

# Kleinwindenergieanlage

## aeroSmart5

### Technische Beschreibung

Rendsburg, den 20.04.2004

#### Steuerung und Systemeinbindung

SMA Technologie AG  
Hannoversche Straße 1 – 5  
34266 Niestetal

Tel 0561- 95 22-321  
Fax: 05 61 – 95 22-104  
E-Mail: [Info@sma.de](mailto:Info@sma.de)  
Internet: <http://www.sma.de>

#### Mechanische Komponenten

aerodyn Energiesysteme GmbH  
Provianthausstraße 9  
24768 Rendsburg

Tel.: 0 43 31 - 12 75-0  
Fax: 0 43 31 - 12 75-55  
Email: [info@aerodyn.de](mailto:info@aerodyn.de)  
Internet: <http://www.aerodyn.de>

erstellt von: S. Siegfriedsen	geprüft von: J. Bäcker	Freigabe durch: S. Siegfriedsen

Dokument-Nummer:	D-18.10-GP.00.00.02-A	Revisions-Nummer:	D
------------------	-----------------------	-------------------	---

Klassifikation	Ausfertigung	Status	Anzahl der Seiten
<input type="checkbox"/> streng vertraulich	<input type="checkbox"/> Original	<input type="checkbox"/> Entwurf	Fortlaufend nummerierte Seiten:..... 15
<input type="checkbox"/> intern	<input type="checkbox"/> Registrierte Exemplar Nr.: _____	<input checked="" type="checkbox"/> Endfassung	<input type="checkbox"/> zusätzlich eingefügte Seiten <sup>1</sup> :.....
<input type="checkbox"/> kundenvertraulich	<input checked="" type="checkbox"/> Kopie		<input type="checkbox"/> nachträglich entfernte Seiten <sup>2</sup> :.....
<input checked="" type="checkbox"/> öffentlich			
Änderungsdienst:	<input type="checkbox"/> Ja <sup>3</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Nein	

<sup>1</sup> eingefügte Seiten werden mit der fortlaufenden Nummer der vorangehenden und a, b, c... nummeriert.

<sup>2</sup> entfernte Seiten fehlen in der fortlaufenden Numerierung.

<sup>3</sup> sofern das Dokument unserem Änderungsdienst unterliegt, gilt dieser bis zur Beendigung der Vertragslaufzeit.

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
2			

## ÄNDERUNGSHINWEIS !

Die mit diesem Blatt herausgegebenen geänderten Seiten ersetzen die gleichen Seiten früheren Datums. Die geänderten bzw. neu hinzugefügten Seiten sind in die Unterlage einzuordnen. Die ausgesonderten Seiten sind zu vernichten.

**Für Spezifikationen gilt:** die gegenüber der vorangegangenen Revision dieser Unterlage geänderten oder ergänzten Textstellen sind durch einen Strich am rechten Rand gekennzeichnet. Es sei denn, die Unterlage wird komplett ausgetauscht. Die geänderten bzw. neu hinzugefügten Seiten sind in die Unterlage einzuordnen. Die ausgesonderten Seiten sind zu vernichten.

## ACHTUNG !

Die Prüfung dieser Unterlage durch die zuständige Institution ist erst durch einen entsprechenden Vermerk abgeschlossen. Trotz größter Sorgfalt bei der Erstellung dieser Unterlage kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich während der Prüfung noch Änderungen ergeben. Das Risiko der Fertigung nach dieser Unterlage bzw. einer sonstigen Verwendung liegt ausschließlich beim Auftraggeber.

Sollten irgendwelche Angaben dieser Unterlage nicht komplett, unverständlich oder fehlerhaft sein, ist der Nutzer dieser Unterlage dafür verantwortlich, den Sachverhalt unverzüglich mit dem Planverfasser und Auftraggeber zu klären.

Mit der Verwendung dieser Unterlage erklärt sich der Nutzer damit einverstanden, dass aerodyn nur haftet für Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit und dass eine Haftung für Folgeschäden ausgeschlossen ist. Diese Unterlage wird nur vorbehaltlich der Anerkennung dieser Bedingungen an den Auftraggeber bzw. an Dritte im Namen des Auftraggebers übergeben.

### Änderungsverzeichnis:

Revision	Ausgabe- datum	Austausch- seiten	Änderungen
A	24.02.03	-	Erstausgabe
B	07.10.03	alle	
C	20.04.04	alle	
D	09.09.04	4,14,15	Ergänzung Bildmaterial

### Zugehörige aktuelle Dokumente dieser Unterlage:

Bezeichnung	Dokumenten-Nr.:	Revisions-Nr.:

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
3			

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Herausforderung.....	5
2 Auslegungskonzept.....	6
3 Systemlösung.....	7
4 Komponentenbeschreibung.....	7
4.1 Rotor.....	7
4.2 Sicherheitskonzept.....	8
4.3 Getriebe.....	8
4.4 Generator.....	8
4.5 Windrichtungsnachführung.....	8
4.6 Maschinengehäuse.....	9
4.7 Verkleidung.....	9
4.8 Turm.....	9
4.9 Steuerung.....	9
5 Technische Daten.....	10
5.1 Auslegungsdaten.....	10
5.2 Rotor.....	10
5.3 Getriebe.....	10
5.4 Generator.....	10
5.5 Windrichtungsnachführung.....	11
5.6 Steuerung.....	11
5.7 Sicherheitssysteme:.....	11
5.8 Turm.....	11
5.9 Massen.....	11
5.10 Leistungskennlinie.....	12
5.11 Energieerträge.....	12
5.12 Gesamtansicht.....	13

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>		
20.04.2004				
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung		
4				



Gesamtansicht *aeroSmart5* mit 12 m Gitterturm

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>		
20.04.2004				
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung		
5				



## 1 Herausforderung

Im letzten Jahrzehnt hat die Entwicklung von Großwindenergieanlagen für den Netzparallelbetrieb rasante Ausmaße angenommen. Kleinanlagen für die dezentrale Energieerzeugung in abgelegenen Gebieten sind dagegen in diesem Zeitraum vernachlässigt worden. Die Marktführer der Windenergiebranche sind in diesem Bereich nicht aktiv. Somit stehen derzeit keine Anlagensysteme zur Verfügung, die den Ansprüchen hinsichtlich der Robustheit und Zuverlässigkeit sowie dem erforderlichen Preisniveau genügen.

Dabei gibt es auf der Erde ca. 2,5 Milliarden Menschen, die ohne Zugang zu Elektrizität leben. Die meisten von ihnen leben in abgelegenen kleinen Dörfern mit bis zu einigen hundert Einwohnern. Diese „Energiearmut“ ist ein zentrales Hemmnis für die Entwicklung ländlicher Räume in vielen Schwellen- und Entwicklungsländern. Erneuerbare Energietechnologien können in diesen Regionen einen wichtigen Beitrag zur Überwindung der Energie- und Umweltprobleme leisten. Damit sie ihr Potential voll entfalten können, müssen sie in schlüssige Gesamtkonzepte zur nachhaltigen Entwicklung integriert werden.

Daher stellt die elektrische Versorgung entlegener Gebiete und dezentraler Verbraucher eine weltweite Herausforderung dar. Insbesondere in Europa aber auch weltweit, werden Anstrengungen unternommen, modular aufgebaute Hybridversorgungssysteme zu entwickeln.

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
6			

Um eine konkurrenzfähige Stromversorgung mit Hybridsystemen auf Basis erneuerbarer Energien zu realisieren, wird insbesondere die Windenergie aufgrund der relativ kostengünstigen Stromentstehungskosten einen Beitrag leisten müssen. Derzeit auf dem Markt verfügbare kleine Windenergieanlagen mit einer Leistung von 1 bis 10 kW sind bisher jedoch nur zu sehr hohen Preisen zu beziehen. Sie haben den hohen Standard von Großanlagen nicht erreicht und erfüllen in den meisten Fällen auch nicht die für Hybridanlagen notwendige Systemfähigkeit. Kleinanlagen blieben in den letzten Jahrzehnten aufgrund der fehlenden Einbindungsmöglichkeiten in dezentrale Energiesysteme im Anfangsstadium der Entwicklung stecken.

Die beiden Entwicklungsfirmen aerodyn Energiesysteme und SMA haben sich zum Ziel gesetzt, ihre gesamten Erfahrungen in der Solar- und Windenergie-technik der letzten 20 Jahre in die Entwicklung der mechanischen und elektrischen Komponenten einer neuartigen Kleinwindenergieanlage der 5 kW Klasse einfließen zu lassen.

Diese Anlage mit der Bezeichnung *aeroSmart5* ist hinsichtlich der globalen Einsatzfähigkeit von Kleinwindenergieanlagen optimiert worden und wird damit einen signifikanten Beitrag zur besseren Versorgung von dezentralen Verbraucher leisten. Durch professionelle Technologien in allen Bereichen werden mit dieser Anlage neue Maßstäbe für Kleinwindenergieanlagen gesetzt.

## 2 Auslegungskonzept

Bei der Windenergieanlage *aeroSmart5* handelt es sich um eine Kleinwindenergieanlage mit einer Nennleistung von 5 kW für den Netzparallel- und Inselbetrieb. Bei der Auslegung spielten vor allem die Anforderungen Robustheit, Wartungsarmut, Bedienbarkeit, Geräuschentwicklung, Sicherheit und optimales Preis/Leistungsverhältnis wesentliche Rollen.

Mit der Kleinwindenergieanlage *aeroSmart5* wird dem Markt eine Anlage der 5 kW Klasse zugänglich gemacht, die den Entwicklungsabläufen der Megawatt- und Multimegawattanlagen entspricht. Bei der Auslegung kamen dabei systematische Konstruktionsprozesse, aeroelastische Simulationen, Windkanalmessungen, FEM-Bauteiluntersuchungen, FMEA-System-Analyse sowie Fertigungsoptimierung zum Einsatz.

Für eine erfolgreiche Vermarktung einer Kleinanlage in Schwellen- und Entwicklungsländern muss die Technologie der Anlage den dort vorherrschenden technischen Möglichkeiten angepasst sein, gleichzeitig aber dem Stand der Technik moderner Windenergieanlagen entsprechen. Dieser Forderung entsprechend sollte es möglich sein, Teile der Anlage, wie z. B. den Turm lokal zu fertigen. Die Anbindung des Maschinenkopfes muss daher so gestaltet sein, dass unterschiedliche Konstruktionen aus verschiedenen Materialien als Turm verwendet werden können.

Das Gondelgewicht muss so bemessen sein, dass Transport und Errichtung der Anlage mit einfachen Mitteln möglich ist. Der Temperaturbereich für den Einsatz der *aeroSmart5* liegt zwischen  $-25^{\circ}\text{C}$  und  $+50^{\circ}\text{C}$ . Neben dem permanenten Betrieb bei extrem hohen und extrem niedrigen Temperaturen müssen auch starke Tag/Nacht-Schwankungen der Temperaturen dauerhaft ertragen werden können. Eine weitere wesentliche Anforderung an die *aeroSmart5* besteht in der Beständigkeit gegen Sand und Staub. Alle Anlagenteile müssen langfristig gegen dieses

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
7			

Eindringen geschützt werden. Für küstennahe Standorte ist eine Belastung durch stark salzhaltige und feuchte Luft zu berücksichtigen. Schließlich ist eine universell einsetzbare kleine Windenergieanlage auch dem Angriff durch Nagetiere und Insekten wie z. B. Termiten ausgesetzt.

### 3 Systemlösung

Die Technologie für Kleinanlagen ist signifikant unterschiedlich zu der von Großanlagen. Die Hauptanforderung an diese Anlagen wird durch größtmögliche Zuverlässigkeit und geringstmögliche Wartung gekennzeichnet, da die Anreisekosten für qualifiziertes Personal unter Umständen schnell in den Bereich der Anlagenkosten kommen können.

Die Hauptinnovation der *aeroSmart5* ist eine einfach und kostengünstig aufgebaute Windenergieanlage hoher Robustheit, die sich wechselstromseitig direkt in autonome Versorgungssysteme und vorhandene Netze integrieren lässt. Die Systemfähigkeit für dezentrale Anwendungen wird erreicht durch den Parallelbetrieb mit dem Batteriestromrichter „Sunny Island“ der Firma SMA, der entsprechend seiner Eigenschaften sowohl die Spannungsregelung als auch die Frequenz- bzw. Drehzahlregelung übernimmt.

Die Einzelkomponenten der Windenergieanlage sind kostengünstig, robust, wartungsarm und industriell produzierbar. Mechanisch betrachtet sind alle erforderlichen Komponenten in einem zentralen Aluminiumussteil integriert, das in einer Aufspannung von einer Bearbeitungszentrum fertig bearbeitet wird. Alle Teile sind wirksam gegen Korrosion und den Eintritt von äußeren Medien geschützt. Die Auslegung aller Komponenten der Anlage erfolgte unter der Zielsetzung des Erreichens der größtmöglichen Robustheit und Wartungsarmut. Lediglich alle fünf Jahre ist eine systematische Wartung der Anlage vorgesehen.

Die Beschreibung der einzelnen Komponenten wird nachfolgend vorgenommen.

## 4 Komponentenbeschreibung

### 4.1 Rotor

Der Rotor der *aeroSmart5* ist mit 3 Rotorblättern aus einem stranggezogenem GFK-Profil ausgestattet. Das Material hat gute Ermüdungseigenschaften, eine hohe Abriebfestigkeit und eine hervorragende UV-Beständigkeit. Das aerodynamische Profil ist durch Strömungsberechnungen und Windkanaluntersuchungen speziell ausgelegt und optimiert worden, so dass trotz der niedrigen Reynoldszahl im Anlagenbetrieb hohe Leistungsbeiwerte erreicht werden. Die Leistungsregelung wird durch die gezielt ausgelegten Stalleigenschaften des aerodynamischen Profils vorgenommen.

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
8			

## 4.2 Sicherheitskonzept

Die erforderliche Leistungsbegrenzung bei höheren Windgeschwindigkeiten wird beim aeroSmart5 durch die Auslegung der aerodynamischen Profile für den Passivstall-Betrieb erreicht. Damit kann ohne Verstellung der Blätter eine wirksame Begrenzung der Nennleistung erreicht werden. Sollte eine zu hohe mittlere Leistung von der Steuerung registriert werden, wird die Anlage über die elektromagnetische Sicherheitsbremse zum Stillstand gebracht. Auch für den Fall des Versagens der Steuerung wird die Bremse direkt über einen Drehzahlschalter, einen Temperaturschalter im Generator oder einen Schüttelschalter ausgelöst. Die Sicherheitsbremse bringt die Anlage dann mit 4-fachem Bremsmoment zum Stillstand.

Sollte der unwahrscheinliche Fall eintreten, dass diese ersten Sicherheitssysteme versagen, ist eine mechanische Drehzahlbegrenzung des Rotors vorgesehen. Dabei wird eine zentrifugalkraftbetätigte Bremse ausgelöst, die dann nur manuell wieder gelüftet werden kann

## 4.3 Getriebe

Das Getriebe ist als einstufiges Stirnradgetriebe mit einer geräuschoptimierten Schrägverzahnung ausgelegt worden. Auf der geschmiedeten Antriebswelle des Getriebes ist der Rotor der Anlage direkt im Maschinengehäuse gelagert. Das Abtriebritzel ist direkt in die Generatorwelle eingesetzt. In dem unteren Teil des Maschinengehäuses ist ein genügend großer Raum für die erforderliche Ölmenge vorgesehen. Durch die Auswahl des Öls ist eine lange Lebensdauer der Getriebeverzahnung und der Wälzlager sichergestellt. Ein Ölwechsel von 0,5 Liter Öl ist nur für alle 5 Jahre vorgesehen. Die reibungsarmen Dichtungen gewährleisten einen Anlauf der Anlage schon bei niedrigen Windgeschwindigkeiten und eine sichere Abdichtung über die gesamte Lebensdauer der Anlage.

## 4.4 Generator

Als Generator kommt eine speziell auf hohen Wirkungsgrad ausgelegte Asynchronmaschine zum Einsatz. Dabei wird die Anlage je nach Anwendungsfall mit einer ein- bzw. dreiphasigen Ausführung bestückt. Ebenfalls ist die Ausführung für das 50 Hz und auch das 60 Hz-Netz verfügbar. Alle Generatorbauteile haben eine hohe Isolierklasse und sind zusätzlich in dem Maschinengehäuse komplett gegen äußere Witterungseinflüsse gekapselt. Durch die Steuerung und Betriebsführung wird der Generator im Betrieb je nach Windangebot zwischen den zwei Drehzahlstufen umgeschaltet. Ebenfalls sorgt die Steuerung für die Kompensation der Blindleistung des Generators.

## 4.5 Windrichtungsnachführung

Damit das Gesamtsystem möglichst einfach und störunanfällig ist, wurde die *aeroSmart5* als freier Leeläufer ausgelegt. Durch diese Anordnung führt sich die Anlage auf Grund der aerodynamischen Rotorkräfte dem Wind selbstständig nach, ohne dass für diese Funktion Sensoren oder Aktoren erforderlich sind. Die dauergeschmierten Lager sind für einen wartungsfreien Betrieb über die gesamten Anlagenlebensdauer ausgelegt. Zur Übertragung der elektrischen Leistung vom Maschinengehäuse auf den Turm ist ein Schleifringübertrager vorgesehen. Dadurch

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
9			

ist keine Entdrilling des Leistungskabels nach längerem Betrieb erforderlich und ein unbeaufsichtigter Betrieb der Anlage über viele Jahre gewährleistet.

## 4.6 Maschinengehäuse

In dem Maschinengehäuse sind die Komponenten : Rotorlagerung, Getriebe, Generator, Sicherheitsbremse, Vertikallagerung und Schleifringübertragung der Anlage untergebracht. Das sehr kompakte Aluminiumgussgehäuse ist hinsichtlich Steifigkeit, Festigkeit, Wärmeabfuhr und Fertigungstechnik optimiert worden. Das komplexe Bauteil wird in einem Stück gegossen und in einer Aufspannung mit allen erforderlichen Bearbeitungen versehen. Dieses wird in einem automatisierten Prozess mit höchster Genauigkeit und Qualität zu einem wirtschaftlichem Preis vorgenommen. Zur Gewährleistung eines optimalen Korrosionsschutzes ist das gesamte Maschinengehäuse mit einer speziellen seewasserbeständigen Beschichtung versehen.

## 4.7 Verkleidung

Zur Erlangung einer ansprechenden optischen Erscheinung ist die *aeroSmart5* mit einer äußeren Verkleidung versehen. Diese in GFK ausgeführte Verkleidung ist von einem Industriedesigner unter ästhetischen und funktionalen Aspekten gestaltet worden. Dadurch wurde ein optimale Auslegung der Verkleidung sichergestellt. Außerdem schützt die Verkleidung den gesamten Maschinensatz vor direkter Sonneneinstrahlung und sonstigen Witterungseinflüssen.

## 4.8 Turm

Als Turm kommen für *die aeroSmart5* je nach Standortbedingungen verschiedene Ausführungen zum Einsatz. Die kostengünstigste Variante stellt der Betonmast da, der zur Anwendung kommt wenn räumlich dicht zusammen eine größere Anzahl von Anlagen aufgestellt werden. Für den Betonturm wird allerdings ein Betonfundament und eine Aufrichthilfe mit einer Hebekraft von ca. 1 t benötigt. Dieser Turm kann aber mit einer entsprechenden Form auch in Schwellen- und Entwicklungsländern problemlos kostengünstig hergestellt werden. Für den Versand von Türmen steht die Anforderung nach einem geringen Gewicht im Vordergrund. In diesem Fall kommt ein abgespannter Gitterturm zur Anwendung. Dieser Turm ist in den Höhen 12, 18 und 24 m erhältlich. Dabei werden jeweils 3m-Segmente miteinander verbunden und der Turm ca. 3,0 m unterhalb des Turmkopfes in 4 Richtungen abgespannt. Der entscheidende Vorteil dieser Turmausführung ist die Klappbarkeit der gesamten Anlage für Montage und Wartungszwecke.

## 4.9 Steuerung

Die Steuerung der Anlage und die Anbindung zum Stromnetz wird durch ein speziell entwickeltes Mikroprozessorsystem übernommen. Dabei wird von die Steuerung die Generatorumschaltung, Bremsbetätigung, Netzkopplung und Zusatzlastbetätigung vorgenommen. Das System ist mit einer bidirektionalen Kommunikation zur optimalen Einbindung in die modulare Hybridtechnik ausgestattet. Die Hauptmerkmale bei der Auslegung lagen bei hoher Ausfallsicherheit und niedrigen Herstellungskosten. Die Steuerung ist am Turmfuß in einem Schaltschrank untergebracht.

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
10			

## 5 Technische Daten

### 5.1 Auslegungsdaten

Nennleistung:	5,0 kW
Einschaltwind:	3,5 m/s
Nennwindgeschwindigkeit:	13,0 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit:	25,0 m/s
IEC Typenklasse:	TK 1
max. Überlebenswindgeschwindigkeit:	70 m/s
max. mittlere Jahreswindgeschwindigkeit:	10 m/s
Betriebstemperaturbereich:	-25° bis +50°C

### 5.2 Rotor

Blattanzahl:	3
Durchmesser:	5,1 m
Rotorfläche:	20,4 m <sup>2</sup>
Spezifische Leistung:	245 W/m <sup>2</sup>
max. aerodynamischer Leistungsbeiwert:	0,39
Nenndrehzahl:	133/200 min <sup>-1</sup>
Anordnung zum Turm:	Lee
Blattmaterial:	Stranggezogen Glas/Polyester
Blattspitzengeschwindigkeit:	35/52 m/s

### 5.3 Getriebe

Bauart:	einstufiges Stirnrad
Nennleistung:	5,7 kW
Nennmoment:	270 Nm
Übersetzung:	7,68/ 8,76
Nennwirkungsgrad:	97 %

### 5.4 Generator

Bauart:	Asynchrongenerator
Phasenanzahl:	3/1phasig
Nennleistung:	5,0 kW
Nenndrehzahl:	1500 min <sup>-1</sup> (1800 min <sup>-1</sup> )
Nennwirkungsgrad:	91/87 %
Schutzart:	IP 56
Spannung:	400 V / 230 V (240 V / 110 V)
Frequenz:	50 Hz (60 Hz)

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>	
20.04.2004			
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung	
11			

## 5.5 Windrichtungsnachführung

Bauart: Leeläufer mit Selbstnachführung

## 5.6 Steuerung

Typ: Mikroprozessor

## 5.7 Sicherheitssysteme:

Leistungsregelung: Passivstall  
Drehzahlbegrenzung: Fliehkraftschalter  
1. Bremssystem: elektromagnetische Sicherheitsbremse  
2. Bremssystem: Fliehkraftbremse

## 5.8 Turm

Nabenhöhe: 12/18/24 m  
Typ: Gittermast, Rohrmast  
Bauart: Abgespannt oder Freistehend  
Material: Stahl oder Beton

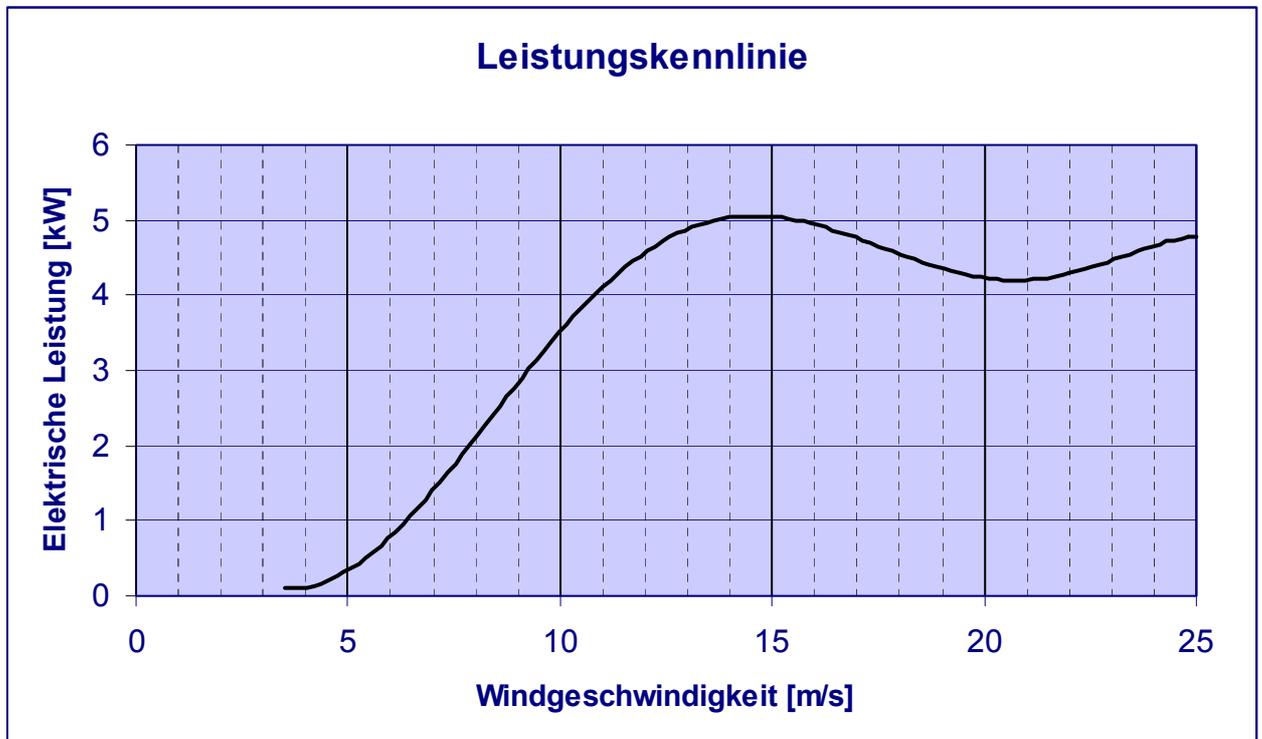
## 5.9 Massen

Gondel ohne Rotor: 110 kg  
Rotorblatt: 6 kg  
Rotor komplett: 31 kg  
Turmkopfmasse: 141 kg  
spez. Turmkopfmasse: 6,9 kg/m<sup>2</sup>  
Turm( 12m Gitterturm abgespannt ): 180 kg  
Gesamtmasse: 321 kg  
Versandgewicht: ca. 340 kg

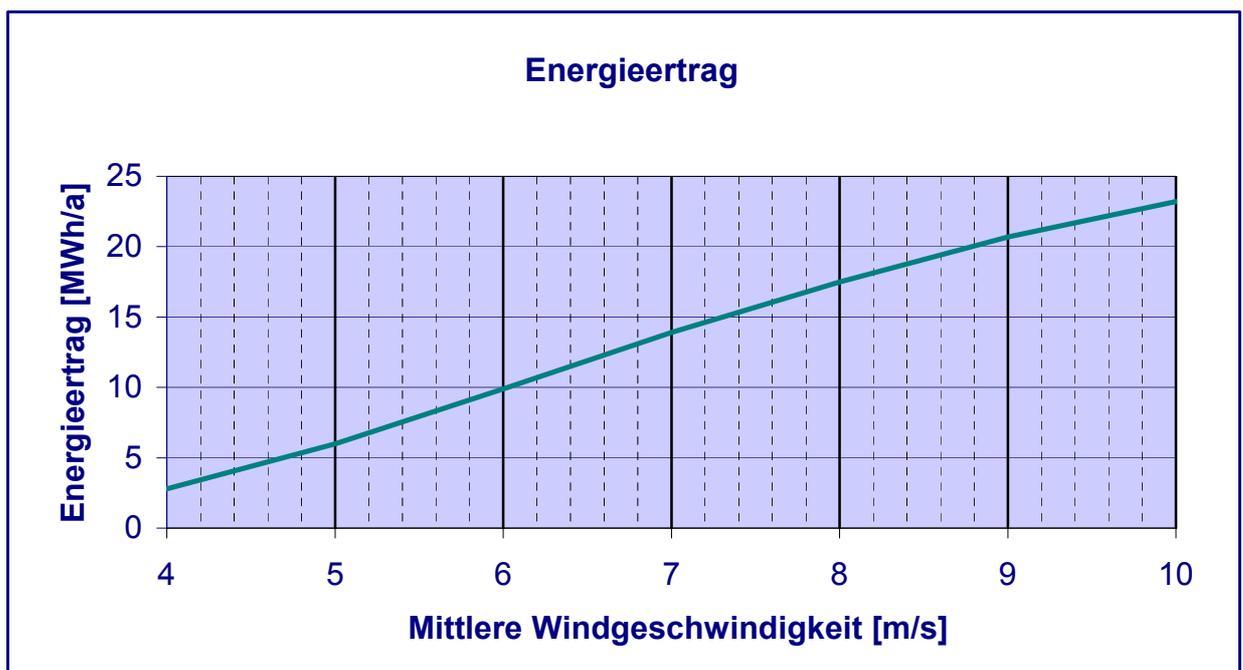
---

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>		
20.04.2004				
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D		Technische Beschreibung	
12				

## 5.10 Leistungskennlinie

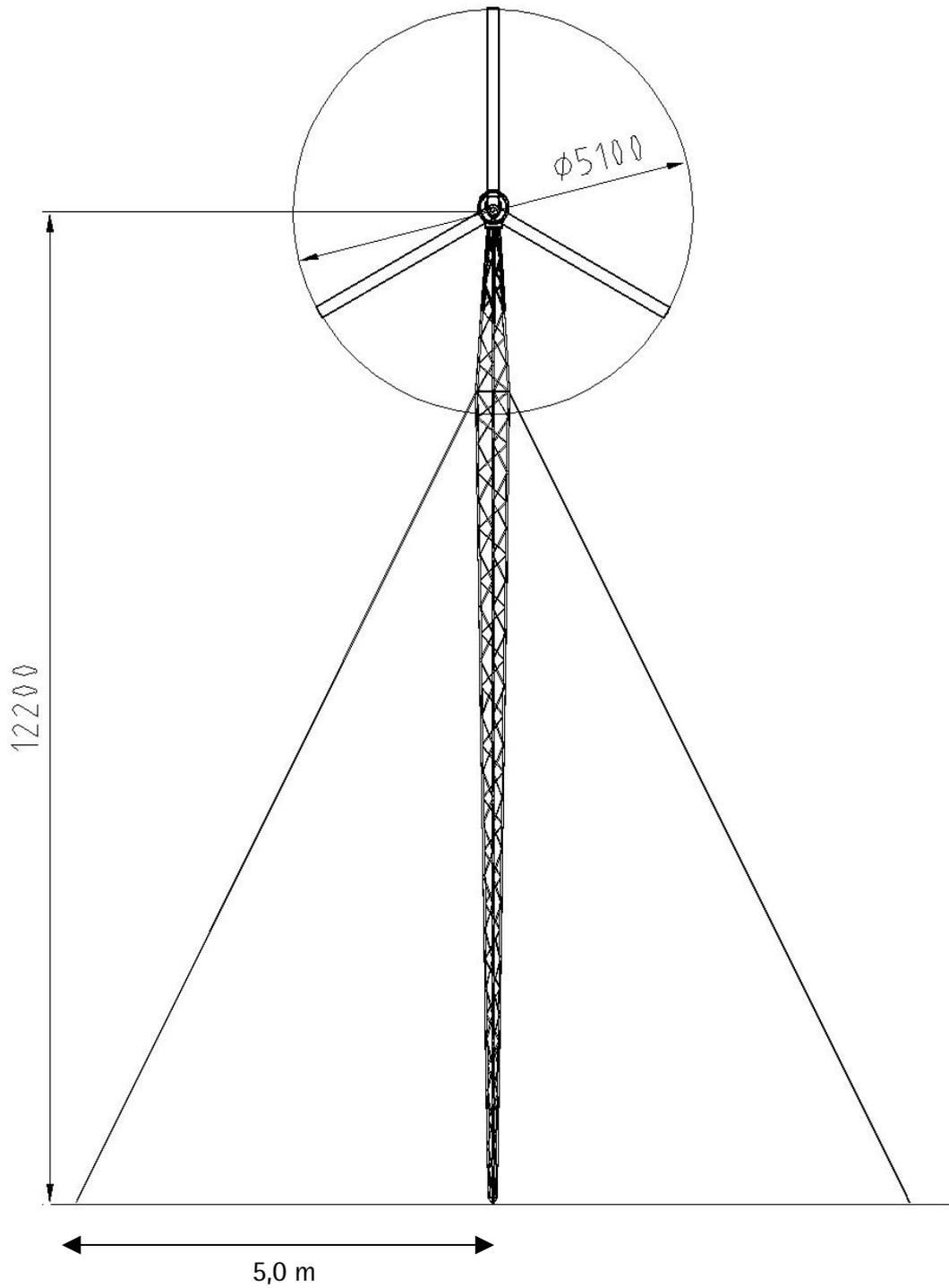


## 5.11 Energieerträge



Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>		
20.04.2004				
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung		
13				

## 5.12 Gesamtansicht



Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>		
20.04.2004				
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung		
14				



Anlage bei Montage und Errichtung auf Testgelände

Datum:	Projekt:	<b>aeroSmart5</b>		
20.04.2004				
Seite:	D-18.10-GP.00.00.02-A-D	Technische Beschreibung		
15				



Anlage mit umfangreichen Messeinrichtungen in der Erprobungsphase