

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 verfertigten „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
„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.

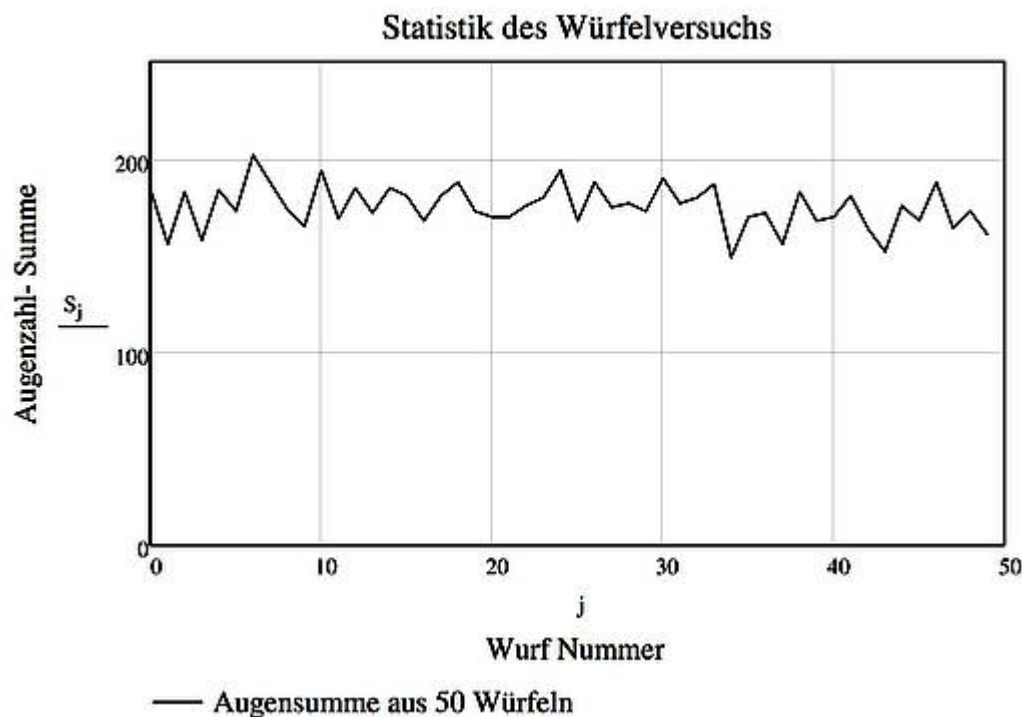


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 1 Summe der Augenzahlen bei 50 Würfeln

Wertet man die Häufigkeitsverteil

**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**

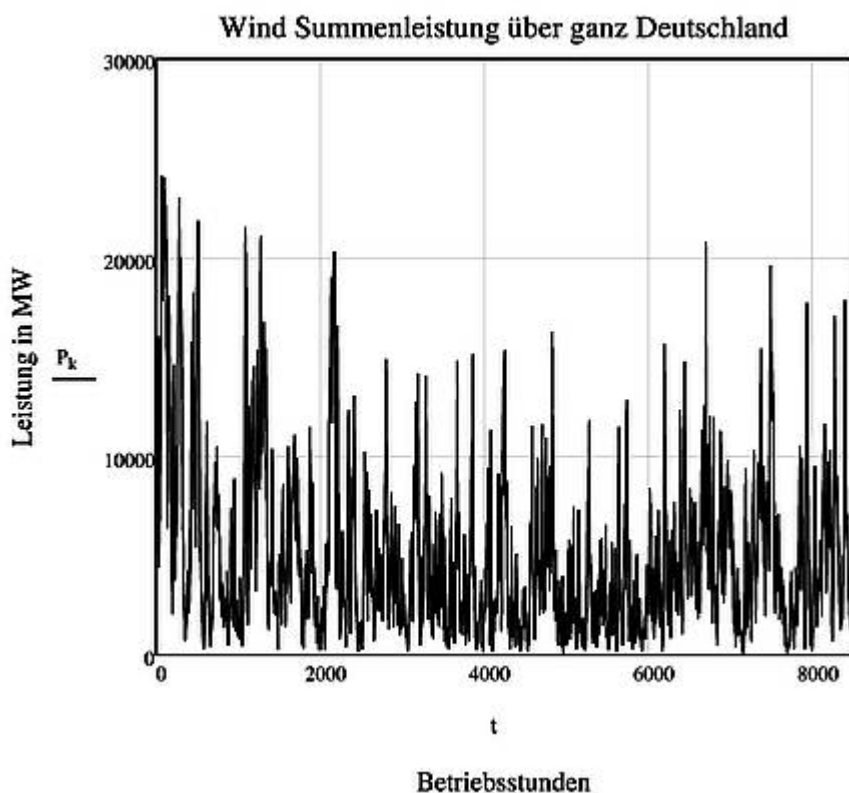
**diese Summe einer
Normalverteilung
umso genauer, je
größer die Anzahl
der Summanden ist.
Beim beschriebenen
Würfelexperiment
wird also die
Summe der
Augenzahlen um den
Wert 175
schwanken, der**

**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

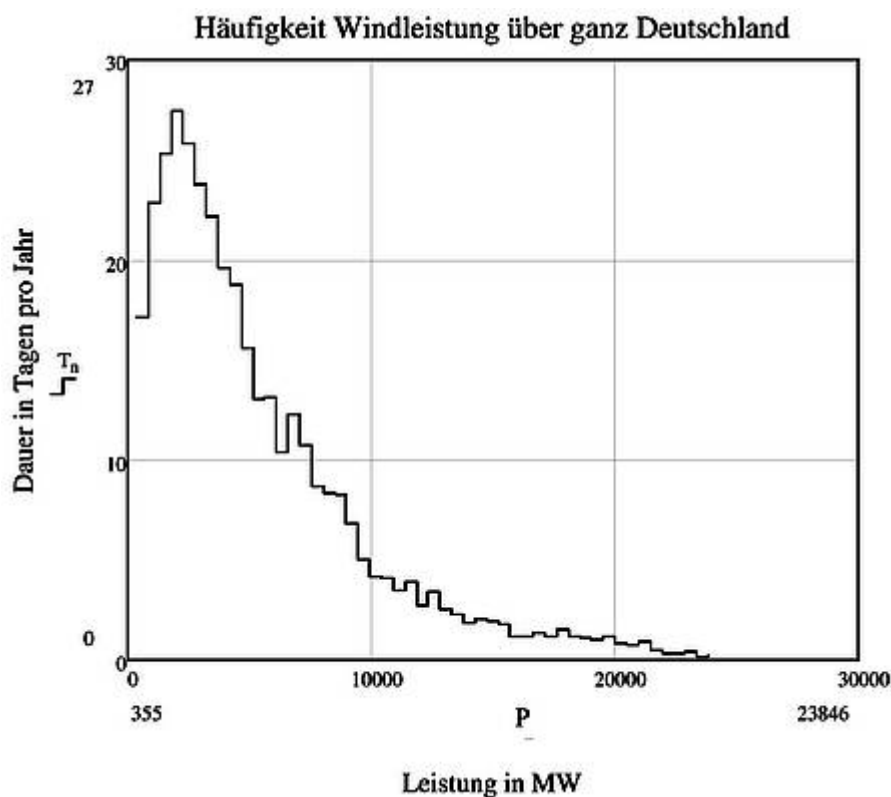
augenscheinlich im

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

wahrschein

nlich =

1/6,

entsprech

end einer

Wahrschei

nlichkeit

von

16,67%.

**Bei einem
Windrad
sind
kleine**

**Leistungen
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

Unterschi

ed

zwischen

dem

**Würfelver
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
unabhängi**

**g
voneinander.
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**

Bundeslan

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
n¹lage
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
Referenza
anlage mit
hoher
Wahrscheinlichkeit**

**nlichkeit
ermitteln**

**. Diese
Tatsache
ist der
Inhalt**

der

statistis

chen

Korrelati

on. Für

die

gesamte

Fläche

von

Deutschla

nd

entspricht

t also

jede

Referenza

nlage im

statistis

chen

Sinne

gerade

einem

Würfel

aus dem

Würfelexp

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

viele

Referenza

nlagen

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
grundsätzlich**

**lich
möglich,
die
Leistunge
n können
aber**

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

weil es

bei

weniger

als 5

unabhängi

gen

**Referenza
nːlagen
häufig
vorkommt,
dass die
Einspeisu**

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

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

**11 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.

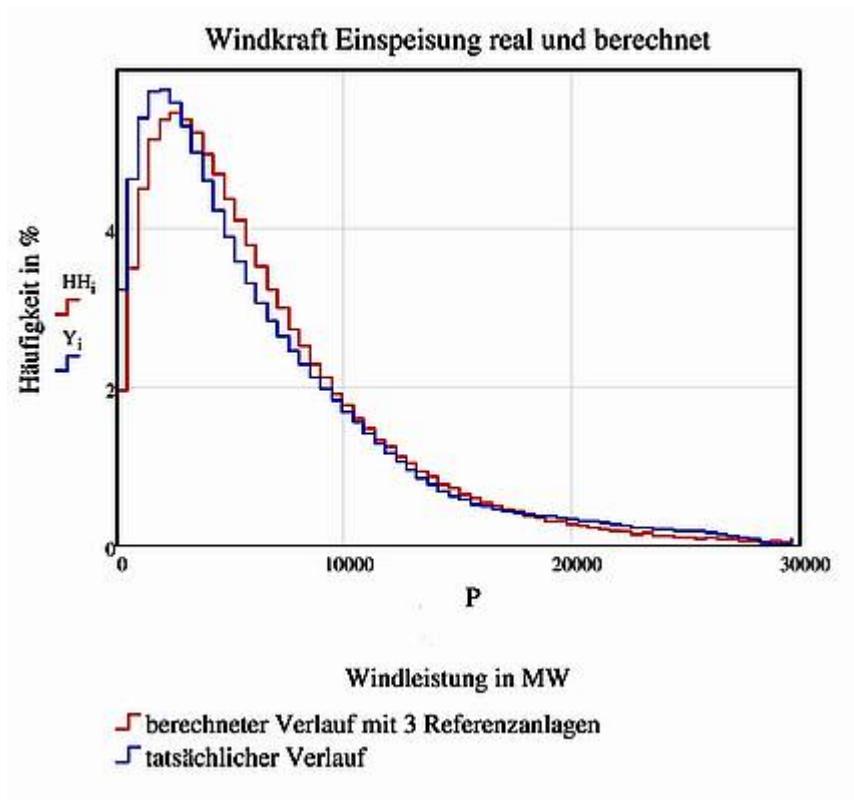


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 4 Häufigkeit der tatsächlichen und der aus 3 Referenzanlagen berechneten Einspeisung

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

Referenza

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**

***verschiedenen
Standorten
sich
ergänzen
können“***

ist

sicher

korrekt,

gleichwohl

1 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.**

**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

Deutschla

nd

aktuell

auf nur 3

statistisch

unabhängige

Referenzanlagen

**zurückfüh
ren**

lässt,

kann

vernünftig

gerweise

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

**Referenza
n₁lagen
und damit
der
statistis
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***

***unzutreff
end und
widerspri
cht dem
Zentralen
Grenzwert***

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

schen
Statistik
, der
schon
1922 von
dem

Mathematiker

***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

tanl

agen

in

der

Fläc

he

von

Deut

schl

and

prin

zipi

ell

nich

t

grun

das

tfäh

ig.

Der

Ausb

au

der

Wind

kraf

t in

unse

rem

Land

kann

und

wird

dara

n

nisch

ts

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

eig

n

und

die

beka

nn te

n

Prob

leme

der

Über

prod

ukti

on

von

nicht

tver

wert

bare

n

Stro

m

mit

Ausw

üchs

en

wie

den

soge

nann

ten

Nega

tivp

reis

en

an

der

Börs

e

weit

er

vers

chär

fen.

3.

Es

gibt

kein

e

groß

tech

nisc

h

verf

ügba

**re
effi
zien**

te

Spei

cher

tech

nolo

gie

zur

Nutz

ung

der

anst

eige

nden

Leis

tung

sspi

tzen

, so

dass

das

stro

mn et

z

ohne

Kraf

twer

ke

im

Hint

ergr

und

nicht

t

bet r

i e b e

n

werd

en

kann

■

Hier

bei

ist

es

völl

ig

glei

chgü

uting

, 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

ti eg

aus

den

Kern

kraft

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

-

**Emi
sion
en**

werd

en

anst

eig

n

und

nich

t

sink

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. .