators sind zwei Faktoren sehr wichtig:

Er muss von außen so regelbar sein, dass oberhalb seiner Nenndrehzahl die Stromerzeugung degressiv abregelbar ist. Er muss ohne Kohlebürsten oder Kollektoren aufgebaut sein. Daraus ergibt sich ein sicherer Betrieb mit minimalem Wartungsaufwand.

In der Größenordnung von 15 bis 20 kW Leistung haben wir uns für einen Synchron-Generator (400V Drehstrom bei 1500 U/min) der Fa. FIMAG aus Finsterwalde entschieden. Er erfüllt alle gestellten Anforderungen und ist darüber hinaus mit annähernd 1000 € auch recht preisgünstig.

Getriebeauswahl

Bei der Planung und Lieferung des Getriebes haben wir uns in die kompetenten Hände der Mühlen- und Maschinenbaufirma von Walter Schuhmann aus Bad Kissingen begeben. Obwohl überwiegend im Wassermühlenbereich arbeitend, hat Schuhmann uns ein Angebot unterbreitet. Insbesondere die kraftschlüssige Verbindung der Königswelle mit dem Kegelstirnrad-Getriebe ($I=1 : 50$), unter Aufnahme der nicht unerheblichen Massen und Kräfte, überzeugte. Dieser Teil der Anlage steht mit für annähernd 12 000 € zu Buche.

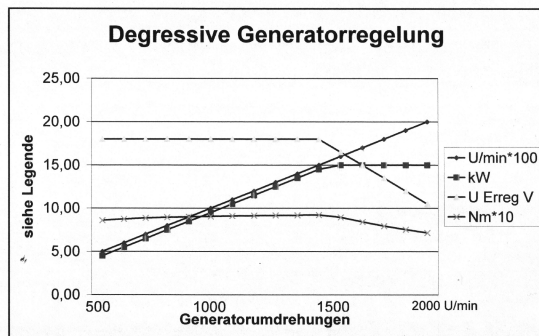


Abb.2

Die im Diagramm dargestellte Absenkung der Erregerspannung ($U_{\text{Erreg V}}$) in Abhängigkeit von der Generatorumdrehung verursacht am Knickpunkt eine gleichbleibende Leistung mit abfallendem Drehmoment

Elektrotechnische Ausrüstung und Regelung

Der Kern unserer Erkenntnisse und somit auch des Pilotprojektes liegt in der degressiven Regelung des Generators oberhalb seiner Nenndrehzahl von 1500 U/min und zwar abhängig von der ansteigenden Umdrehung der Mühle, bei stärker werdenden Winden. Wie schon gesagt ist es so, dass bei zunehmender Drehzahl proportional auch die erzeugte Spannung am Generator ansteigt und somit auch die Belastung der Mühle. Genau dieses ist unbedingt zu verhindern, denn ab der erreichten Nenndrehzahl des Generators soll es ja für die Mühle leichter werden, damit das Räderwerk nicht überlastet wird. Durch die leichtgängige Drehzahlzunahme der Mühle kann sie ihre Eigenregelung optimal selbst entfalten (Jalousieklappen auf).

Dieses Anforderungsprofil an eine elektrische Regelung haben wir an verschiedene Fachfirmen gegeben, um die Regelung für uns zu bauen. Die Antworten waren enttäuschend! Entweder lagen die Preisvorstellungen außerhalb unserer Möglichkeiten, oder es wurde kein Interesse bekundet. Bis auf die Fa. Turck aus Mühlheim an der Ruhr, die standardisierte Bauteile für industrielle Automationen vertreibt. Aus ihrer Angebotspalette empfahl sie uns drei Bauteile, mit denen wir bei entsprechender Programmierung dem Ziel näher kamen. Die gesamte Regelung haben wir dann selbst konzipiert und zusammen mit dem Generator und Belastungswiderständen in Form von 6 Heizlüftern mit zusammen 15kW getestet. Angetrieben wurde der Versuchsaufbau mittels eines Traktors über die Zapfwelle. Der Gasfuß

eines hilfsbereiten Landwirts simulierte dabei böigen Wind.

Die Regelung folgte den im Arbeitskreis aufgestellten Vorgaben, die nachstehend etwas ausführlicher beschrieben werden:

Regelungsparameter

Dem Generator ist eine Erregerspannung von 18V Gleichspannung von außen zuzuführen. Diese Spannung gewinnen wir über ein Gleichspannungs- Netzgerät aus dem öffentlichen Stromnetz. Der Gesamtverbrauch für die Regelung beträgt 150W.

Diese Erregerspannung wird nun in Abhängigkeit von der Generatorzahl über eine Diodenkaskade in fünf Schritten von je 1,5V auf 10,5V heruntergeschaltet. Der Vorgang aktiviert bei 1500 U/min die erste Abregelstufe. Die nächsten Stufen erfolgen im Abstand von 100 U/min bis der Generator 2000 U/min erreicht und die Anlage nun abgeschaltet wird. In diesem Bereich, der annähernd 33% über der Solldrehzahl des Generators liegt, bleibt die abgegebene Leistung bei fest angeschalteten Verbraucher von 15kW, konstant. Das belastende Drehmoment für die Mühle fällt ab, obwohl die Mühle in diesem Bereich schneller wird. Dieser 33%-Bereich ist ausreichend, um die Eigenregelung der Windmühle optimal einzustellen. Die Abschaltung oberhalb dieses Bereiches sorgt sicher dafür, dass die weitere Drehzahlzunahme die Jalousie- und Bremsklappen soweit öffnet und die Mühle wieder in die Solldrehzahl des Generators zurückkehrt. Die automatische Wiederzuschaltung erfolgt bei 1600 U/min.

Trotz anfänglicher Bedenken, läuft es in der Praxis ohne Probleme.

Die Stromerzeugung beginnt bei ca. 500 U/min und endet bei 2000 U/min, wobei der Bereich von 1500 U/min bis 2000 U/min degressiv geregelt wird, sodass hier die Leistung von 15 kW nicht überschritten wird, was letztendlich unserer Zielvorgabe entspricht.

Drehzahlmessung und Grenzwert-signalgeber

Um die Schaltstufen für die degressive Erregerspannungsabregelung drehzahlgerecht anzusteuern, ist es erforderlich, die Generatorumdrehungen genau zu erfassen. Ein Umdrehungsmessgerät der Fa. Turck mit einem berührungslosen magnetischen Impulsgeber an der Generatorwelle ist hierfür sehr gut geeignet. In einem Display ist die

Drehzahl ablesbar. An einem besonderen Ausgang liefert dieses Gerät eine drehzahlabhängige Regelspannung. Diese Regelspannung wird in zwei weiteren Grenzwertsignalgebern der Fa. Turck überwacht. Ab genau einprogrammierter Grenzwerte schalten Relais-Kontakte in Abhängigkeit von den Generatorumdrehungen die Erregerspannung höher oder tiefer. Mit diesen drei Baugruppen und der richtigen Programmierung war das Kernproblem einfach und kostengünstig zu lösen.



Abb.3
Überprüfung des elektrischen Teils vor der Inbetriebnahme

Schaltung und Messung

Die elektrotechnischen Schütze und Messgeräte, sowie die Drehzahlmessung und Erregerspannungserzeugung haben wir in Schaltkästen funktional eingebaut und verdrahtet. Alles ist übersichtlich im Erdgeschoss der Windmühle untergebracht. Der örtliche Elektriker installierte zusammen mit dem Heizungsbauer die Heizstäbe in die Heizungsanlage und verlegte die Leitungen in der Mühle. Für die elektrotechnische Ausrüstung und die Montage des Generators mit Getriebe und Grundplatte in der Mühle haben wir weitere 17.000 € veranschlagt, wobei hier der größte Teil durch anrechenbare Eigenleistungen der Eigentümer und einiger Arbeitskreismitglieder erbracht wurde.

Finanzierung

Die Finanzierung des mit 50.000 € veranschlagten Projektes war nicht ganz einfach und erforderte viel Geduld und Überzeugungsarbeit. Die Förderzusagen der beteiligten Geber stammten bereits aus 2004, die letzte

Finanzierungslücke schloss im September 2005 das Landesamt für Denkmalpflege für den denkmalpflegerisch relevanten Teil.

Der Finanzierungsplan gestaltete sich dann wie folgt: 20 000 € BingoLotto; 9850 € Landesamt für Denkmalpflege; 9150 € Sponsoren; 6000 € Mühlenbesitzer; 5000 € Verein zur Erhaltung der Wind- und Wassermühlen in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V.

Der Baubeginn erfolgte umgehend.



Abb.4
Die Protagonisten bei der Inbetriebnahme der Anlage in Bargum

Erste Ergebnisse

Am 22.12.2005 konnte der erste Probetrieb durchgeführt werden. Leider fehlte, wie immer an solchen Tagen, der Wind um das System auszureizen. Bei gutem Wind läuft die Mühle und spart Heizkosten. Auch konnten wir zwischenzeitlich den oberen Leistungsbereich erreichen, wobei das System unseren Erwartungen entsprach. Wer also seine Kornwindmühle auch zur Stromerzeugung erfolgreich nutzen will sollte die vom Arbeitskreis aufgestellten **4 Grundsatzthesen** beachten.

Projektverantwortung

Als Bauherrin trat der Verein zur Erhaltung der Wind- und Wassermühlen in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V. auf, da BingoLotto nur Projekte von gemeinnützigen Vereinen fördert. Die Projektleitung lag in den Händen des Vorstandsmitgliedes Sievert Christiansen, der auch den Arbeitskreis leitete, die elektrotechnische Anlage entwarf und baute. Für den mühlenbautechnischen Teil und die Abrechnung zeichnete Vorstandsmitglied Uwe Karstens verantwortlich.