

Korrelation der Einspeisung aus Windkraftanlagen macht Grundlastfähigkeit in Deutschland unmöglich

Beim derzeitigen Ausbau sind alle Wind- und Solarenergieanlagen in Deutschland zusammen nicht grundlastfähig. Eine entsprechende populärwissenschaftliche Untersuchung wurde vom Verfasser im Internet unter www.vernunftekraft.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 betrachtet, 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**

**„Verstetigung“ 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.**

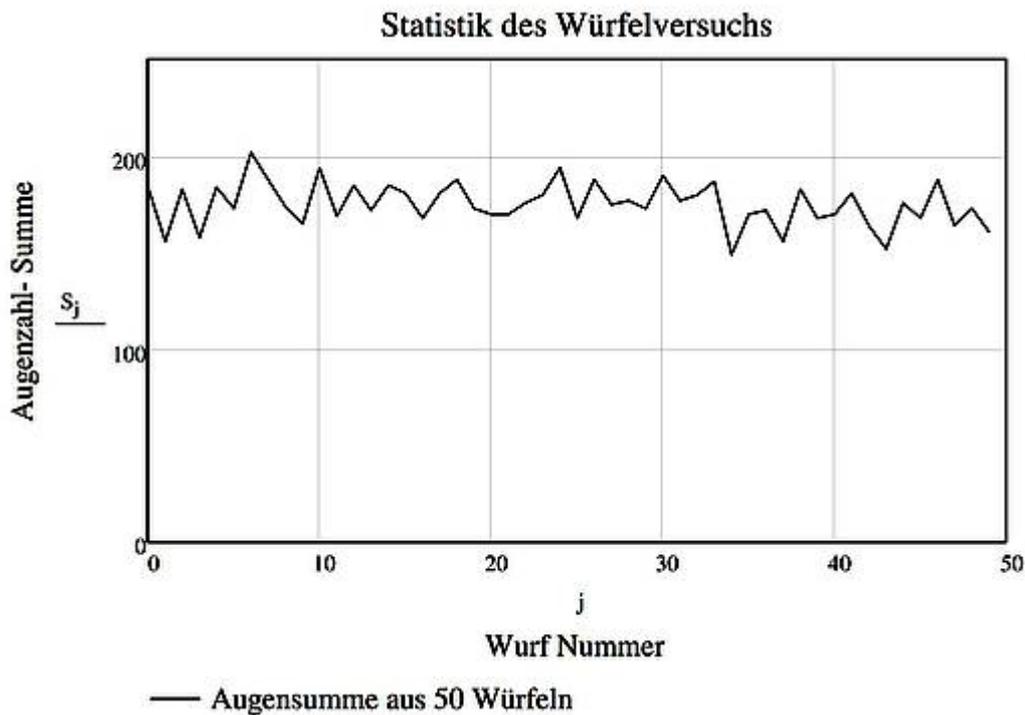


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 1 Summe der Augenzahlen bei 50 Würfeln

Wertet man die Häufigkeitsverteilung 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.**

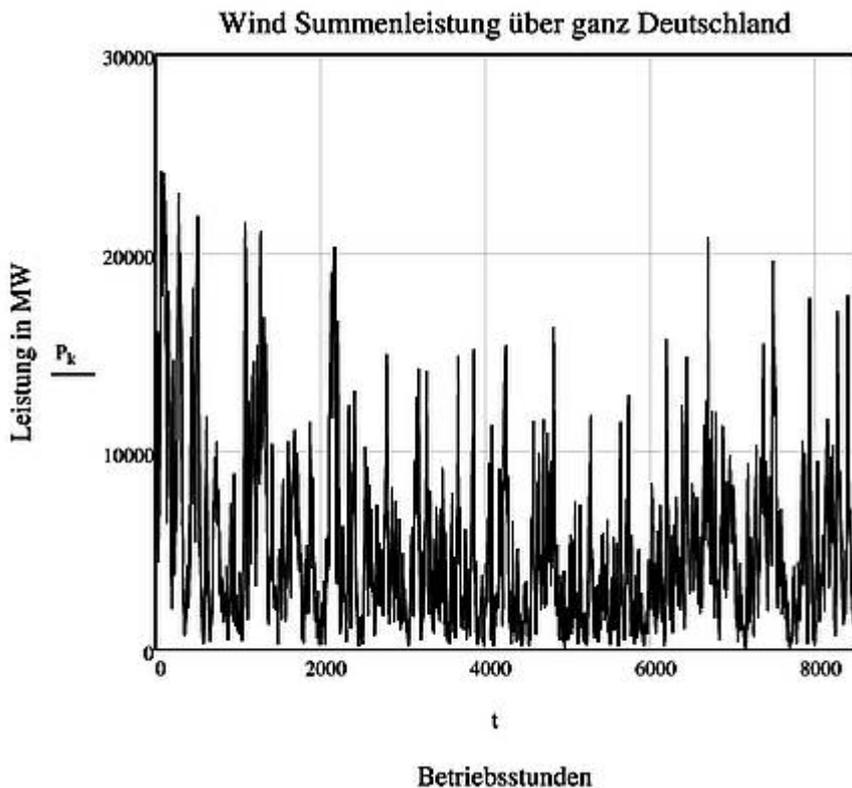


Abbildung SEQ
Abbildung * ARABIC
2 Tatsächliche
Einspeisung der
Windkraftanlagen in
Deutschland

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**

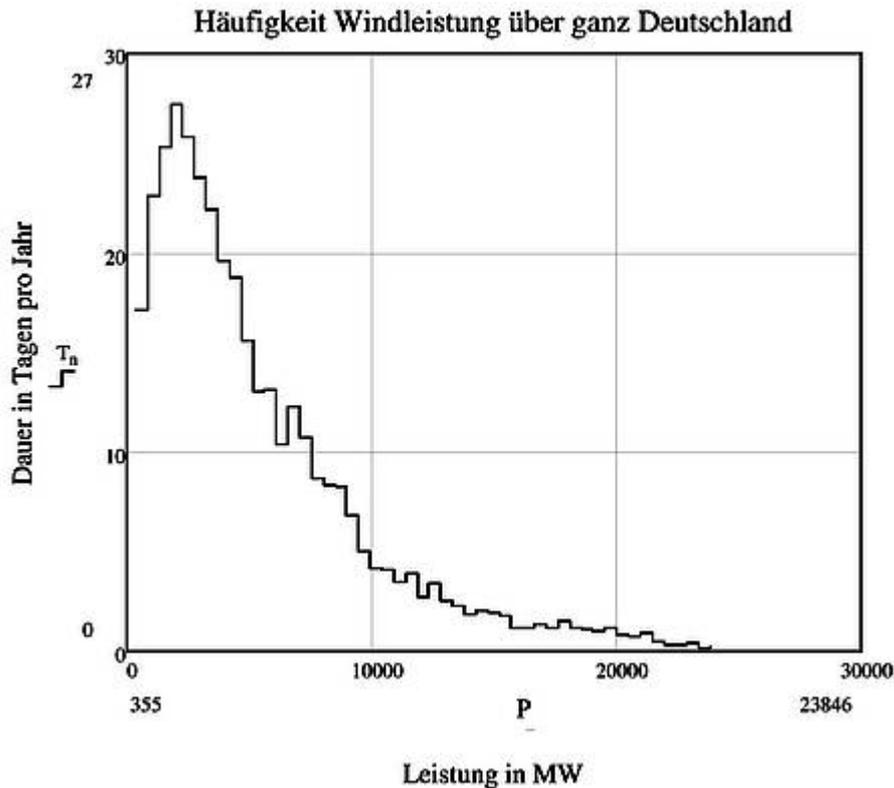
**Abbildung 1
zumindest ähneln
müsste.**

**Das ist ohne jeden
Zweifel nicht der
Fall: Der Verlauf
der Einspeisung
zeigt das bekannte
Schwankungsverhalte
n 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
verteilt,
d. h.**

jede
Augenzahl
ist
gleich
wahrscheinlich =

**1/6 ,
entsprech
end einer
Wahrschei
nlichkeit
von**

16,67%.

**Bei einem
Windrad
sind
kleine
Leistunge**

n sehr
viel
wahrschein
licher
als
große .

**Das ist
allerding
s nicht
der Grund
für die
Abweichun**

**g der
Kurvenver
läufe,
schließlich
ch kann
man den**

**„Zentrale
n
Grenzwert
satz“ der
Statistik
auf jede**

Art von
Verteilun
g

verallgem
einern. 1

1

**Der
Unterschied
zwischen
dem
Würfelver**

such mit

50

Würfeln

und der

Addition

der

**Einspeisungen aus
24000 (!)
Windrädern 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
unabhängi
g**

**voneinander.
Diese
Aussage
gilt für
die
Einspeisu**

**ungen der
einzelnen
Windräder
nicht,
weil die
Windgesch**

windigkei

t an den

verschied

enen

Windradst

andorten

**bei
praktisch
jeder
Wetterlag
e in
großen**

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

**ngen sind
nicht
statistis
ch
unabhängi
g**

**voneinander . 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
n Lage
zurückfüh
ren . Wenn
man die**

eingespei

ste

Leistung

einer

Referenza

nlage

**kennt ,
kann man
also die
Leistunge
n aller
Anlagen**

im

großfläch

igen

Umfeld

aus der

Leistung

der

Referenza

nlage mit

hoher

Wahrschei

nlichkeit

ermitteln

. Diese

Tatsache

ist der

Inhalt

der

**statistisch
chen**

Korrelati

on. Für

die

gesamte

Fläche

von

Deutschla

nd

entspricht

also

**jede
Referenz
an Lage im
statistis
chen
Sinne**

gerade

einem

Würfel

aus dem

Würfelexp

eriment,

womit die
Frage
gestellt
ist,
durch wie
viele

**Referenzen
anlagen
die
Einspeisu
ng in
Deutschla**

nd

dargestel

lt, also

verstande

n werden

kann .

Die

Zahl

bemisst

die

Intensität

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

Würfel-Experiment

hat

gezeigt:

Je größer

diese

**Zahl,
desto
besser
können
die
Einspeisu**

**ngen sich
untereina
nder
ausgleich
en. Ist
diese**

Zahl

jedoch

klein,

ist ein

gegenseit

iger

**Ausgleich
der
Einspeisungen zwar
grundsätzlich**

**möglich,
die
Leistungen
können
aber
immer**

wieder
auf sehr
kleine
Werte
absinken,
weil es

**bei
weniger
als 5
unabhängi
gen
Referenza**

n 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

Leistunge

n kommen

sehr

häufig

vor, sind

also sehr

wahrscheinlich

nlich,

hohe

Leistunge

n sind

selten,

sind also

eher

unwahrscheinlich.

Die

Tatsache

schlägt

**sich dann
in der
Häufigkei
tsverteil
ung der
Summenein**

**speisung
nieder,
die in
Abbildung
3
dargestel**

It ist.

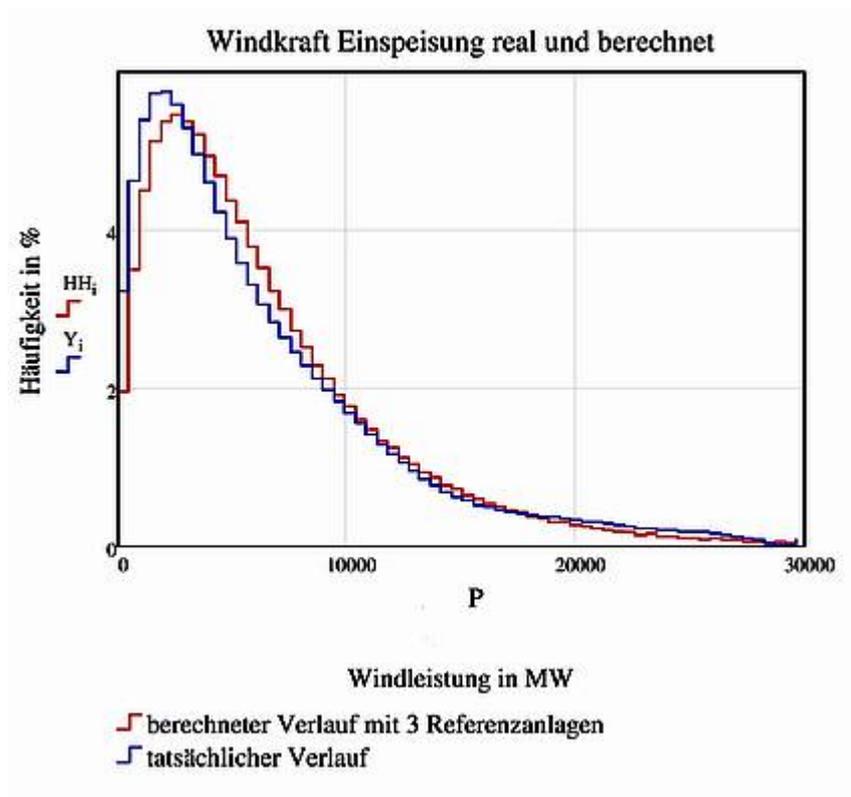


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 4 Häufigkeit der tatsächlichen und der aus 3 Referenzanlagen berechneten Einspeisung

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

in

**untereinander
nicht
korrelieren
sind,
können**

alle

23997

restliche

n Anlagen

auf diese

3

**Referenzen
in 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

unabhängig

**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

Deutschla

nd

aktuell

**auf nur 3
statistis
ch
unabhängi
ge
Referenza**

n¹lagen

zurückfüh

ren

lässt,

kann

vernünftig

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

**der
Referenzan-
lagen
und damit
der
statistis**

ch

unabhängig

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
Einspeisu
ngen
untereina
nder
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
unzutreff
end und
widerspri
cht 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

Satz

en

der

math

emat

isch

en

Stat

isti

k

ist

die

summ

aris

che

Eins

peis

ung

aus

wind

kraft

tant

agen

in

der

Fläche

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

n i c h

t v e r

w e r t

bare

n

stro

m

mit

Ausw

üchs

en

wie

den

sogge

nann

ten

Nega

ti v p

reïis

en

an

der

Börs

e

weit

er

vers

chär

fen .

3.

Es

gibt

kein

e

groß

tech

nis

h

verf

ügba

re

effi

zien

te

Spei

cher

tech

no to

gie

zur

Nutz

ung

der

anst

eige

nden

Leis

tung

sspi

tzen

,so

dass

das

stro

mnet

z

ohne

Kraf

twer

ke

im

Hint

erg r

und

nicht

t

bet r

i e b e

n

w e r d

e n

k a n n

■

■
Hier

■
bei

ist

es

völl

ig

glei

chgü

utting

, ob

dies

e

mit

Gas ,

Brau

n -

oder

Stein

nkoh

Le

bet r

i e b e

n

w e r d

e n .

D e r

Auss

tiég

aus

den

Kern

kraf

twer

ken

erzw

ingt

eine

n

Ausb

au

der

konv

enti

onel

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 .

[11]

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 .