

Growian: Zielbildung für bedeutende Innovationsvorhaben

Jürgen Hauschildt / Jörn Pulczynski

1. Interessenlagen

Growian ist ein Kunstwort, zusammengesetzt aus den Abkürzungen für Große Windenergie-Anlage. Mit diesem Forschungsvorhaben, das die Projektierung, Konstruktion, Errichtung und Erprobung einer großen Windkraftanlage umfaßte, sollte die großtechnische Gewinnung von elektrischer Energie aus natürlicher Luftbewegung untersucht werden. Dieses Experiment wurde fast vollständig subventioniert durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie.¹

Die Forschung geht auf Albert Betz² zurück, der die theoretischen Grundlagen für die Gewinnung von elektrischer Energie aus Wind entwickelte. Erste Anlagenentwürfe wurden in der Zeit zwischen 1932 und 1942 von Hermann Honnef und Franz Kleinhenz³ vorgelegt. Für die weitere Entwicklung von Windkraftanlagen wichtige Erfahrungen wurden in Deutschland nach dem 2. Weltkrieg mit dem Bau und Betrieb zweier Windkraftanlagen nach dem Konzept von Ulrich Hütter gesammelt.⁴ Auf diese Erfahrungen glaubt man zurückgreifen zu können. Dennoch fehlten wichtige Erkenntnisse, so beispielsweise über standortbezogene Windverhältnisse und über die konstruktive Auslegung einer wesentlich größeren Windkraftanlage. Diese Unsicherheiten führten dazu, dass Bau und Betrieb von Growian in eine Reihe von Teilprojekten eingebettet wurden, die zeitlich dem eigentlichen Bau von Growian vorangingen, teilweise parallel zu ihm erfolgten.

Die Anlage wurde ab 1977 konzipiert, der eigentliche Bau begann nach Gründung der Growian GmbH am 8.1.1980. Die Anlage ging am 1.10.1982 offiziell in Betrieb, gleichwohl wurde die offizielle Bauphase erst am 28.2.1987 beendet.

Unstrittig sehen die Pläne für Growian eine bedeutende Innovation vor, wenn man diese Windanlage mit den seinerzeit existierenden nationalen Windkraftanlagen vergleicht (Tabelle 1). Der dafür durchlaufene Zielbildungsprozess soll im folgenden in drastischer Vereinfachung dargestellt werden, nämlich als Interaktion des staatlichen, des wissenschaftlichen und des privatwirtschaftlichen Systems. Er ist auch in dieser Vereinfachung noch komplex genug.

-
- 1 Die Darstellung stützt sich auf Pulczynski, I.: Interorganisationales Innovationsmanagement - eine kritische Analyse des Forschungsprojektes GROWIAN, Diss. Kiel 1991 sowie Endres, A./Reinhold, H./Scholz, I.: Bau der großen Windenergieanlage GROWIAN mit einer elektrischen Leistung von 3 MW, Schlussbericht 1988 und Reinhold, H./Scholz, I.: Betrieb der großen Windkraftanlage GROWIAN mit einer elektrischen Leistung von 3 MW, Schlussbericht, Hamburg 1988
 - 2 Betz, A.: Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnutzung des Windes durch Windmotoren, Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen, 20. September 1920
 - 3 Honnef, H.: Windkraftwerke, Braunschweig 1932 und Kleinhenz, F.: Projekt eines Großwindkraftwerkes, Der Bauingenieur, H. 23/24, 1942
 - 4 Hütter, U.: Die Entwicklung von Windkraftanlagen zur Stromerzeugung in Deutschland, Bd. 6, Nr. 7, BWK 1954. Vgl. auch Armbrust, S. et al.: Nutzung der Windenergie, in: Energiequellen für morgen? Hrsg. BMFT, Frankfurt 1976, S. 44 ff. und Hau, E.: Windkraftanlagen, Berlin et al. 1988, S. 41 ff.

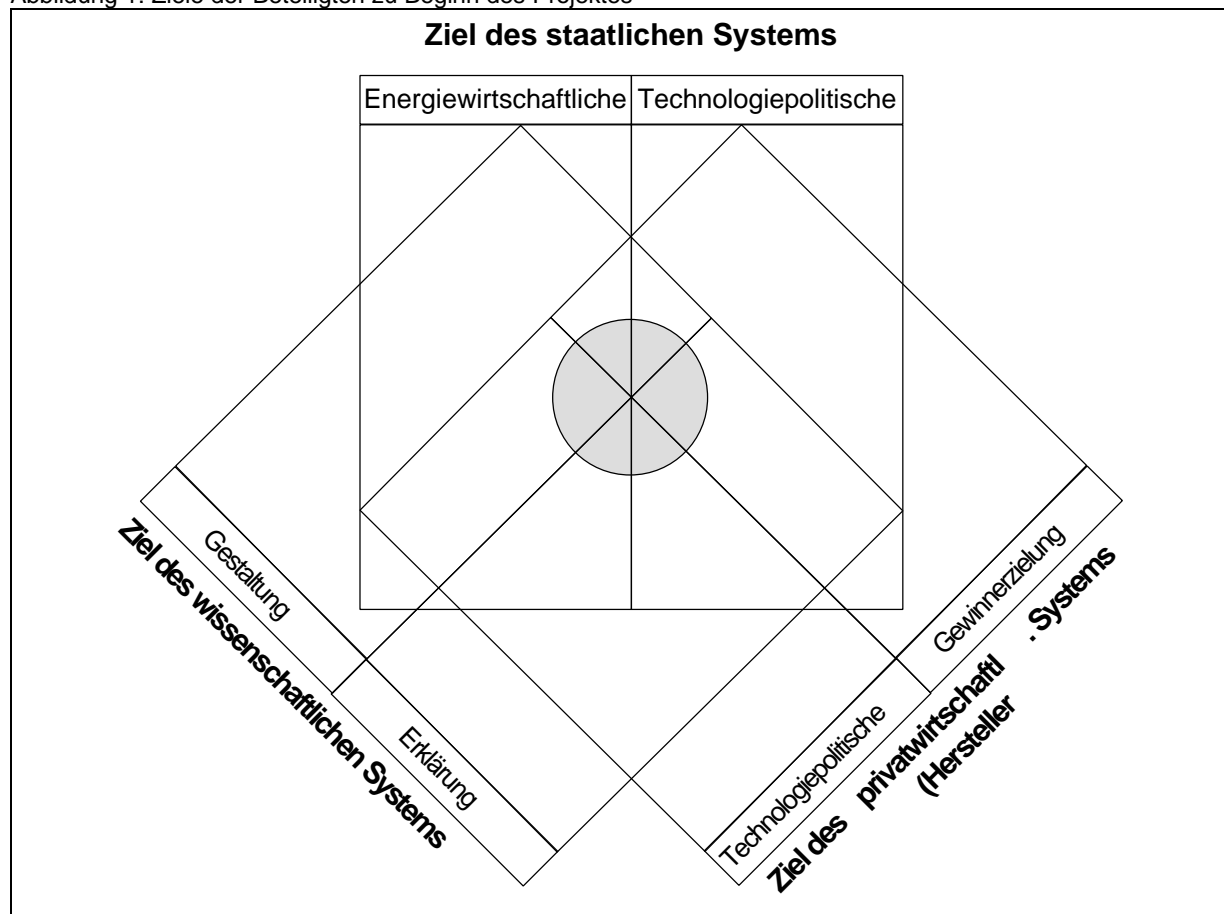
Anlage:	GROWIAN	Voith WEC 520	WKA 60	W34	Monopterus	Adler 25	HSW
Inbetriebnahme	1983	1981	1990	1958	1982	1985	1987
Zahl der Rotorblätter	2	2	3	2	1	3	3
Rotordurchmesser (m)	100,4	52,0	60,0	34,0	48,3	25,0	25,0
Turmhöhe (m)	96,6	30,0	50,0	22,0	50,0	22,0	27,3
Nennleistung (kW)	3000	270	1200	100	370	50/165	210
bei Windgeschw. (m/s)	11,8	8,5	12,2	--	10,0	7,5/13,5	14,0
Rotordrehzahl (U/min)	18,5	37,0	23,0	--	12,0	33/50	39,5

Tabelle I: GROWIAN im Größenvergleich mit nationalen Windkraftanlagen

In Abbildung 1 sind die gemeinsamen Interessen als ein Kreis dargestellt, der annähernd in der Mitte der Interessenlagen angeordnet ist:

Die Regierung ging ursprünglich sowohl von *energiewirtschaftlichen* als auch von *technologienpolitischen* Zielen aus. Diese Absichten verschoben sich zunehmend auf die technologienpolitischen Aspekte.

Abbildung 1: Ziele der Beteiligten zu Beginn des Projektes



Die Wissenschaft hatte ebenfalls zwei Interessen: Ihr Interesse galt zunächst der Erklärung. Sie wollte ihr Wissen über die Dynamik der Rotorblätter, das Schwingungsverhalten des Gesamtsystems, das Regelungsverhalten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten etc. verbessern ("Erklärungsinteresse"). Ihr Hauptinteresse war indessen auf die Anwendung der vorhandenen technologischen Ideen in einer Großanlage gerichtet ("Gestaltungsinteresse"). Sie hatte ihre Erkenntnisse mit viel kleineren Anlagen gesammelt und wollte nun herausfinden, ob diese technischen Ideen zu ändern seien, wenn es galt, eine besonders große Anlage zu betreiben.

Die Industrie- und Ingenieurfirmen, die im wesentlichen die Windanlage produzieren sollten, hatten hauptsächlich zwei, von uns als finanziell interpretierte Interessen: Zum einen ging es ihnen um die Erlangung von Subventionen. Zum anderen galt die Gewinnabsicht im regulären Geschäft.

2. Zielbildung im Zeitablauf

a) Start

Diese unterschiedlichen Interessen der Interaktionspartner sind in einem Zielbildungsprozess in ein "Projektziel" zu überführen. Dieses Projektziel besteht aus drei Elementen:

- dem Leistungsziel,
- dem Zeitziel und
- dem Kostenziel.

Das Leistungsziel ist weiter zu detaillieren, die entsprechenden technischen Teilziele sind maßgeblich für die Pflichten- und Lastenbeschreibung. Der Freiheitsgrad für die Zielerfüllung wird damit mehr und mehr eingeengt. Wir wollen diesen Zielbildungsprozess an drei technischen Aspekten des Leistungsziels zeigen: an der Höhe des Turms, am Durchmesser des Rotors und an der Konstruktion der Rotorblätter.

Der Zielbildungsprozess ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

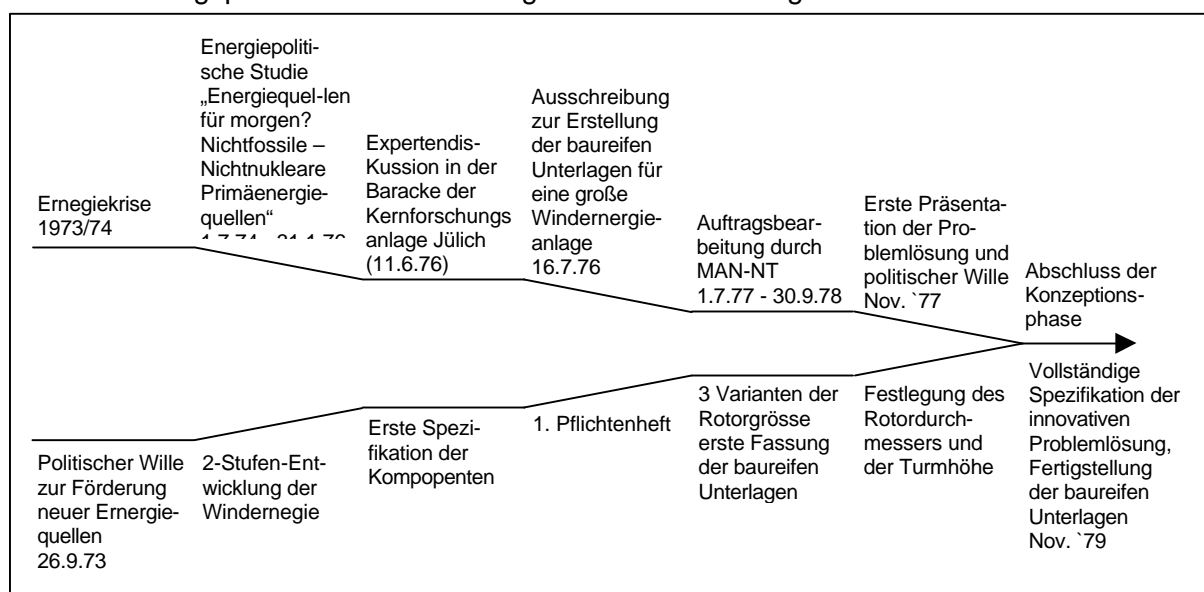


Abbildung 2: Zielpräzisierung im Zeitablauf

Der Zielbildungsprozess startete bereits zwischen 1973 und 1974. In dieser Zeit löste die Energiekrise die Suche nach neuen Energiequellen aus.⁵ Zwar wurde die Windenergienutzung seinerzeit stark von der staatlichen Forschungspolitik im Bereich der Atomenergie überschattet. Aber schon im Jahre 1973 wies die Bundesregierung darauf hin, dass sie die Nutzungsmöglichkeiten "weiterer, neuer, umweltfreundlicher Energiequellen (u. a. auch der Sonnenenergie oder geothermischer Energie)" untersuchen will.⁶ Im Herbst 1974 wurde das Energieprogramm fortgeschrieben. Dabei wurde erstmalig - wenn auch reichlich versteckt - die Erschließung neuer Energiequellen für den großtechnischen Einsatz gefordert. In der Bundestagsdrucksache 8/135777 wurde dann erstmalig die Windenergie explizit genannt.

"Bei den ‚neuen‘ Energiequellen stehen Entwicklungsarbeiten hauptsächlich zur Nutzung der Sonnenenergie, aber auch der Windenergie und geothermischen Energie im Vordergrund der Entwicklungsarbeiten, wobei es darauf ankommt, den wirtschaftlich erschließbaren Anteil dieser Energien zu vergrößern bzw. Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Auch bei den "neuen" Energiequellen wird die Bundesregierung gegebenenfalls Markteinführungshilfen gewähren."

b) Vorprägung: Experten halten die technische Problematik für gelöst

Das entscheidende Ereignis im Zielbildungsprozess ist eine Expertendiskussion am 11.6.1976. Es ist der Tag der Wissenschaftler. Sie setzten sich enthusiastisch dafür ein, eine relativ große Windenergieanlage zu bauen. Sie geben technische Spezifikationen von großer Detaillierung. Der wichtigste Experte gibt den Rat, die Windkraftanlage mit zwei Rotorblättern in Composite-Bauweise zu bauen, das Rotorsystem mit einer Pendelnabe zu versehen und die Anlage auf eine Kapazität von 1 bis 3 Megawatt hin auszulegen. Das Ergebnis der Beratung wird durch den Vorsitzenden in folgender Weise zusammengefasst:⁸

„(Er) habe insgesamt den Eindruck gewonnen, dass die große Windenergieanlage mit Leistungen im Bereich von 1-3 MW technisch durchaus realisierbar sei und noch ausstehende Probleme lösbar seien. Man könne nach der Diskussion die einzelnen Komponenten der Anlage schon recht gut spezifizieren. Über den Rotor habe er gelernt, wünschenswert seien zwei Blätter, Composite-Bauweise, Schnellläufer, Pendelnabe und Regelung nach Prof. Hütter. Das Getriebe soll ein Festgetriebe sein. Der Generator soll ein Synchrongenerator für 50 Hertz zur Einspeisung ins öffentliche Stromnetz sein. Die Art des Turmes hänge vom Gesamtsystem ab."

Die Experten hinterlassen den Eindruck, die meisten technischen Probleme seien gelöst, zumindest prinzipiell. Der wichtigste Einfluß der Wissenschaftler auf die Entscheidung lag in der Konstruktion der Rotorblätter in einer Composite-Bauweise. Es wurde unmissverständlich klargemacht, dass eine Windkraftanlage der diskutierten Größe nur mit Rotorblättern aus Composite-Materialien zu realisieren sei.

⁵ Vgl. Bundestagsdrucksache 7/2713, Tz 81

⁶ Vgl. Bundestagsdrucksache 7/1057, Tz 75 ff

⁷ Unterrichtung durch die Bundesregierung (Zweite Fortschreibung des Energieprogramms der Bundesregierung, Bundestagsdrucksache 8/1357, Tz 51.)

⁸ Hierbei handelt es sich um das Protokoll der Diskussion über eine große Windenergieanlage am 11.6.76 in der "Baracke" der Kernforschungsanlage Jülich GmbH. V gl. Pulczynski, a.a.O., S. 55 ff.

c) Zunehmende Festlegung des Leistungsziels

Einen Monat später, am 16. Juli 1976, wird eine beschränkte Ausschreibung über die Ausarbeitung baureifer Unterlagen für eine große Windenergieanlage im Megawatt-Leistungsbereich an 16 Unternehmen verschickt. In dieser Ausschreibung werden weitere Einengungen der Zielsetzungen getroffen:

1. Leistung: Wert im Intervall zwischen 2 und 3 MW. Die Leistung soll in Standorten mit einem Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (gemessen in 10 m Höhe über Grund) von rd. 5 m/s abgegeben werden. Konstante Umdrehungszahl des Rotors bei Nennleistung; Regelung nach Hütter .
2. Prinzip: Anlage mit horizontaler Achse und hoher Schnellaufzahl.
3. Komponenten:
 - a) Rotor :
Zwei Blätter, Composite-Bauweise, Pendelnabe.
 - b) Turm:
Bei der Entscheidung für ein Turmkonzept (Gitterturm, Stahlrohrmast, Stahlbetonturm) muss neben den technischen Gesichtspunkten und den Bau- und Betriebskosten wesentlicher Gesichtspunkt die breite optische Akzeptabilität des Turmes sein (100 Türme sollen später ein Kraftwerk bilden!).
 - c) Generator :
Synchrongenerator 50 Hz zur Einspeisung ins öffentliche Netz.
 - d) Getriebe:
Feste Übersetzung.⁹

Im Juni 1977 wird von der Kernforschungsanlage Jülich GmbH der Auftrag über die Erstellung der baureifen Unterlagen für GROWIAN erteilt.

Fünf Monate später werden die ersten technischen Alternativen präsentiert.¹⁰ Hauptproblem ist dabei der Durchmesser des Rotors. Drei Alternativen werden vorgestellt: 80 m, 100 m und 113 m. Dies ist der Augenblick, in dem die Repräsentanten der Bundesregierung die gravierendste Entscheidung zum Leistungsziel treffen. Obwohl die Experten einen Rotordurchmesser von 80 m bevorzugen, bestehen die Repräsentanten des Ministeriums auf einer größeren Lösung mit 100,4 m Rotordurchmesser. Alternativ hätte man flexiblere Formulierungen wählen können ("...möglichst großer Durchmesser" oder "... wenigstens ein Durchmesser von 80 m"). Man entscheidet sich stattdessen für die rigideste Form der Zielbestimmung. Mit dieser Fixierung wird die nächste Zielentscheidung präjudiziert: die Turmhöhe. Man legt sie auf 96,6 m fest und bestimmt damit die Nabhöhe auf 102,1 m über Grund.

Um dieses Ziel leichter begreifbar zu machen, benutzten die Promotoren des Projektes einen Vergleich, der die Diskussion dominiert: Die Höhe des Turmes plus dem Radius des Rotors erscheinen etwa so hoch wie der Kölner Dom. Es werden Zeichnungen angefertigt,¹¹ die den Growian mit dieser Kathedrale vergleichen (vgl. Abbildung 3).

⁹ Auszug aus der beschränkten Ausschreibung über die Erstellung baureifer Unterlagen für eine große Windenergieanlage, S. 2 f.

¹⁰ Vgl. Körber, F.: Baureife Unterlagen für Große Windenergieanlage GROWIAN. Abschlußbericht, BMFT-FB-T 80171, hrsg. v. Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH, Karlsruhe 1980

¹¹ Körber, a.a.O., S. 59.

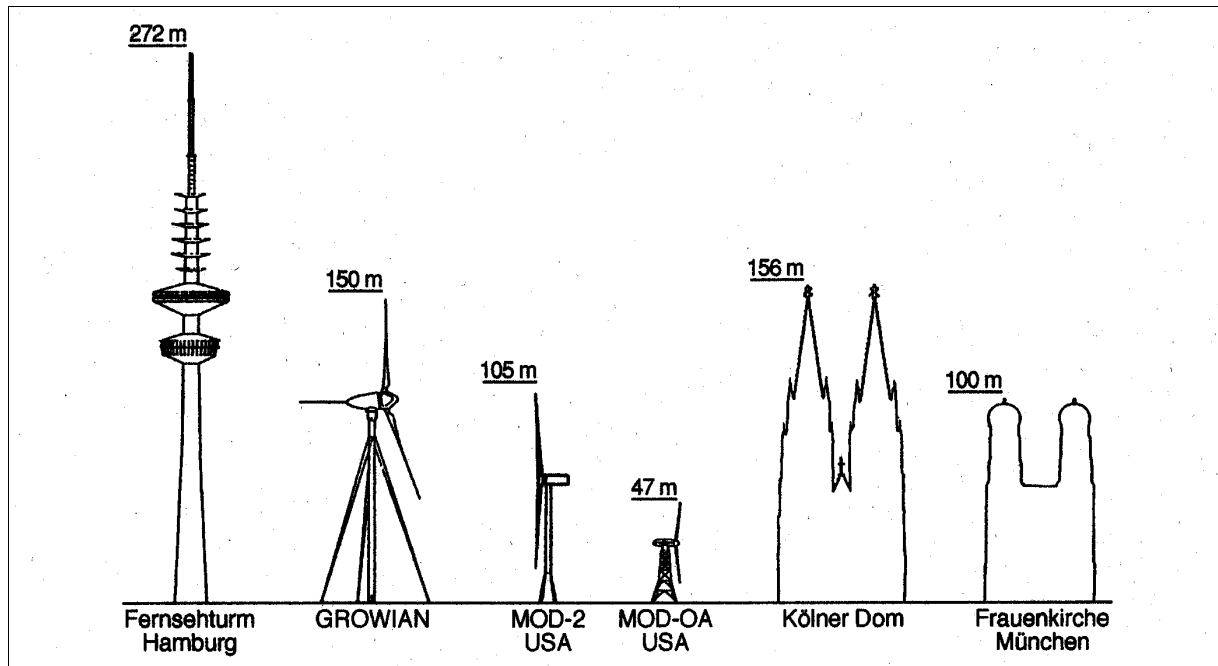


Abbildung 3: Größenvergleich

Der Name Growian selbst entwickelt ebenfalls ein Eigenleben. Es soll nicht nur eine große, sondern die größte Windenergieanlage der Welt entstehen. Um dieses Ziel zu erreichen, hätte seinerzeit schon eine Turmhöhe von 80 m genügt, aber die dreistellige Ziffer schien einen noch größeren Effekt zu versprechen.

d) Fest begrenzter Zeitrahmen, fest begrenztes Budget

Die übrigen Zielbestandteile wurden folgendermaßen bestimmt:

Kostenziel: Das Gesamtprojekt wurde vom BMFF mit einem Budget von 38,9 Mio DM ausgestattet.

Zeitziel: Die gesamte Einheit sollte nach einer Bau- und Testzeit von 32 Monaten betriebsbereit übergeben werden.

Das übergeordnete Ziel lautete: Die Anlage sollte drei Jahre laufen, um alle notwendigen Informationen zu sammeln (technologischer Auftrag) und die elektrische Energie in das öffentliche Versorgungsnetz einzuspeisen (energiewirtschaftlicher Auftrag).

Abbildung 4 fasst den Zielbildungsprozess schematisch zusammen:

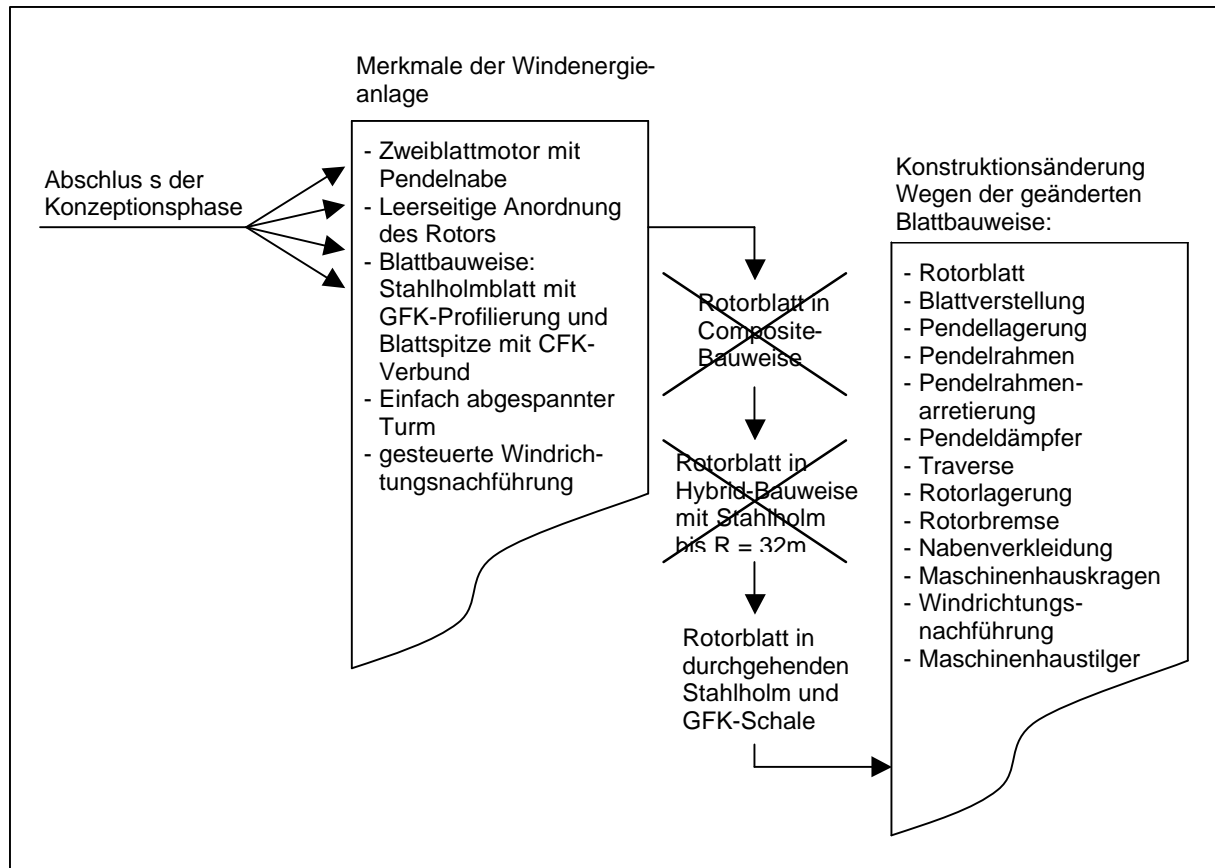


Abbildung4: Konstruktionsänderung und ihre Konsequenzen.

3. Die Realisierung

Wir gehen in das Jahr 1987: Am 8. Mai wird Growian außer Betrieb gesetzt.¹² Im Jahre 1988 wird er völlig abgerissen. Die Konstruktion hat folgende Ziele exakt erfüllt:

- Turmhöhe von 102 m Höhe,
- Zweiblatt-Rotorsystem,
- Energieerzeugungskapazität von 3 Megawatt,
- Pendelnabe nach dem System Hütter .

Aber: Anstatt drei Jahre im Betrieb zu sein, betrug die tatsächliche Betriebsdauer nur 420¹³ Stunden, das sind 17,5 Tage. Verglichen mit der ursprünglichen Zeitplanung war die endgültige Komponentenmontage der Anlage um ca. 20 Monate verzögert. Die Investition überschritt das ursprüngliche Budget um mehr als 33 %.¹⁴ Die Rotorblätter konnten nicht in Composite-Bauweise erstellt werden.

¹² Lagebericht zum Geschäftsbericht 1987 der Große Windenergieanlage Bau und Betriebsgesellschaft mbH.

¹³ Reinhold/Scholz, a.a.O., S. 44.

¹⁴ Pulczynski, a.a.O., S. 139.

4. Misserfolgsanalyse

Es wurde ein erster Versuch gemacht, dieses Problem zu lösen, indem man eine Hybridkonstruktion wählte, bei der innerhalb des Rotorblattes eine Stahl-Infrastruktur eingebracht wurde. Dieser Stahlrahmen sollte 32 m lang sein, also etwa 2/3 des gesamten Rotorblattes umfassen.

Dieser Ansatz wurde ebenfalls verworfen, weil die Probleme der Verbindung der Stahl und der Composite-Konstruktion nicht beherrschbar schienen. Daher wurde entschieden, die Rotorblätter mit einer vollständigen Stahl-Infrastruktur zu bauen, nur die Verkleidung wurde in Composite-Materialien ausgeführt. Dies war nun der Grund für einen enormen Anstieg des Gewichts der Rotorblätter um 2 tons und der Pendelnabe von 36 auf 54 tons. Die gesamte Maschinenhaus-Ausstattung inklusive des Rotors wurde immer schwerer und kam letztlich auf ein Gewicht von 420 tons anstelle von 280 tons geplantem Gewicht- ein Anstieg um 50%!

Diese Gewichtszunahme verursachte eine Fülle "kleinerer" technischer Probleme.¹⁵ Nur um eines herauszugreifen: Die Seil- Winden, mit denen Maschinenhaus samt Rotor auf den Turm gehievt werden sollten, waren völlig zu ersetzen. Das eigentliche Problem aber entwickelte sich daraus, dass die Pendelnabe die hohe Last nicht hielt. Schon wenige Tage nach dem erstmaligen Erreichen der Nennlast wurden erstmalig Risse im Rahmen festgestellt. Obwohl die beteiligten Ingenieure mit bewundernswertem Engagement versuchten, diese Risse zu reparieren, waren sie nicht erfolgreich.

Der endgültige Rat war, die geschweißte Pendelnabe durch ein gusseisernes System zu ersetzen. Dieses hätte weitere Ausgaben von 10 bis 12 Mio. DM verursacht. Das Ministerium will diese Ausgaben nicht tragen. Die Konsequenz ist der vollständige Abriss des Growian. Die beteiligten Ingenieure beurteilen Growian als technologischen Erfolg und nennen dafür folgende technische Argumente:¹⁶

- (1) Beweis der Baubarkeit derart großer Anlagen
- (2) Problemlose Einspeisung der gewonnen elektrischen Energie in ein vorhandenes Stromnetz
- (3) Erreichung des berechneten Wirkungsgrades
- (4) Keine Umweltprobleme
- (5) Hervorragendes regeltechnisches Verhalten
- (6) Beherrschung der Gesamtdynamik

Frage 1:**Stellen Sie eine Erfolgsbeurteilung des Projektes auf.****Frage 2:****Beurteilen Sie den Zielbildungsprozess im Hinblick auf den Erfolg.****Frage 3:****Wie sind Inhalt, die Beziehung und die Fixierung der Ziele zu beurteilen.**

¹⁵ Vgl. Witt, W.: Bau der großen Windenergieanlage (Fr 03E-4342-B), Betrieb der großen Windenergieanlage (FV 03E-8235-A), Statusbericht 1988, in: Statusbericht Windenergie 1./2.3.1988, hrsg. Von BMFT, 0.0., 1988, S. 429 f.; Endres/Reinhold/ Scholz, a.a.O., S. 65 ff., 118 ff.

¹⁶ Vgl. GROWIAN Information Nr. 19: GROWIAN: Forschungsbetrieb beendet, hrsg. Große Windenergie Bau- und Betriebsgesellschaft mbH. Hamburg 1983, S. 1 f.; Endres/ Reinhold/Scholz, a.a.O., S. 147f.