

# **Wirkungsgraduntersuchung von drehzahlvariablen Generatorsystemen für Kleinwindkraftwerke**

## **1) Vorwort:**

Herstellerangaben und auch die Literatur geben im allgemeinen Auskunft über den Wirkungsgrad im Nennpunkt des Antriebsystems.

Da aber der Wirkungsgrad im Teillastbereich gerade für Windkraftwerke interessant ist, wird hiermit eine qualitative Aussage getroffen.

Auch wird ein theoretischer Systemvergleich zwischen getriebelosen Systemen und Systemen mit Getrieben erstellt.

## **2) Verwendete Geräte:**

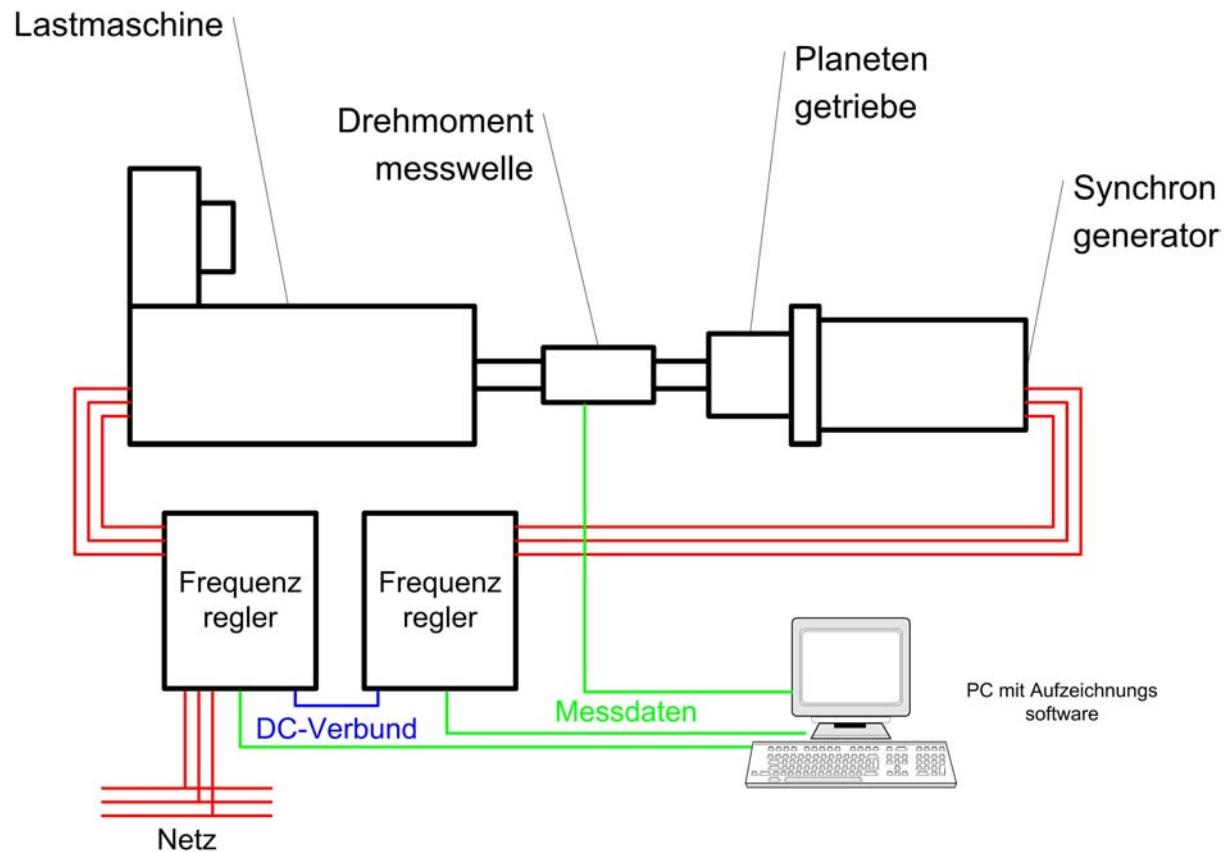
\* Planetengetriebe Alphira CP115; 1:10;  $M_n = 90\text{Nm}$ ; Wirkungsgrad bei  $90\text{Nm}$  und  $2700\text{ 1/min}$ : 0,97

\* Synchronmaschine; D4.SM001-3400;  $M_n=9,9\text{Nm}$ ;  $3000\text{ 1/min}$ ; (->3,1kW)  
Wirkungsgrad: keine Angaben. Im Allgemeinen jedoch zwischen 0,9-0,95; Inkl. Bremse; 17W

\* Drehmomentmesswelle:  $0\dots200\text{Nm}$  ->  $0\dots10\text{VDC}$ ; Genauigkeit: +/-3%

\* Lastmaschine 93 Nm Nennmoment; bis  $3000\text{ 1/min}$

### 3) Aufbau:



### 4) Messung

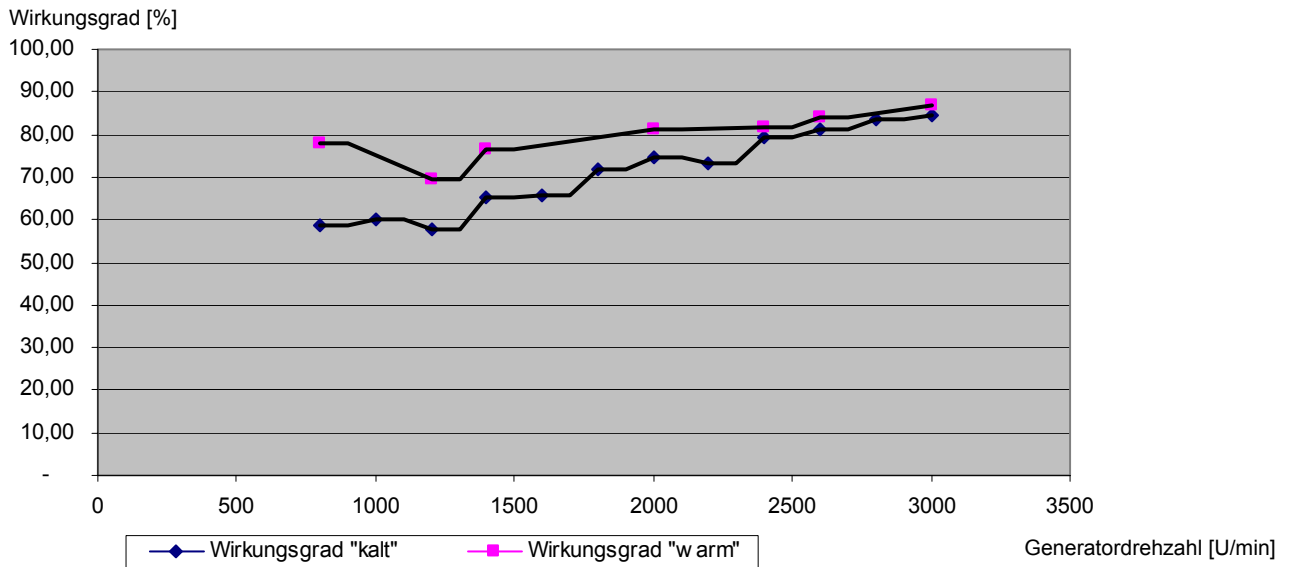
Lt. Angabe soll das Windkraftwerk bei ca. 280 1/min ca. 2,2 kW liefern. Der Messung wurde ein für Strömungsmaschinen üblicher quadratischer Drehmomentverlauf zu Grunde gelegt.

Es wurden zwei Mess-Serien vorgenommen. Die erste nach einer kurzen Einlaufphase, die zweite nach 40 min Einlauf mit 50% von Nennmoment. Durch die Schmierung von Lagern und Dichtungen ergeben sich somit unterschiedliche Wirkungsgrade, im folgenden „kalt“ und „warm“ genannt.

Die Bremse mit einer Leistung von ~17W wurde vorerst nicht berücksichtigt.

Generatordrehzahl (1/min)	Windraddrehzahl (1/min)	Leistung (W)	Drehmoment esswelle [V]	Messung "kalt" (W)	Messung "warm" (W)
100	10	0	0,0048		
200	20	1	0,0191		
300	30	3	0,0431		
400	40	6	0,0766		
500	50	13	0,1196		
600	60	22	0,1723	0	0
700	70	34	0,2345		
800	80	51	0,3063	30	40
900	90	73	0,3876		
1000	100	100	0,4785	60	
1100	110	133	0,5790		
1200	120	173	0,6891	100	120
1300	130	220	0,8087		
1400	140	275	0,9379	180	210
1500	150	338	1,0767		
1600	160	410	1,2250	270	
1700	170	492	1,3829		
1800	180	584	1,5504	420	
1900	190	687	1,7275		
2000	200	802	1,9141	600	650
2100	210	928	2,1103		
2200	220	1067	2,3161	780	
2300	230	1219	2,5314		
2400	240	1385	2,7563	1100	1130
2500	250	1566	2,9908		
2600	260	1761	3,2348	1430	1480
2700	270	1973	3,4884		
2800	280	2200	3,7516	1840	
2900	290	2444	4,0244		
3000	300	2706	4,3067	2290	2350

## 5) Ergebnisse



## 6) Interpretation:

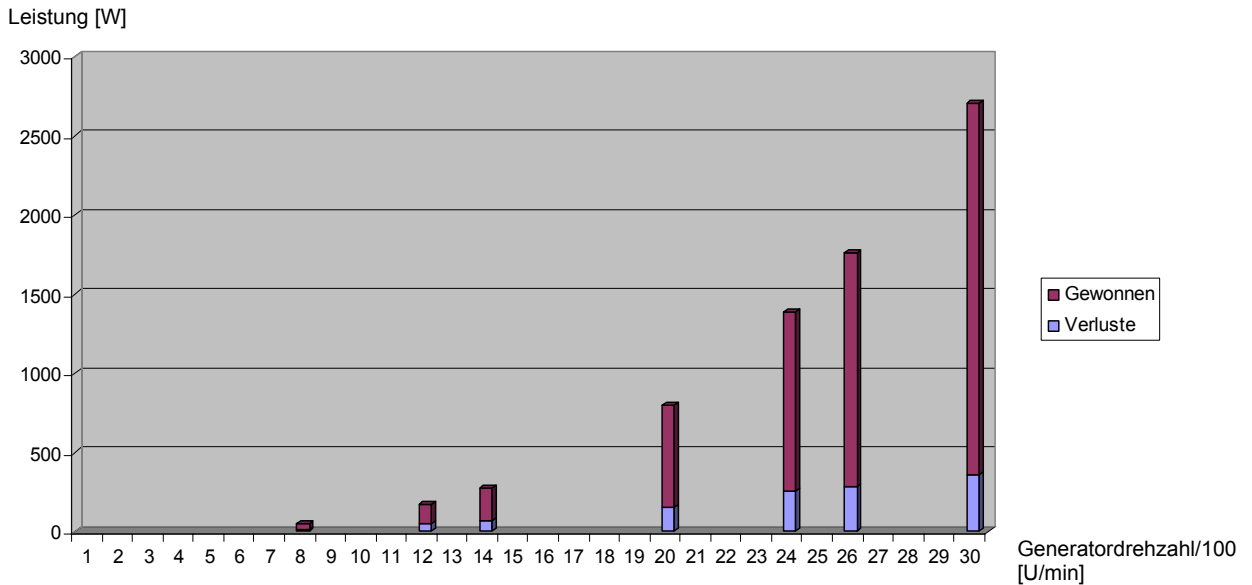
Qualitativ sind die Aussagen richtig, unterliegen jedoch gewissen Messeinflüssen die das Ergebnis verändern. Warum?

- 1) Das Drehmoment wurde nach besten Wissen und Gewissen eingestellt, unterliegt jedoch auch einer gewissen Streuung. (Vor allem im niedrigem Momentenbereich)
- 2) Es wurde auch der Servoregler mitgemessen. Dieser hat einen Wirkungsgrad von 96% - im Nennpunkt. Um die Synchronmaschine korrekt zu bewerten, ist dieser Wirkungsgrad zu berücksichtigen. -> max. Wirkungsgrad von der Synchronmaschine + Planetengetriebe wäre somit: ~90,5%.
- 3) Der Servoregler ist ein industrielles Antriebssystem und kein Messgerät. Allerdings zeigte eine Rückspeiseeinheit bei einer anderen Messung identische Werte, was die Glaubhaftigkeit der Messungen untermauert.

## 7) Vergleich zu getriebelosen Generatorsystemen:

Durch die Dichtungen im Getriebe ist ein gewisses Drehmoment notwendig, um dieses überhaupt drehen zu können. Dadurch verschlechtert sich der Wirkungsgrad im Teillastbereich.

Wenn man sich allerdings die absoluten Werte ansieht, relativiert sich dies:

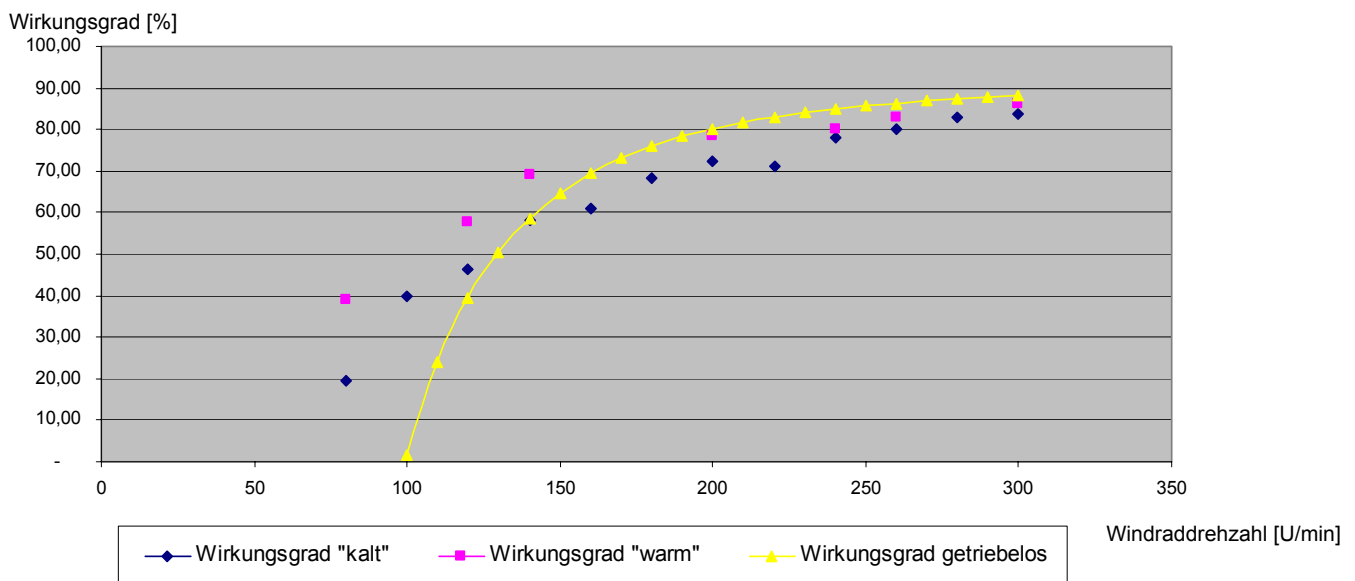


Man verliert wenig Watt bei kleinen Drehzahlen. Immerhin gewinnt man noch etwas.

Diesen Verlust hat man bei getriebelosen Antrieben nicht. Allerdings muss man das Gesamtsystem betrachten:

Das Planetensynchronsystem hat eine Bremse, welche zum Offenhalten 17W vernichtet. Ein getriebeloses System benötigt jedoch auch eine Bremse. Eine 100Nm Federdruckbremse benötigt eine Leistung von 90W.

Unterstellt man den getriebelosen Antrieb einen Wirkungsgrad von 95% über den gesamten Drehzahlbereich (was nicht realistisch ist) und berücksichtigt den Wirkungsgrad vom notwendigen Servoregler (oder anderer Elektronik) mit 96,25%, so ergibt sich unter Berücksichtigung der Bremsenleistung folgender Vergleich:



Im unteren Drehzahlbereich zeigt die Planetensynchronlösung deutliche Vorteile! Von 140 bis ca. 200 1/min liegen beide Systeme mehr oder weniger gleich auf. Ab ca. 200 1/min zeigt das getriebelose System einen Vorteil von 3-4%.

Da die Synchronmaschine in unserem Fall maximal nur zu 75% ausgelastet ist, könnte bei Verwendung einer kleineren Maschine diese Differenz noch aufgeholt werden.

Betrachtet man die ungemeinen Mehrkosten des getriebelosen Systems (bei der 2kW Klasse) von mehreren tausend Euro, so geht die Planetensynchronlösung als deutlicher Sieger hervor.