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 Würfen 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 Würfen 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.

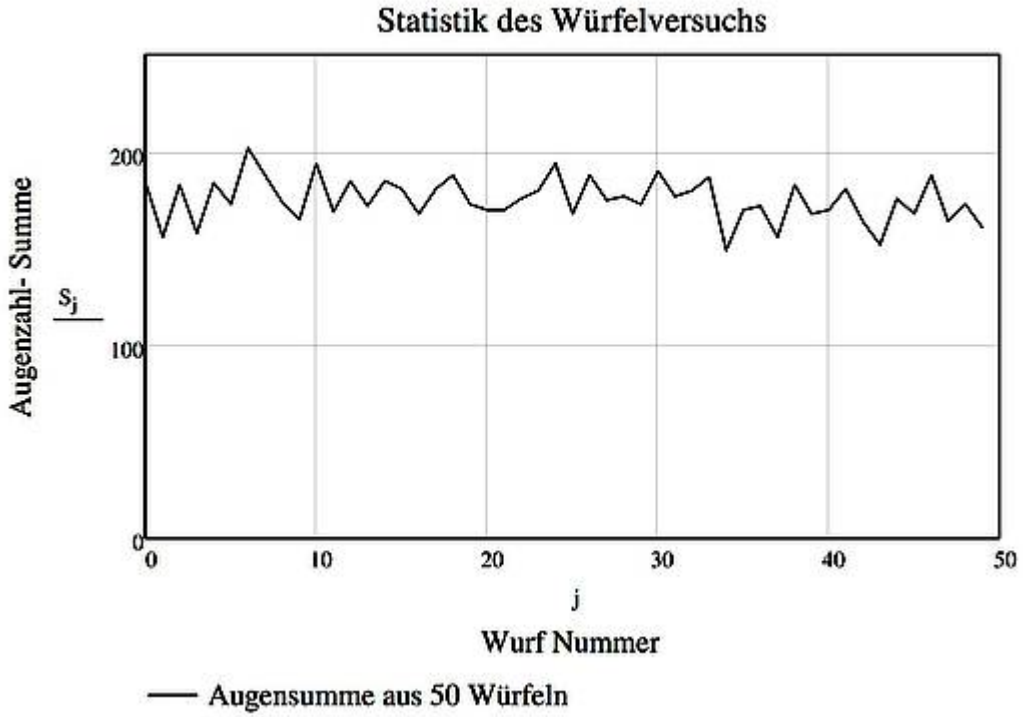


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 1 Summe der Augenzahlen bei 50 Würfeln

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 Würfen 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.

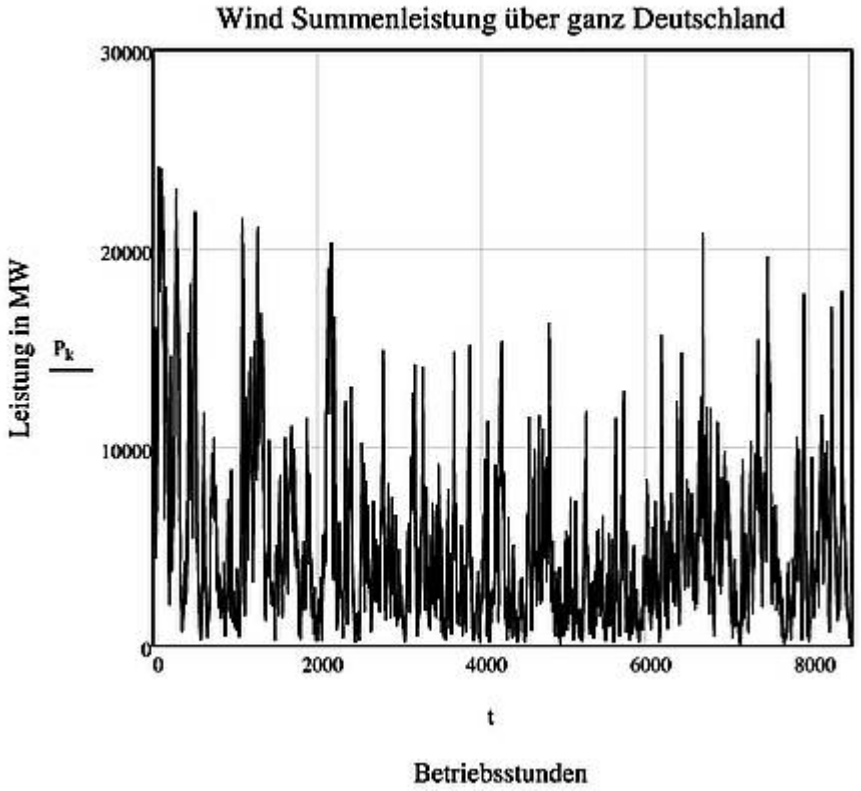


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 2 Tatsächliche Einspeisung der

Windkraftanlagen in Deutschland
Nun bildet das elektrische Netz in Deutschland die Summe der Einspeisungen aus 24000 Windkraftanlagen. Die Anzahl dieser Summanden übersteigt also

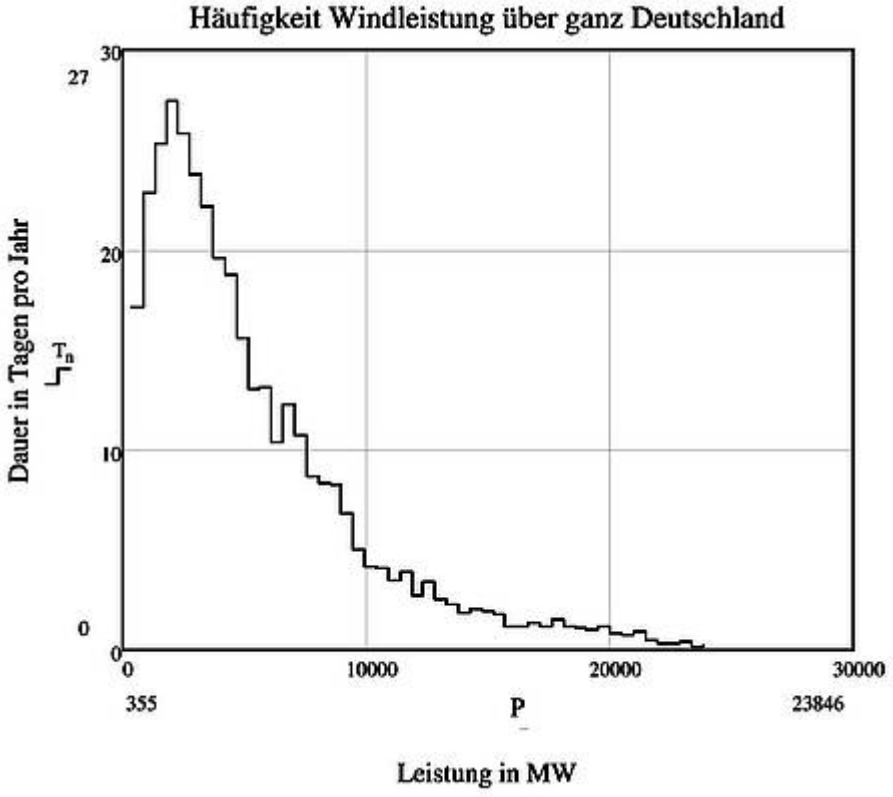
statistisch die hier verwendete Zahl von 50 Würfeln um Größenordnungen. Aufgrund des vorgenannten Würfel-Experiments ist also zu erwarten, dass die Summe der Einspeisungen auf

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 eingespeiste Leistung eines einzelnen

Windrads anders verteilt als die Augenzahl beim

Würfeln. Letztere ist gleichmäßig verteilt,

d. h. jede Augenzahl ist gleich wahrschei

nlich = 1/6, entsprechend einer Wahrscheinlichkeit

von 16,67%. Bei einem Windrad sind kleine

Leistungen sehr viel wahrscheinlicher als

große.
Das ist allerdings nicht der Grund für die

Abweichung der Kurvenverläufe, schließlich kann

man den „Zentralen Grenzwertsatz“ der Statistik

auf jede Art von Verteilung verallgemeinern.[1

]

Der Unterschied zwischen dem

Würfelversuch 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 geworfenen Augenzahlen aller

Würfel sind in statistischem Sinne unabhängi

g voneinander. Diese Aussage gilt für die

Einspeisungen der einzelnen Windräder nicht, weil die

Windgeschwindigkeit an den verschiedenen Windradst

andorten bei praktisch jeder Wetterlage in

großen Flächen ähnlich ist, d. h. die einzelnen

Einspeisungen sind nicht statistisch 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 naheliegend und gilt sinngemäß für jedes

Bundesland. Diese simple Tatsache bewirkt, dass hohe

ebenso wie niedrige Einspeisungen praktisch

immer gleichzeitig in großen Flächen auftreten

. Man sagt, die Einspeisungen sind untereinander

korreliert, d. h. im großflächigen Umfeld

einer stichprobenartig gewählten Referenzanlage

kann man die Einspeisungen aller Anlagen

auf diese eine Referenznlage zurückführen. Wenn

man die eingespeiste Leistung einer Referenza

nlage kennt, kann man also die Leistungen aller

Anlagen im großflächigen Umfeld aus der

Leistung der Referenzanlage mit hoher Wahrschei

nlichkeit ermitteln. Diese Tatsache ist der Inhalt

der statistischen Korrelation. Für die

gesamte Fläche von Deutschland entsprich

t also jede Referenznlage im statistischen

Sinne gerade einem Würfel aus dem Würfelexp

eriment, womit die Frage gestellt ist, durch wie

viele Referenzanlagen die Einspeisung in

Deutschland dargestellt, also verstanden werden

kann.
Diese
Zahl
bemisst
die
Intensitä

t der Korrelation. Ist diese Zahl klein, so

ist die Korrelation stark ausgeprägt, ist diese

Zahl groß, ist die Korrelation eher schwächer

. Das Würfelexperiment 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 Einspeisungen zwar grundsätz

lich möglich, die Leistungen können aber

immer wieder auf sehr kleine Werte absinken,

weil es bei weniger als 5 unabhängigen

Referenzanlagen häufig vorkommt, dass die Einspeisu

ng aller Anlagen auf sehr kleine Werte absinkt.

In diesem Fall ist die Summeneinspeisungprinzipie

ll nicht grundlast fähig. In diesem Zusammenhang haben

Windkraftanlagen ein weiteres Problem: Niedrige

Leistungen kommen sehr häufig vor, sind also sehr

wahrscheinlich, hohe Leistungen sind selten,

sind also eher unwahrscheinlich. Diese Tatsache

schlägt sich dann in der Häufigkeitsverteilung der

Summeneinspeisung nieder, die in Abbildung 3

dargestel lt ist.

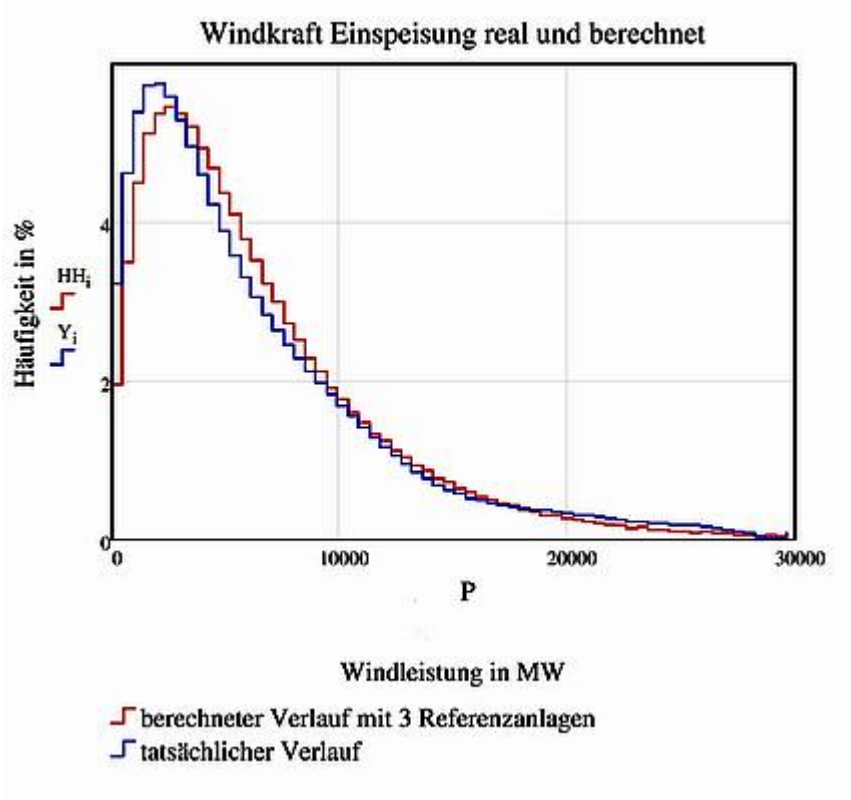


Abbildung SEQ Abbildung * ARABIC 4 Häufigkeit der tatsächlichen und der aus 3 Referenzanlagen berechneten Einspeisung

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 nachweisen, dass diese

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

gesamte Summenein speisung in Deutschla nd kann

auf nur 3 Referenznlagen zurückgeführt werden.

Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 4

dargestellt. Die Einspeisungen aller Anlagen

sind also untereinander hochgradig korrelier

t.
Obgleich
also
diese 3
Referenza
nlagen

unterein
ander
nicht
korrelier
t sind,
können

alle 23997 restlichen Anlagen auf diese 3

Referenzanlagen zurückgeführt werden. Die in

der genannten Agora Studie auf Seite 13

veröffentlichte Erkenntnis, *„dass Anlagen an*

verschiedenen Standorten sich ergänzen können“

ist sicher korrekt, gleichwohl folgt daraus

nicht, dass sich die unterschiedlichen Einspeisu

ngen zu einer Grundlast ergänzen. Wie man in der

Mathematik sagt, ist die Bedingung der statistis

chen Unabhängigkeit zweier Einspeisungen für

die Grundlastfähigkeit zwar notwendig, aber

nicht hinreichend.
Es kommt nicht darauf

an, ob sich einzelne Anlagen an unterschi

edlichen Standorten untereinander ergänzen

können (also statistisch unabhängig

voneinander sind), sondern wie groß die Zahl der

Anlagen ist, die an verschiedenen Standorte

n
statistis
ch
unabhängi
g
voneinand

er sind. Wenn sich die Summenein speisung aller

Anlagen in Deutschland aktuell auf nur 3

statistisch unabhängige Referenznlagen

zurückführen lässt, kann vernünftigerweise

nicht erwartet werden, dass die Anzahl der

Referenznlagen und damit der statistisch

unabhängigen Einspeisungen durch den Zubau an

Anlagen wesentlich anwachsen wird.

Ein

Ausbau der Windkraft kann aufgrund der

erwiesenermaßen ausgeprägten Abhängigkeit der

Einspeisungen untereinander nicht zu einer

Verstetigung der Leistung führen. Die vom IWES im

Auftrag von Agora aufgestellte Behauptung wäre

zwar wünschenswert, erweist sich aber als

unzutreffend und widerspricht dem Zentralen Grenzwert

satz, einem fundamentalen Satz der mathemati

schen Statistik, der schon 1922 von dem

Mathematiker Lindeberg bewiesen wurde.

Fazi

t:

1. Aufg

rund

von

fund

amen
tale
n

Sätz

en

der

mathematisch

en

Stat

isti

k

ist

die

summ
aris
che

Einspeisung

aus

wind

kraf

tanl

agen

in

der

Fläc

he

von

Deut

schl

and

prin

zipi

ell

nicht

grun
dlas
tfäh

ig.

Der

Ausb

au

der

wind

kraft in unse

rem

Land

kann

und

wird

dara

n

nich

ts

Wesentliches

ände

rn.

2.

Die

Leis
tung
sspi

tzen

werd

en

durch den

Ausbau der

Wind kraft

weit

er

anst

eige

n

und

die

beka

nnte

n

Prob

leme

der

Über

prod

ukti

on

von

nich
tver
wert

bare

n

Stro

m

mit

Ausw

üchs

en

wie

den

soge

nann

ten

Nega

tivp

reis

en

an

der Börse

weit

er

vers

chär

fen.

3.

Es

gibt

kein

e

groß

tech

nisc

h

verf

übga

re

effi

zien

te

Spei

cher

tech

nolo

gie

zur

Nutz

ung

der

anst

eige

nden

Leis

tung

sspi

tzen

, so

dass

das

Stro

mnet

z

ohne

Kraftwerke

im

Hint

ergr

und

nicht

betr
iebe
n

werden kann

.

Hier

bei

ist

es

völl

ig

gleich

ltig

, ob

dies

e

mit

Gas,

Braun-oder

Steinkohle

betr
iebe
n

werd

en.

Der

Ausstieg aus

den

Kern

kraf

twer

ken

erzw

ingt

eine

n

Ausbau der

konv
enti
onel

len

Kraf

twer

ke.

Die

mit

der

Stro

mpro

dukt

ion

verb

unde

nen

Kohl

endi

oxid

-

Emissionen

werd

en

anst

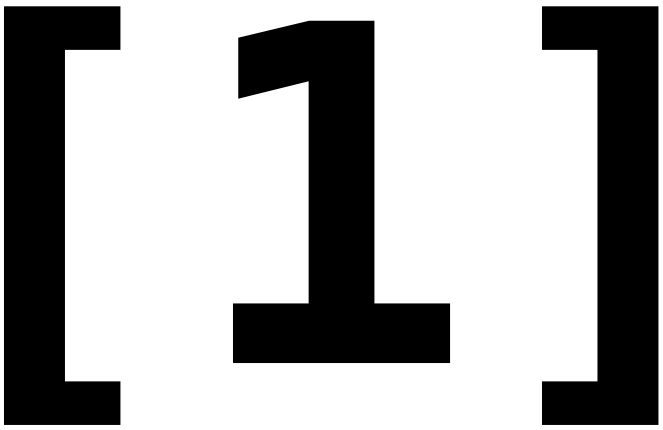
eige

n

und

nicht sink

en.



Für den Fach

mann

: In

der

mathematisch

en

Lite

ratu

r

ist

dies

e

Auss

age

als

Ljap

unov

-

Bedingun

g

beka

nnt.