

Korrelation der Einspeisung aus Windkraftanlagen macht Grundlastfähigkeit in Deutschland unmöglich

geschrieben von Wolfgang Müller | 18. Juni 2014

Beim derzeitigen Ausbau sind alle Wind- und Solarenergieanlagen in Deutschland zusammen nicht grundlastfähig. Eine entsprechende populärwissenschaftliche Untersuchung wurde vom Verfasser im Internet unter www.vernunftkraft.de/statistik/ veröffentlicht. Dort wurde die Aussage getroffen, „dass die gesicherte Leistung aller Windkraftanlagen in Deutschland zusammen mit Null anzusetzen ist.“ Dieser Fall ist inzwischen eingetreten, als die gesamte Windleistung am 13. März 2014 auf 34 MW (das ist ein Promille der installierten Kapazität bzw. Nennleistung von 34.000MW) abgesunken ist. Der praktische Totalausfall der Windkraft ist also in Deutschland inzwischen eingetreten. An diesem Konsens unter Technikern und Wissenschaftlern ist nicht zu rütteln, schließlich sind die Einspeisekurven aller Windkraftanlagen in Deutschland öffentlich zugänglich. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn es hier nur „vage Aussagen“ in einschlägigen Studien gibt. Um diese Tatsache drückt sich die versammelte Lobby mit ihren nachgeordneten Instituten mit halbkonkreten Allgemeinplätzen herum.

Führt ein Ausbau der Windenergie zur Glättung der Einspeisung?

In der Bewertung des weiteren Ausbaus auf eine Vergleichmäßigung der Einspeisung gehen die Einschätzungen unter Wissenschaftlern weit auseinander. Dem Sinne nach vertritt etwa das IWES in Kassel die Auffassung, dass

ein weiterer Ausbau zur Glättung und damit zur Vergleichmäßigung der Einspeisung führt. So heißt es in der am IWES in Kassel gefertigten „Agora Kurzstudie zur Entwicklung der Windenergie in Deutschland“ z. B.: *„Eine großräumige Verteilung der Anlagen führt folglich zu einer Glättung der Einspeisung.“*

Wer sich jemals mit mathematischer Statistik befasst hat, sieht „auf den ersten Blick“, dass diese These mathematisch unhaltbar ist. Die Streuung oder Variabilität einer zufälligen Größe wie etwa die geworfene Augenzahl einer Folge von 50 Würfeln mit einem Würfel wird in der Mathematik durch die sogenannte Varianz „gemessen“. Wenn man nun dieses Würfel-Experiment mit 2 Würfeln durchführt (und damit den Ausbau der Windkraft in dieses Experiment einbezieht, weil mit mehr Würfeln gewürfelt wird) und die

Summe der Augenzahlen bildet und die Streuung dieser Summe betrachten, zeigt sich, dass die Streuung (und die Varianz!) der Summe steigt und nicht sinkt. Diese Aussage ist evident, weil die Zahlen bei einem Würfel zwischen 1 und 6, bei zwei Würfeln zwischen 2 und 12 schwanken. Dahinter verbirgt sich der Additionssatz für die Varianz der mathematischen Statistik. Er besagt, dass sich die Varianz einer Summe zufälliger Zahlen als Summe der Varianzen der einzelnen Zufallszahlen ergibt. Mit jedem weiteren Summanden steigt die Varianz und damit die Streuung und letztlich die Variabilität.

Die Schlussfolgerung an dieser Stelle lautet zweifelsfrei:

Ein Ausbau der Windkraft erhöht die Streuung der Einspeisung. Die von

*IWES- Wissenschaftlern aufgestellte
Behauptung zur Glättung steht im
klaren Widerspruch zu eindeutigen
Sätzen der mathematischen Statistik.
Die Behauptung ist schlicht falsch!*

**Wird die
Einspeisung durch
den Ausbau der
Windkraft
verstetigt?**

**Betrachtet man die
Frage der
gegenseitigen**

**Ergänzung von
Windkraftanlagen
zu einer
„Verstärkung“ der
Einspeisung, muss
etwas genauer
hingesehen werden.
Die tieferen
Zusammenhänge aus
der mathematischen
Statistik sind
allerdings „etwas**

kniffliger“

(neudeutsch: more sophisticated):

Das geschilderte

Würfel-Experiment

wollen wir nun mit

3, 4, 5 und

schließlich mit

einer sehr großen

Zahl an Würfeln

durchführen und

die Summe der

**geworfenen
Augenzahlen dabei
betrachten. Diese
Summe wollen wir
in Gedanken
bilden, weil die
Einspeisungen
aller einzelnen
Windkraftanlagen
in unserem
Verbundnetz völlig
analog in jedem**

**Augenblick addiert
werden. Wenn wir
dieses Experiment
mit 50 Würfeln
durchführen sind
folgende Aussagen
unmittelbar klar:**

**· Als Summe wird
sich sehr selten
die Zahl 50 oder
300 ergeben, weil**

**es sehr
unwahrscheinlich
ist, dass 50 Mal
die Augenzahl 1
oder 6 fallen
wird,**

**Die Zahl 175 wird
häufig vorkommen,
weil es viele
Kombinationen aus
Augenzahlen gibt,**

die zu der Summe von 175 führen.

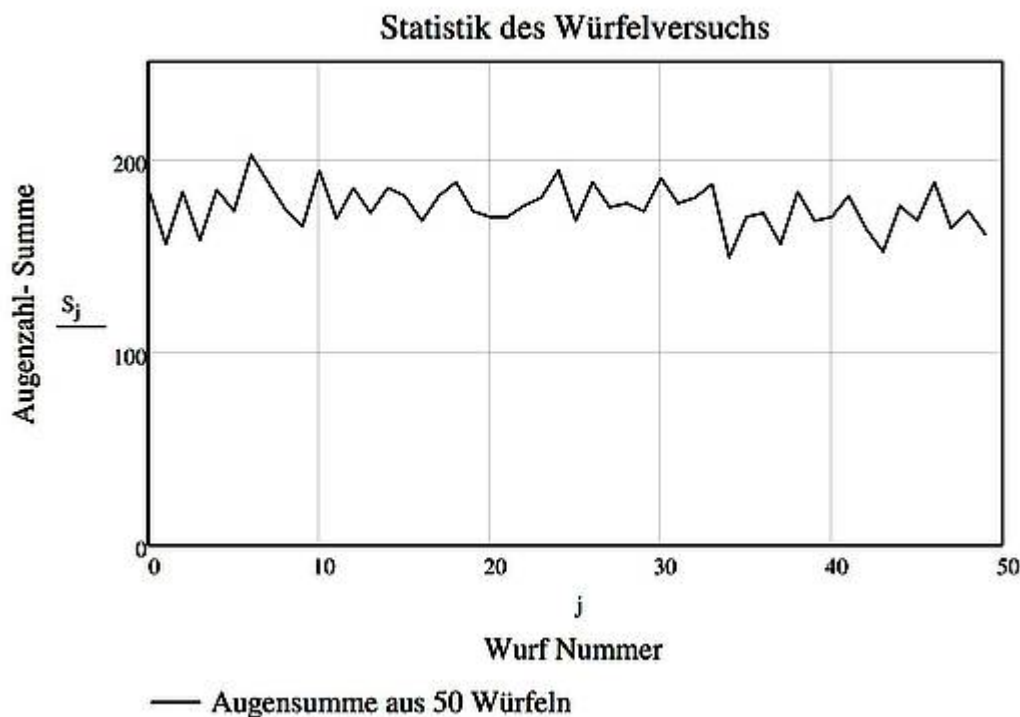


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 1 Summe der Augenzahlen bei 50 Würfeln

Wertet man die Häufigkeitsverteilung

**ung dieser Summe
aus, stellt man
fest, dass diese
Summe ungefähr
entsprechend der
bekannten
Normalverteilung
nach Gauß verteilt
ist. Diese
Erkenntnis ist die
Aussage eines
fundamentalen**

**Satzes der
mathematischen
Statistik, des
sogenannten
„Zentralen
Grenzwertsatzes“.
Er besagt
folgendes: Bildet
man die Summe aus
einer großen
Anzahl zufälliger
Zahlen, dann folgt**

**diese Summe einer
Normalverteilung
umso genauer, je
größer die Anzahl
der Summanden ist.
Beim beschriebenen
Würfelexperiment
wird also die
Summe der
Augenzahlen um den
Wert 175
schwanken, der**

**kleinste Wert kann
50, der größte
Wert kann 300
sein. Würde man
die Summe der
Augenzahlen als
die aus 50
einzelnen
Einspeisungen
gebildete Summe
der Einspeise-
Leistungen**

**auffassen, so kann
zunächst die
Aussage getroffen
werden, dass diese
gedachte zufällige
„Leistung“
grundlastfähig
ist, schließlich
fällt sie
praktisch nie auf
den Wert Null ab
und schwankt um**

**einen Mittelwert.
Der aus 50 Würfeln
nacheinander
gebildete Verlauf
der Summe ist in
Abbildung 1
dargestellt. Man
erkennt, dass die
Summen-Augenzahl
um einen
Mittelwert
schwankt und**

**praktisch nie auf
kleine Werte
abfällt.**

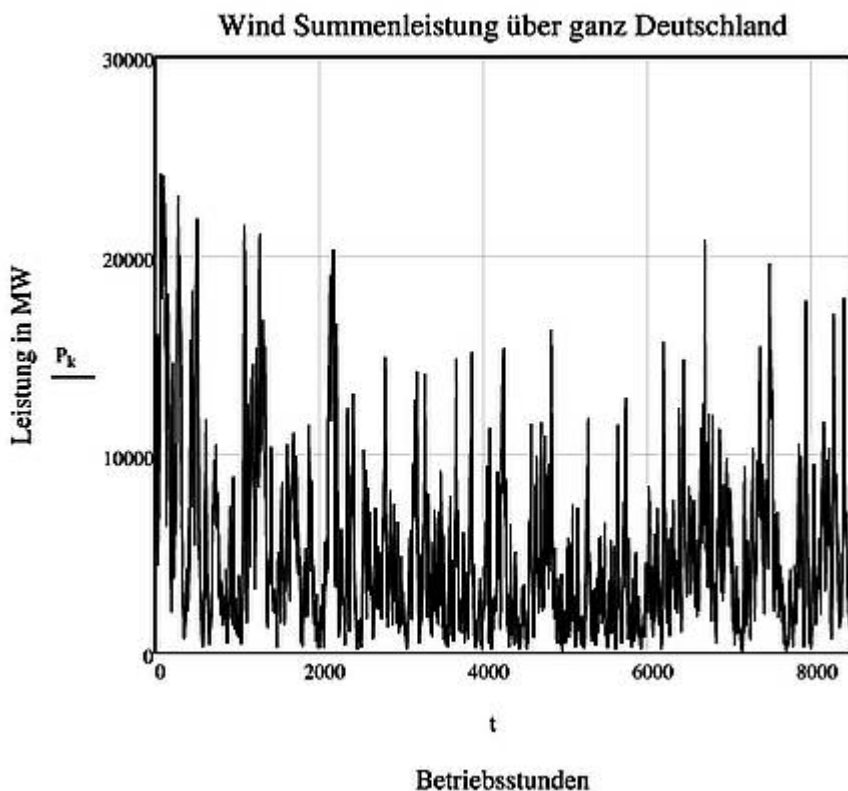


Abbildung SEQ

Abbildung * ARABIC

2 Tatsächliche

Einspeisung der

Windkraftanlagen

in Deutschland

Nun bildet das

elektrische Netz

in Deutschland die

Summe der

Einspeisungen aus

24000

Windkraftanlagen.

Die Anzahl dieser

Summanden

übersteigt also

**statistisch die
hier verwendete
Zahl von 50
Würfeln um
Größenordnungen.
Aufgrund des
vorgenannten
Würfel-Experiments
ist also zu
erwarten, dass die
Summe der
Einspeisungen auf**

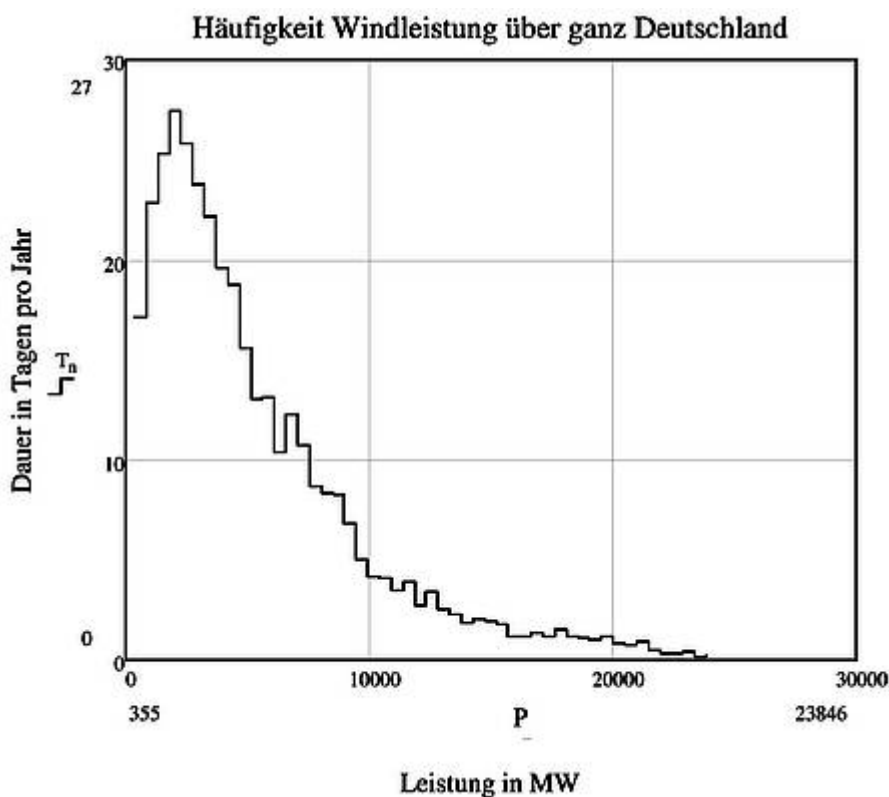
**einen
gleichmäßigen
Kurvenverlauf
führt, der dem in
Abbildung 1
zumindest ähneln
müsste.**

**Das ist ohne jeden
Zweifel nicht der
Fall: Der Verlauf
der Einspeisung
zeigt das bekannte**

Schwankungsverhalten mit den extremen Ausschlägen der eingespeisten Leistung. Darüber hinaus folgt die Summeneinspeisung aller Windkraftanlagen Deutschland nicht der

**Normalverteilung
nach Gauß
(Abbildung 3).
Damit steht der
Verlauf der
tatsächlichen
Einspeiseleistung
zunächst sehr
augenscheinlich im
Widerspruch zu den
Aussagen, die der
Zentrale**

Grenzwertsatz der mathematischen Statistik für die eingespeiste Windleistung erwarten ließe



Die Übertragung

**der Resultate aus
dem einfachen
Würfelexperiment
auf die
Summeneinspeisung
der
Windkraftanlagen
ist ganz
offensichtlich
ungerechtfertigt.**

**Worin
liegt nun
der
Fehler?**

Zunächst

**ist die
eingespei
ste
Leistung
eines
einzelnen**

Windrads

anders

verteilt

als die

Augenzahl

beim

Würfeln.

Letztere

ist

gleichmäßig

ig

verteilt,

d. h.

jede

Augenzahl

ist

gleich

wahrscheinlichkeit

nlich =

1/6,

entsprech

end einer

Wahrschei

nlichkeit

von

16,67%.

Bei einem

Windrad

sind

kleine

**Leistungen
n sehr
viel
wahrscheinlicher
als**

große.

Das ist

allerding

s nicht

der Grund

für die

**Abweichun
g der
Kurvenver
läufe,
schließli
ch kann**

**man den
„Zentrale
n
Grenzwert
satz“ der
Statistik**

**auf jede
Art von
Verteilun
g
verallgem
einern. [1**

1

Der

Unterschi

ed

zwischen

dem

**Würfeler
such mit
50**

**Würfeln
und der**

Addition

der

Einspeisu

ngen aus

24000 (!)

Windräder

n besteht

**darin,
dass die
geworfene
Augenzahl
eines
jeden**

**Würfels
mit der
eines
anderen
Würfels
„nichts**

zu tun

hat“ . Die

geworfene

n

Augenzahl

en aller

**Würfel
sind in
statistis
chem
Sinne
unabhängig**

g

voneinander

er. Diese

Aussage

gilt für

die

**Einspeisungen der
einzelnen
Windräder
nicht,
weil die**

**Windgesch
windigkeit
an den
verschied
enen
Windradst**

andorten

bei

praktisch

jeder

Wetterlag

e in

**großen
Flächen
ähnlich
ist, d.
h. die
einzelnen**

**Einspeisungen sind
nicht statistisch
unabhängig**

g

voneinander

er. Wenn

der Wind

im Norden

von

Hessen

stark

weht, ist

das

praktisch

immer

**auch im
Süden von
Hessen
der Fall.
Diese
Aussage**

ist bei

der

üblichen

Größe von

Tiefdruck

gebieten

auch

naheliege

nd und

gilt

sinngemäß

für jedes

**Bundesland
d. Diese
simple
Tatsache
bewirkt,
dass hohe**

ebenso

wie

niedrige

Einspeisu

ngen

praktisch

immer

gleichzei

tig in

großen

Flächen

auftreten

**. Man
sagt, die
Einspeisu
ngen sind
untereina
nder**

**korrelier
t, d. h.
im
großfläch
igen
Umfeld**

einer

stichprob

enartig

gewählten

Referenza

nlage

kann man

die

Einspeisu

ngen

aller

Anlagen

**auf diese
eine
Referenza
nLage
zurückfüh
ren. Wenn**

**man die
eingespei
ste
Leistung
einer
Referenza**

n Lage

kennt,

kann man

also die

Leistunge

n aller

Anlagen

im

großfläch

igen

Umfeld

aus der

**Leistung
der
Referenzan
lage mit
hoher
Wahrschein**

nlichkeit

ermitteln

. Diese

Tatsache

ist der

Inhalt

**der
statistische
chen**

**Korrelation.
Für**

die

gesamte

FLäche

von

Deutschla

nd

entspricht

t also

jede

Referenza

nlage im

statistis

chen

Sinne

gerade

einem

Würfel

aus dem

Würfellexp

**eriment,
womit die
Frage
gestellt
ist,
durch wie**

vieler

Referenzen

anlagen

die

Einspeisu

ng in

**Deutschla
nd**

**dargestel
lt, also**

**verstande
n werden**

kann .

Diese

Zahl

bemisst

die

Intensität

t der

Korrelati

on. Ist

diese

Zahl

klein, so

**ist die
Korrelati
on stark
ausgepräg
t, ist
diese**

Zahl

groß, ist

die

Korrelati

on eher

schwächer

**. Das
Würfelexp
eriment
hat
gezeigt:
Je größer**

**diese
Zahl,
desto
besser
können
die**

**Einspeisungen
sich untereinander
ausgleichen.
Ist**

diese

Zahl

jedoch

klein,

ist ein

gegenseit

iger

Ausgleich

der

Einspeisu

ngen zwar

grundsätz

lich

möglich,

die

Leistunge

n können

aber

**immer
wieder
auf sehr
kleine
Werte
absinken,**

weil es

bei

weniger

als 5

unabhängi

gen

**Referenzen
in
Lagen
häufig
vorkommt,
dass die
Einspeisu**

**ng aller
Anlagen
auf sehr
kleine
Werte
absinkt.**

**In diesem
Fall ist
die
Summenein
speisung
prinzipie**

**ll nicht
grundlast
fähig. In
diesem
Zusammenh
ang haben**

Windkraft

anlagen

ein

weiteres

Problem:

Niedrige

**Leistungen
kommen**

sehr

häufig

vor, sind

also sehr

**wahrscheinlich,
hohe
Leistungen
sind
selten,**

sind also

eher

unwahrsch

einlich.

Diese

Tatsache

schlägt

sich dann

in der

Häufigkei

tsverteil

ung der

Summenein speisung nieder, die in Abbildung 3

dargestellt ist.

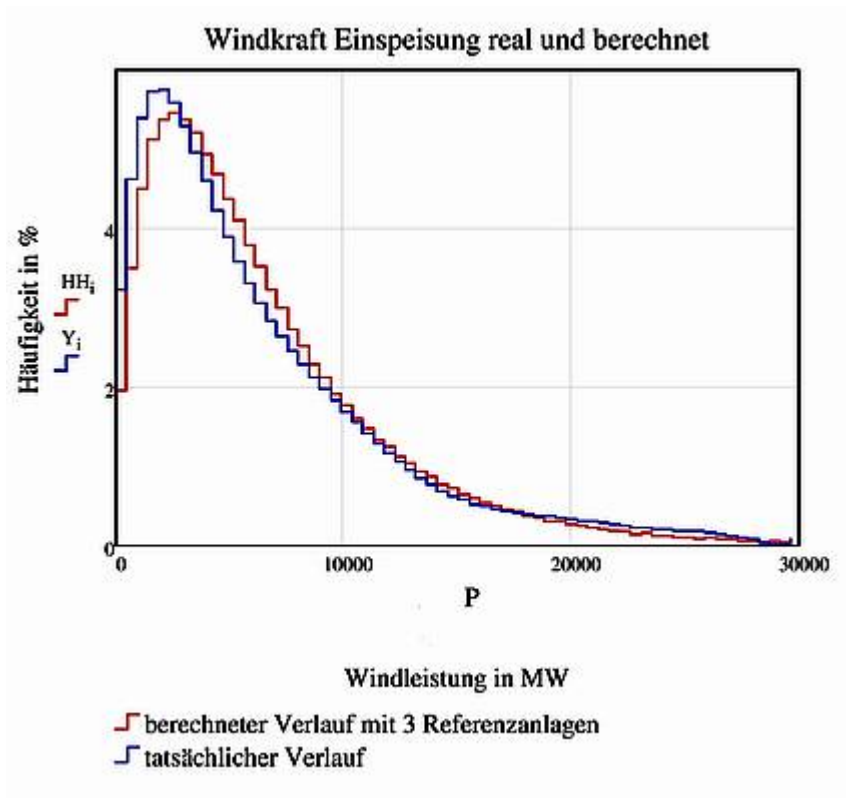


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 4 Häufigkeit der tatsächlichen und der aus 3 Referenzanlagen berechneten Einspeisung

Diese Verteilung ist ohne jeden Zweifel nicht nach Gauß normalverteilt, woraus unmittelbar gefolgert werden kann, dass zu deren Analyse eine kleine Anzahl unabhängiger Referenzanlagen ausreicht.

**Es lässt
sich
nachweise
n, dass
diese**

**„kleine
Anzahl“
lediglich
bei 3
liegt, d.
h. die**

gesamte

Summenein

speisung

in

Deutschla

nd kann

**auf nur 3
Referenzen
in Anlagen
zurückgef
ührt
werden .**

Dieser

Zusammenh

ang ist

in

Abbildung

4

dargestel
lt. Die
Einspeisu
ngen
aller
Anlagen

**sind also
untereinander
hochgradig
korrelier**

t.

Obgleich

also

diese 3

Referenzen

nLagen

**untereinander
nicht
korrelieren
sind,
können**

alle

23997

restliche

n Anlagen

auf diese

3

**Referenzen
anlagen
zurückgef
ührt
werden.
Die in**

der

genannten

Agora

Studie

auf Seite

13

**veröffent
lichte
Erkenntni
s, „dass
Anlagen
an**

verschied

enen

Standorte

n sich

ergänzen

können“

ist

sicher

korrekt,

gleichwohl

↳ folgt

daraus

**nicht,
dass sich
die
unterschi
edlichen
Einspeisu**

ngen zu

einer

Grundlast

ergänzen.

Wie man

in der

**Mathemati
k sagt,
ist die
Bedingung
der
statistis**

chen

Unabhängi

gkeit

zweier

Einspeisu

ngen für

die

Grundlast

fähigkeit

zwar

notwendig

, aber

nicht

hinreichende

nd.

Es kommt

nicht

darauf

an, ob

sich

einzelne

Anlagen

an

unterschi

edlichen

Standorte

n

untereina

nder

ergänzen

können

(also

statistis

ch

unabhängi

g

**voneinander
er sind),
sondern
wie groß
die Zahl
der**

Anlagen

ist, die

an

verschied

enen

Standorte

n

statistisch

ch

unabhängig

g

voneinander

er sind.

Wenn sich

die

Summenein

speisung

aller

Anlagen

in

Deutschland

nd

aktuell

auf nur 3

statistisch

ch

unabhängig

ge

Referenzen

n¹lagen

zurückfüh

ren

lässt,

kann

vernünftig

gerweise

**nicht
erwartet
werden,
dass die
Anzahl
der**

**Referenzen
anlagen
und damit
der
statistisch
ch**

**unabhängi
gen**

**Einspeisu
ngen**

**durch den
Zubau an**

Anlagen

wesentlich

h

anwachsen

wird.

Ein

Ausbau

der

Windkraft

kann

aufgrund

der

erwiesene

rmaßen

ausgepräg

ten

Abhängigk

eit der

***Einspeisungen
untereinander
nicht zu
einer***

***Verstetig
ung der
Leistung
führen.
Die vom
IWES im***

Auftrag

von Agora

aufgestel

lte

Behauptun

g wäre

zwar

wünschens

wert,

erweist

sich aber

als

unzutreffend und widerspricht dem Zentralen Grenzwert

***satz,
einem
fundament
alen Satz
der
mathemati***

schen
Statistik
, der
schon
1922 von
dem

Mathemati

ker

Lindeberg

bewiesen

wurde.

Fazi

t :

1.

Aufg

rund

von

fund

amen

tale

n

Sätze

en

der

math

emat

isch

en

Stat

isti

k

ist

die

s u m m

a r i s

c h e

Eiñs

peis

ung

aus

wind

kraft

tant

agen

in

der

Fläc

he

von

Deut

scht

and

prin

zipi

ell

nich

t

g r u n

d l a s

t f ä h

ig.

Der

Ausb

au

der

wind

kraf

t in

unse

rem

Land

kann

und

wird

dara

n

**n
i
c
h**

**t
s**

wese

ntli

ches

ände

rn.

2.

Die

Leis

tung

sspi

tzen

werd

en

durc

h

den

Ausb

au

der

wind

kraft

t

weit

er

anst

eigige

n

und

die

beka

nn te

n

Prob

Leme

der

über

prod

ukti

on

von

nich

tver

wert

bare

n

stro

m

mit

Ausw

üchs

en

wie

den

sogge

nann

ten

Nega

tivp

reïis

en

an

der

Börs

e

weit

er

vers

chäär

fen.

3.

Es

gibt

kein

e

groß

tech

nisc

h

verf

ügba

re

effi

zien

te

Spei

cher

tech

noto

gie

zur

Nutz

ung

der

anst

eige

nden

Leis

tung

s s p i

t z e n

, s o

dass

das

stro

mnet

z

ohne

Kraf

twer

ke

im

Hint

erg

und

nich

t

betr

iebe

n

w e r d

e n

k a n n

■

■
Hier

■
bei

ist

es

völl

ig

glei

chgü

utting

, ob

die

e

mit

Gas ,

Brau

n -

oder

Stein

nkoh

Le

betr

iebe

n

w e r d

e n .

D e r

Auss

tiég

aus

den

Kern

kraft

twer

ken

erzw

ingt

eine

n

Ausb

au

der

konv

enti

oneł

Len

Kraf

twer

ke .

Die

mit

der

Stro

mp ro

dukt

ion

verb

unde

nen

Kohl

endi

oxid

-

**Emis
sion
en**

w e r d

e n

a n s t

eigige

n

und

n i c h

t

s i n k

en .

[1]

Für

den

Fach

mann

: In

der

math

emat

isch

en

Lite

ratu

r

ist

dies

e

Auss

age

als

Ljap

unov

■

Bedi

ngun

g

beka

nn t .