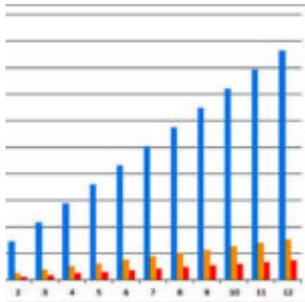


Energiewende: Land unter im Stromsee – Nur hohe Nutzungsgrade machen Sinn



Das Hauptproblem bei den wetterabhängigen Stromerzeugungsverfahren aus Wind und Sonne sind die geringen Nutzungsgrade. Will man z.B. aus Windenergie einen im Jahresmittel definierten Ertrag gewinnen, dann kann man die am Typenschild der Anlagen ablesbare Leistungsangabe nicht heranziehen. Entscheidend ist vielmehr der Nutzungsgrad, eine prozentuale Angabe über den Abschlag, mit dem die Typenschildabgabe multipliziert werden muss. Wie **Bild 1** zeigt, würde ein motorisch betriebenes Kraftwerk, das nahezu unterbrechungsfrei arbeiten kann, bei einer nominellen Leistung von 1 MW bis zum Ende eines Betriebsjahres ca. 8600 MWh elektrischer Arbeit abliefern. Bei einer Windenergieanlage mit nominell gleicher Leistung wären es zum Jahresende lediglich 1524 MWh und bei einer Solaranlage sogar lediglich 727 MWh. Ursache ist der miserable Nutzungsgrad der „Erneuerbaren“: Sowohl Wind- als auch Solarkraftwerke liefern nur ganz selten die volle Höchstleistung ab, die weitaus meiste Zeit kommen nur Bruchteile davon aus den Anschlüssen. Bei an Land errichteten Windenergieanlagen liegt der Mittelwert daher bei lediglich 17,4 % statt 100 % des theoretisch möglichen Ertrags, bei Solaranlagen sind es sogar nur 8,3 %.

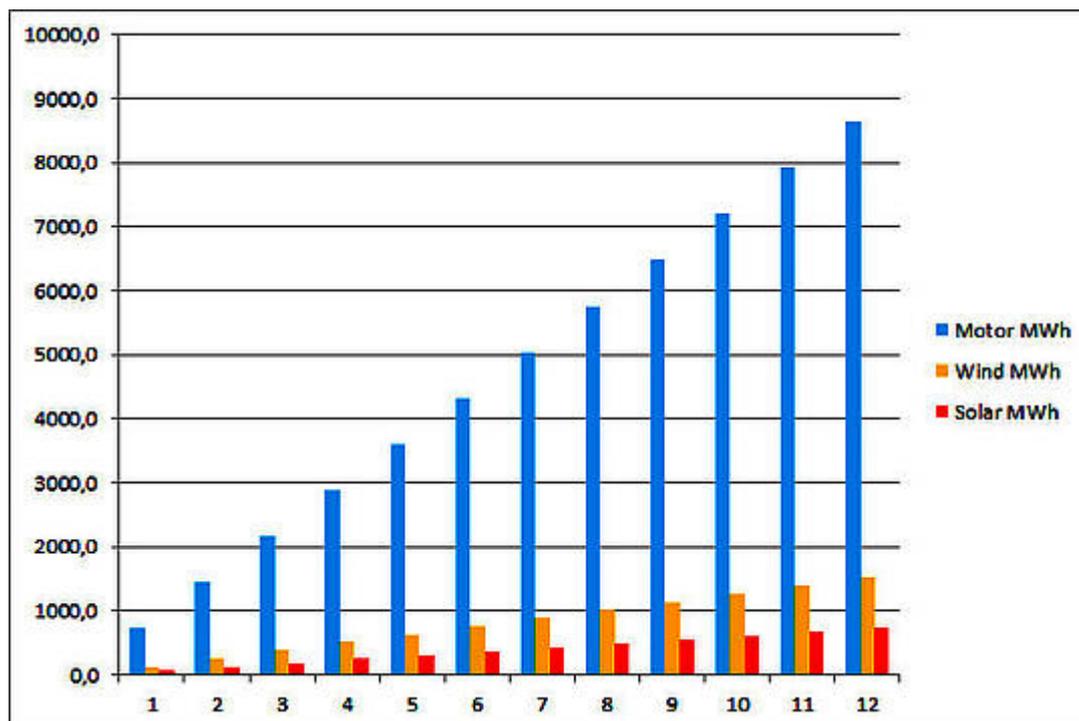


Bild 1: Vergleich der gelieferten Jahresstrommenge für ein Motorkraftwerk, eine Windenergieanlage und eine Solaranlage, jeweils mit einer Typenschildleistung von 1 MW

Da jedoch 100 % bzw. 8600 MWh benötigt werden, muss man bei EE-Anlagen deshalb eine entsprechend höhere Kapazität installieren, **Bild 2**. Bei Wind entspricht dies dem Faktor 5,75, bei Solarstrom mit seinem noch deutlich schlechteren Nutzungsgrad von 8,3 % liegt der Faktor sogar bei 12,05.

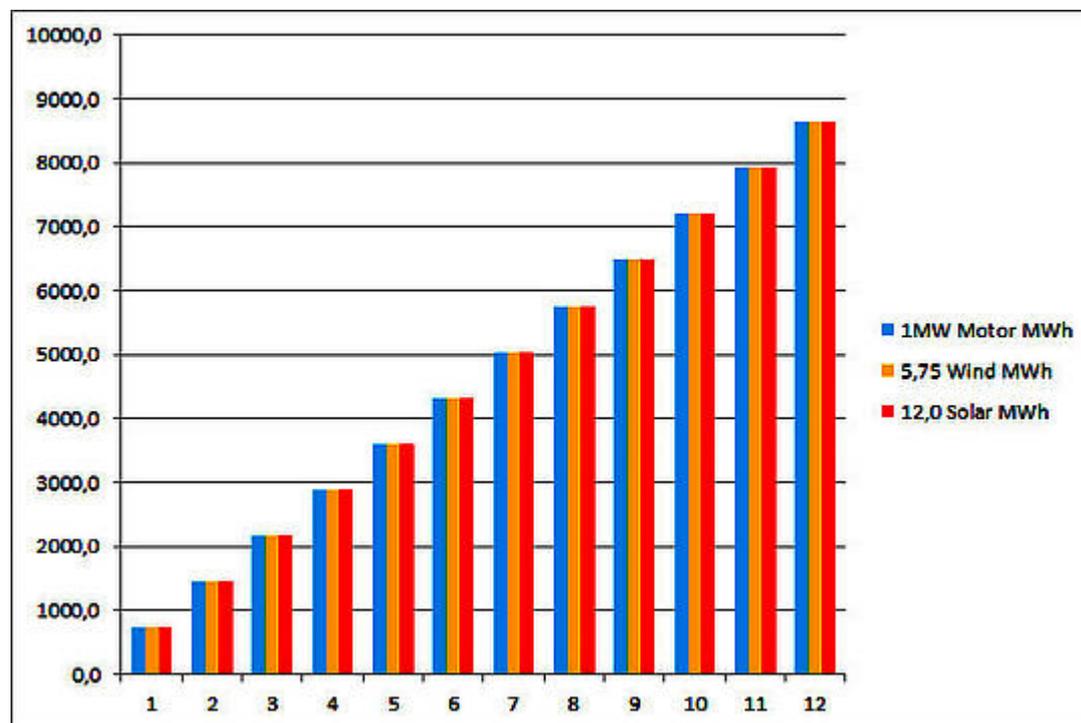


Bild 2: Gleicher Stromertrag von 1 MW Motorkraft, 5,75 MW Windenergie oder 12 MW Solarpaneelen.

Anders ausgedrückt: Um ein Motorkraftwerk mit nominell 1 MW bei 98,5 % Auslastung zu ersetzen, muss man 5,75 MW Windleistung oder sogar 12 MW Solarleistung installieren – und deren Produktion bei „gutem“ Wetter auch irgendwohin schaffen, wo sie sinnvoll genutzt werden kann.

Strom-Tsunamis sind vorprogrammiert

Direkte Folge der großen Überkapazitäten, die man beim Ersatz konventioneller Stromerzeugungstechnologien durch Wind- und Solaranlagen mit schlechten

Nutzungsgraden vorsehen muss, ist eine entsprechend hohe Überproduktion an Strom, wenn es der Wind oder die Sonne mal besonders gut meinen. Während ein konventionelles Kraftwerk mit 1 MW Leistung stets genau diese Leistung zur Verfügung stellt, sieht dies bei einem Windpark ganz anders aus: Es wird je nach Wetterlage zwischen 1 % und 575 % der eigentlich benötigten Leistung ins Netz einspeisen, egal wie hoch der aktuelle Bedarf ist. Bei einem Solarkraftwerk sind es dementsprechend zwischen 0 % und 1200 %.

Allerdings kann man den bei „guter“ Wetterlage zuviel produzierten Strom nicht einfach „wegwerfen“, da man damit im Prinzip die Zeiten schwächerer Produktion ausgleichen muss. Anderenfalls würde man die für das Gesamtjahr benötigte Stromproduktion nicht darstellen können. Das Ganze kann daher nur

funktionieren, wenn man die in Zeiten des Überflusses produzierten Strom-Tsunamis irgendwohin leitet, wo sie sinnvoll verwendet werden können. Das könnten in Zukunft irgendwelche Speichersysteme oder – so wie es jetzt gehandhabt wird – einfach die Stromnetze unserer diversen Nachbarländer sein, denen man den Segen mit teils massiven Zuzahlungen auf's Auge drückt.

Das Problem ist dabei, dass man hierfür die Leitungsnetze entsprechend der im Extremfall zu erwartenden Strommengen überdimensionieren muss. Während für das bereits angesprochene 1-MW-Motorkraftwerk eine Leitung mit einer Transportkapazität von 1 MW völlig ausreichen würde, müsste sie für den Anschluss eines Windparks mit 5,75 MW auch für dessen Maximalkapazität ausgelegt werden, auch wenn im Jahresmittel nur 1 MW Transportkapazität genutzt wird.

Anders ausgedrückt: Man muss eine 5,75 MW-Leitung vorsehen, die jedoch statt zu 98,5 % lediglich zu 17,4 % ausgelastet wird. Im Straßenbau entspräche dies dem Bau einer sechsspurigen Autobahn, über die dann im Mittel das Verkehrsaufkommen einer einspurigen Landstraße abgewickelt wird, Bild 3. Noch schlechter sieht es bei Solaranlagen aus, da hier das Verhältnis 1/12 ist. Das entspräche einer 12spurigen Autobahn statt einer Landstraße.



Bild 3: Stromnetz-Analogie: Wo bei konventionellen Kraftwerken eine

**einspurige Landstraße reichen würde,
müsste man bei Windstrom für die
Bewältigung des gleichen
Jahresstromaufkommens eine
sechsspurige Autobahn vorsehen**

Ausbauziele für Deutschland

**Um abzuschätzen,
wie sich die
weitere Entwicklung
des EEG in den
kommenden Jahren
auf die
Stromproduktion**

**Deutschlands sowie
auf die dortigen
Stromnetze
auswirken dürfte,
gehen wir zunächst
von der aktuellen
Stromproduktion und
von den EE-
Planungen der
Großen Koalition
aus. Als Referenz
nehmen wir das Jahr**

**2013 mit einer
Gesamt-
Stromproduktion von
629 TWh. Während
die Stromerzeugung
in Deutschland –
außer in Kriegs-
und Krisenzeiten –
stets zunahm,
unterstellen wir
einmal, dass die
aktuellen**

Sparbemühungen zu einem „Einfrieren“ des Stromverbrauchs auf dem Niveau des Jahres 2013 führen werden. Da die Politik jedoch den Autoverkehr auf elektrische Antriebe umstellen will, muss der hierfür benötigte

**Strom zusätzlich
erzeugt werden. Für
2020 sind 1 Mio.
Elektrofahrzeuge
geplant, während
bis 2050 die
gesamte PKW-Flotte
von heute rund 44
Mio. Fahrzeugen
durch
Stromschlucker
ersetzt sein soll.**

**Aufgrund dieses
zusätzlichen
Verbrauchs ergäbe
sich dann für 2050
eine Stromerzeugung
von 759 TWh. Für
2050 plant die
große Koalition
einen EE-Anteil an
der Stromproduktion
von 80 %. Noch
weiter gehen Grüne,**

**WWF, Greenpeace und
die evangelische
Kirche, die 100 %
EE-Anteil fordern.**

**Setzt man die
obigen Zahlen um,
so lassen sich für
die Stromproduktion
aus EE-Quellen
folgende
Zielvorgaben
errechnen:**

Jahr 2050:

TWh

**Wind Onshore
(erforderl.**

Kapazität 288100

MW, Nutzungsgrad

17,4 %)

439,1

**Wind Offshore
(erforderl.**

Kapazität 36010

MW, Nutzungsgrad

34,8 %)

109,8

**Solar (erforderl.
Kapazität 52000 MW,
Nutzungsgrad 8,3
%) 37,8**

**Wasser (Kapazität
4300 MW) 20,5**

**Jahr 2050 bei 100 %
EE-Erzeugung
(Forderung**

ev. Kirchentag) TWh

Wind Onshore

**(erforderl.
Kapazität 367800
MW, Nutzungsgrad
17,4 %)**

560,6

**Wind Offshore
(erforderl.
Kapazität 46000
MW, Nutzungsgrad
34,8 %)**

140,1

**Solar (erforderl.
Kapazität 52000 MW,
Nutzungsgrad 8,3
%)**

37,8

**Wasser (Kapazität
4300 MW)**

20,5

**Diesen Zahlen
liegen folgende
Annahmen zugrunde:**

Die Produktion von Strom aus Wasserkraft wird sich in Deutschland kaum noch steigern lassen. Auch der Erzeugung von Strom aus Getreide – vornehm als Biogas bezeichnet – dürfte wegen der Amoralität dieses

**Tuns in einer
hungrigen Welt (man
braucht sich nur zu
fragen, warum so
viele
Bootsflüchtlinge
auf dem Mittelmeer
ihr Leben
riskieren) kaum
noch großes
Wachstum beschieden
sein. Und bei**

**Fotovoltaik ist ein
Deckel von 52000 MW
geplant. Alle
künftigen
Steigerungen der
Erzeugung von EE-
Strom können daher
im Prinzip fast nur
noch durch Ausbau
der Windenergie
erfolgen. Blieben
von den EE-**

**Erzeugern
theoretisch also
noch
Müllverbrennungsanl
agen (5,2 TWh in
2013) und
Getreidegasanlagen
(42,6 TWh in 2013),
die parallel zu den
Wind- und
Solaranlagen
einspeisen. Aus**

**nahe liegenden
Gründen dürfte ihr
Anteil in den
kommenden
Jahrzehnten jedoch
gegen Null
tendieren, da alle
heute existierenden
Anlagen bis 2050
aus der Förderung
herausfallen und
neue Anlagen wohl**

**kaum noch errichtet
werden. Die heute
noch existierenden
Kraft-Wärme-
Kopplungsanlagen
dürften bis 2050
wegen mangelnder
Wirtschaftlichkeit
vom Markt
verschwunden sein.**

**Auswirkungen
auf
die
Stromprod**

uktion

**Um die
konkreten
Auswirkungen
des**

**beschlossen
enen
Ausbaus
von Wind-
und
Solarstro**

**merzeugung
g im
Jahre
2050 zu
veranschau
ulichen,**

wurden

die

reellen

Zahlen

der

Stromprod

uktion

des

Dezembers

2013 in

viertelst

ündlicher

**Auflösung
zugrunde
gelegt.
Dann
wurden
sowohl**

die

vollständ

ige

Netzlast

als auch

die zu

erwartend

e

Leistungs

bereitste

llung

durch

**Wind- und
Solarkraftwerke
mit Hilfe
der oben
aufgeführ**

ten

Zahlen

umgerechn

et. Bild

4 zeigt

die

entsprech

enden

Werte für

die

Netzlast

(entspric

ht in

etwa dem

inländisc

hen

Verbrauch

) sowie

**für die
Summenlei-
stung von
Wind- und
Solarener-
gieeanlage**

n plus

Wasserkra

ft. Der

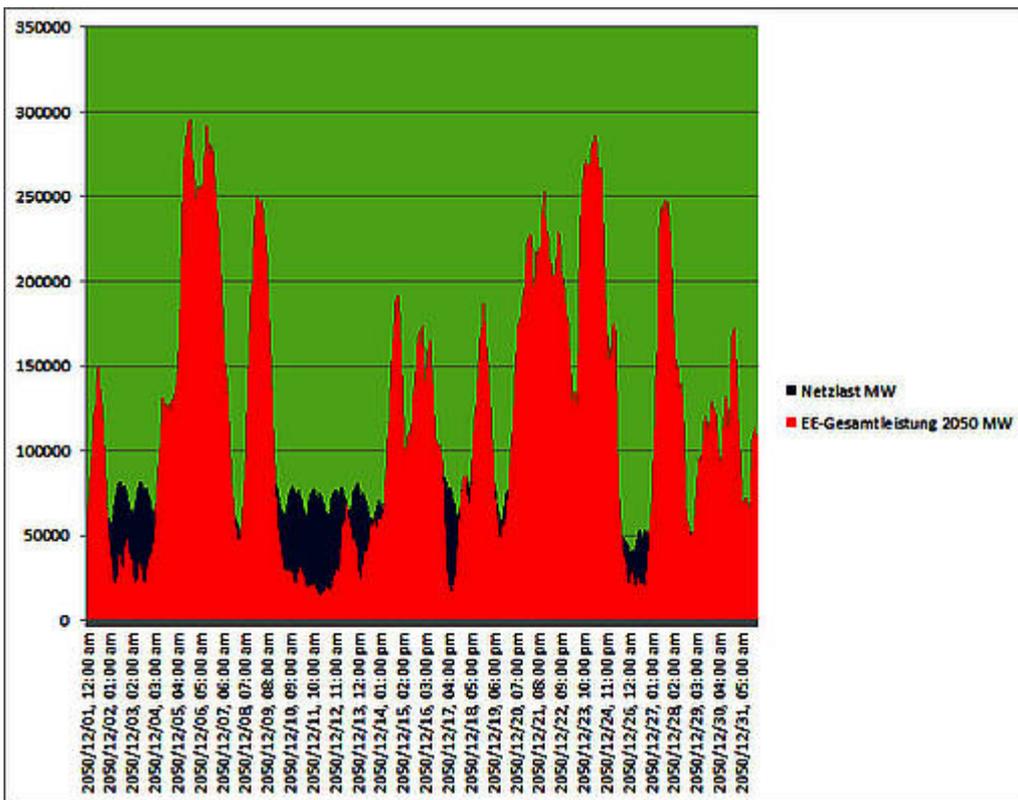
Spitzenwe

rt liegt

bei

296000

MW.



**Bild 4:
Projektio
n der
Netzlast
(dunkelbl
au) sowie**

**der
kumuliert
en
Leistung
von Wind-
und**

**Solarstromanlagen
im
Dezember
2050**

**Wer beim
Blick auf
diese
Darstellung
jetzt
annimmt,**

**man könne
angesichts
der
großen
Mengen an
EE-Strom**

**die
Kapazität
der
konventio
nellen
Kraftwerk**

**e stark
reduzieren,
den
wird ein
Blick auf
Bild 5**

**enttäusch
en. Trotz
der
riesigen
Kapazität
en von**

**Wind- und
Solarener-
gieanlagen
n gibt es
weiterhin
zahlreich**

e kürzere
oder auch
längere
Zeiträume
, wo
konventio

nelle

Kraftwerk

e

einspring

en

müssen,

**weil die
Produktio
n von EE-
Strom
nicht
ausreicht**

**, um
Deutschla
nd zu
versorgen
. In der
Spitze**

müssen

konventio

nelle

Kraftwerk

e bis zu

61000 MW

**Leistung
bereitste
llen,
damit die
Stromvers
orgung**

gesichert

bleibt.

Darüber

hinaus

müssen

zahlreich

**e Kohle-
und
Gaskraftw
erke
sogar
kontinuie**

**rtlich am
Netz
bleiben,
um die
Mindestle
istung**

von etwa

28000 MW

zu

sichern,

die

benötigt

wird, um
die zur
Stabilisi
erung des
Netzes
erforderl

iche

Regelleis

tung

darstelle

n zu

können .

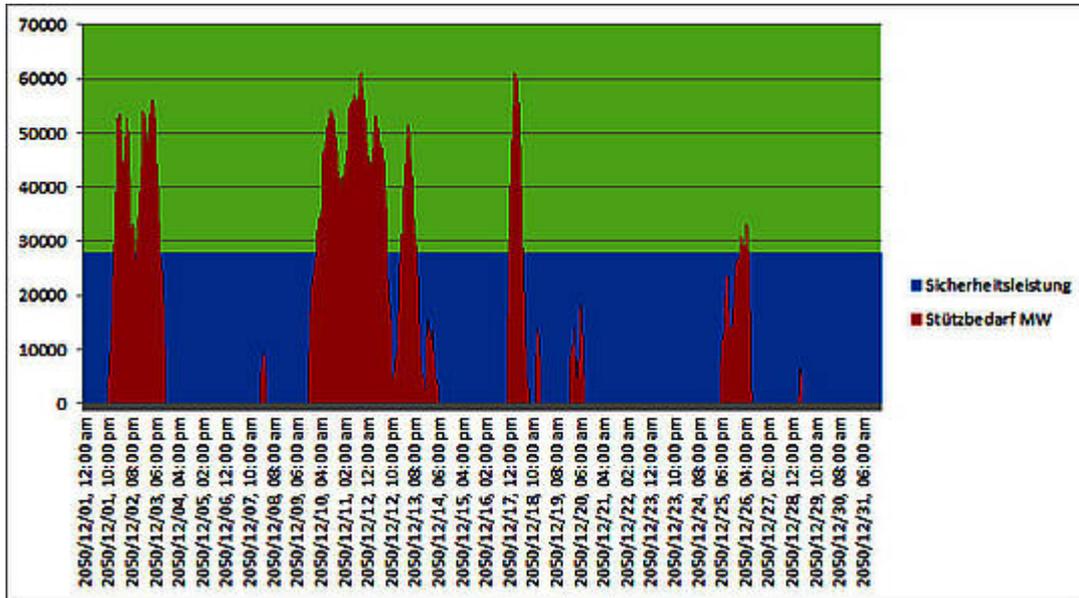


Bild 5:
Im
fiktiven

Dezember

2050

benötigte

Leistung

aus

konventio

netzen

Kraftwerk

en: Rot

für die

Tage, an

denen die

**Produktion
aus EE-
Quellen
nicht zur
Deckung
der**

**Netzlast
ausreicht
, und
blau die
zur
Aufrechte**

**erhaltung
der
Netzsi-
cherheit
erforderl-
iche**

**Mindestle
istung**

AuSw

i r k u

ng

auf

die

Netz

e

würd

e

der

Ausb

au

der

Stro

mp ro

dukt

ion

aus

sogge

nann

ten

„Ern

euer

bare

n

Ener

g i e n

“

e n t s

prec

hend

der

bish

erig

en

Plan

unge

n

kons

equa

nt

umge

setz

t,

so

hätt

e

dies

erhe

blic

he

Kons

equ

nzen

auch

im

Bere

ich

der

Hoch

span

nung

S -

Über

trag

ungs

netz

e

für

den

erze

ugte

n

eLeK

tris

chen

stro

m.

Char

akte

rist

isch

für

die

aktu

ette

Situ

atio

n

ist

die

weit

gehe

nde

Plan

łosi

gkei

t,

mit

der

offe

nsic

htli

ch

aggie

rt

wird



Grun

d

hier

für

ist

sich

erli

ch

auch

die

Tats

ache

,

dass

sich

bish

er

kein

erle

i

vert

retb

are

g r o ß

t e c h

n i s c

he

Lösu

ng

für

die

Spei

cher

prob

Lema

tik

abze

ihn

et.

Desh

atb

w e r d

e n

b e z ü

g l i c

h

d e r

Leit

ungs

netz

e

zurz

eit

nur

klei

ne re

Lü ck

enfü

u er

wie

„Süüd

Link

“

proj

ekti

ert,

mit

dene

n

man

die

auf

uns

zuro

Ulen

de

Erze

ugun

gswe

lle

auf

kein

en

Fall

bewä

rtig

en

kann



Dies

zeig

t

ein

Blic

k

auf

Bild

6

mit

der

Simu

lati

on

der

gesa

mten

Erze

uggun

gsle

istu

ng

des

Deze

mber

s

eiñs

ch ʎi

eß ʎi

ch

der

Prod

ukti

on

der

nach

wie

vor

unve

rzic

htba

ren

konv

enti

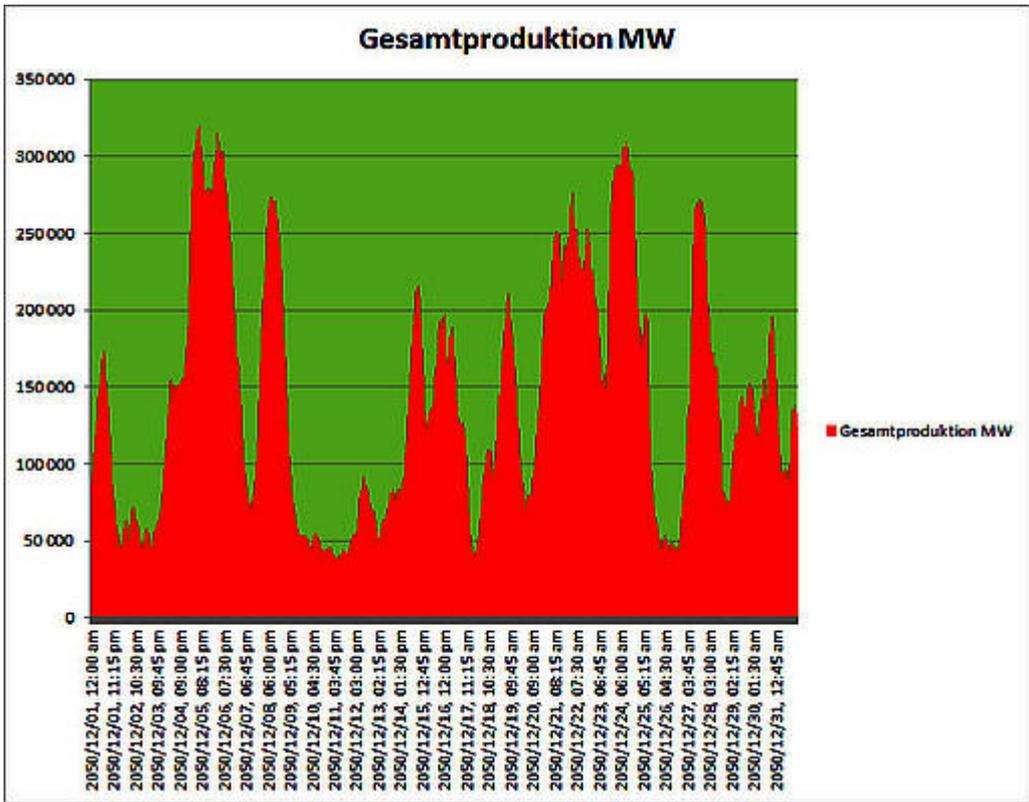
onel

Len

Kraf

twer

ke .



Build

6:

Im

Deze

mber

2050

würd

e

die

maxi

male

Eins

peis

elei

stun

g

bei

weit

ererer

Fort

führ

ung

der

Plän

e

der

Bund

es re

gier

ung

bis

zu

3196

00

MW

erre

iche

n

In

der

Spit

ze _

d . h .

bei

güñs

tiğe

n

wettt

erve

rhät

tnis

sen

und

eine

r

auf

die

sich

erhe

itsr

eser

ve

redu

zier

ten

**Leis
tung
der**

konv

enti

onel

Len

Kraf

twer

ke - -

wü rd

en

bis

zu

3196

00

MW

an

e l e k

t r i s

c h e r

**Leis
tung
eing**

espe

ist

—

das

ist

um

den

Fakt

or

3,76

Mal

mehr

als

die

85000

0 MW

an

ges i

cher

ter

Leis

tung

,

für

die

unse

r

stro

mver

sorg

ungs

syst

em

eins

chli

eßli

ch

der

Leit

ungs

netz

e

ausg

eleg

t

ist.

Ande

rs

ausg

edrü

ckt:

Wo

heut

e

eine

Hoch

span

nung

stlei

tung

vert

**„
äuft**

,

dü r f

t e n

e s

bis

2050

vier

sein

,

Build

7.



Build

7:

Wo

heut

e

nur

eine

Stro

mei

tung

verl

äuft

,

könn

ten

es

**·
iñ**

**·
e iñ i**

gen

Jahr

zehn

ten

vier

sein

Egal

ob

man

dies

en

Stro

m

jetz

t in

„Wun

ders

peic

her“

eint

ager

t,

die

irge

ndwe

lche

grün

en

Geni

es

bis

dahi

n

noch

„mal

eben

schn

erl“

erfi

nden

müss

en,

oder

ob

man

vorh

at,

dami

t

die

Ener

giew

irts

chaf

t

dive

rser

Nach

bart

ände

r zu

begl

ücke

n :

Dies

em

mass

iven

über

ange

bot

wäre

unse

r

heut

iges

über

trag

ungs

netz

nich

t im

Entf

ernt

este

n

gewa

chse

n .

Man

kann

grob

über

den

Daum

en

s ch ä

t z e n

,

dass

unse

r

Netz

für

die

Bewä

rtig

ung

dies

er

stro

mmen

gen

um

den

oben

erre

ohne

ten

Fakt

or

erwe

iter

t

we rd

en

mü s s

te .

A u s g

ehen

d

von

der

heut

igen

Läng

e

von

rund

3800

0 km

müßs

te

demn

ach

ein

Ausb

au

um

1049

00

km

auf

eine

Gesä

mtlä

ngge

von

1429

00

km

erfo

Ugen

■

Bezū

g l i c

h

d e r

Kost

en

kann

man

in

erst

er

Nähe

run
g

von

dem

aktu

ell

vera

nsch

lagt

en

Aufw

and

von

bis

zu

10

Mrd.

€

für

die

rund

800

km

Lang

e

„Süd

Link

“ .

Tras

se

ausg

ehen

,

die

dere

inst

wind

stro

m

von

der

No rd

-

und

osts

ee

nach

Graf

enrh

ein f

eld

tran

spor

tier

en

soll

■

Dabe

■
i

kann

dies

er

Ansa

tz

noch

als

kons

erva

tiv

eing

estu

ft ,

we rd

en ,

wenn

man

sich

das

Ausm

aß

der

Kost

enüb

ersc

hrei

tung

en

ansi

eht,

die

bei

Größe

proj

ekte

n

wie

stut

tgar

t

21,

der

E l b p

h i l h

a r m o

nie

oder

dem

BER-

FLUG

HAFFE

n

die

Rege

zu

sein

sche

inen

.

Rech

net

man

dies

en

Wert

auf

die

gena

nn te

n

1049

00

km

hoch

, so

Land

et

man

bei

Invest

stitt

ions

kost

en

von

etwa

1311

Mrd. ■

€ —

nur

alle

in

für

den

bis

2050

vora

ussi

chtl

ich

erfo

rder

lich

en

Ausb

au

des

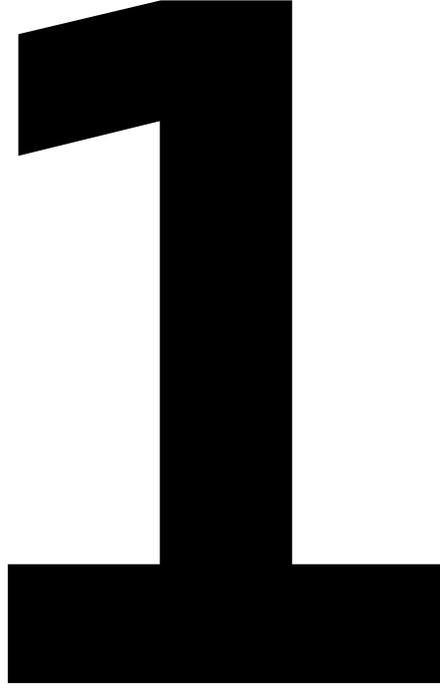
Stro

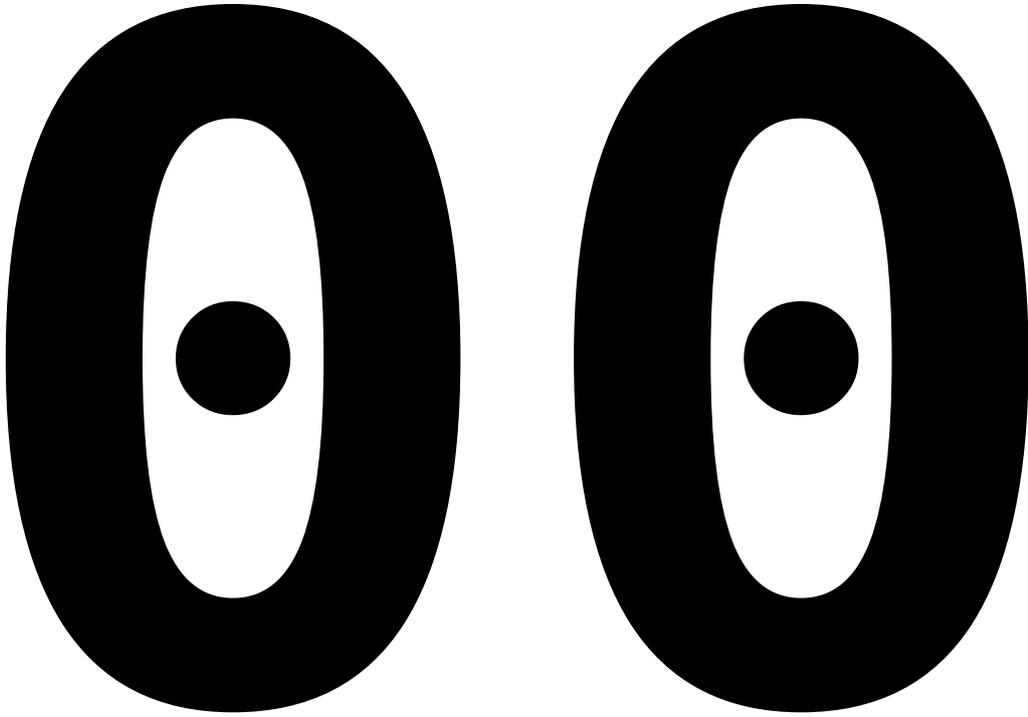
mnet

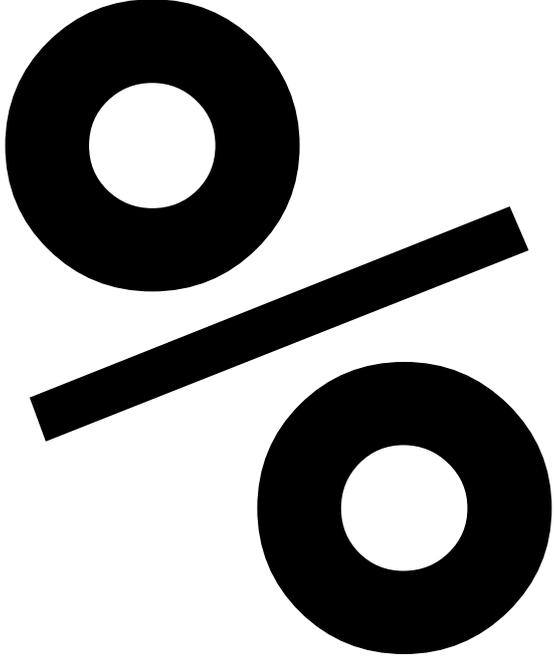
zes .

Si

nd







E

E



ta

ts

■ ■

ä c

ht

ic

h

ma

ch

ba

r?

Ei

ne

in

te

re

SS

an

te

F r

ag

e

,

di

e

Si

ch

in

di

es

em

z

u

Sa

mm mm

en

ha

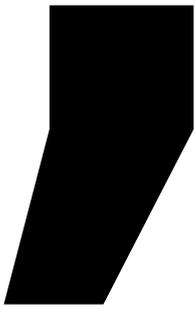
ng

st

erl

U

U



is

七

di

e

na

ch

de

r

an

ge

bl

ic

h

mö

gt

ic

he

n

wo

U

U

we

rs

or

gu

ng

mi

七

E

E



S t

ro

m

,

e i

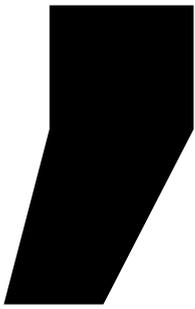
ne

Po

Si

ti

on



di

e

wo

n

di

we

rs

en

po

ri

ti

sc

he

n

K

r

ä f

te

n

so

wi

e

wo

n

de

r

E

v

an

ge

ri

sc

he

n

Ki

rc

he

we

rt

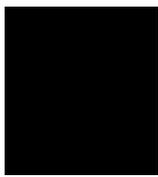
re

te

n

wi

rd



Au

ch

di

es

es

S

Z

en

ar

io

lä

SS

七

Si

ch

am

Be

i's

p

i

erl

de

S

De

ze

mb

er

S

20

50

du

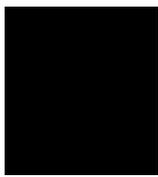
rc

hr

ec

hn n

en



wo

ra

us

see

t

z

un

g

hi

er

fü

r

i's

七

di

e

An

na

hm

e

,

da

SS

e i

n

ing

rü

ne

r “ ”

wu

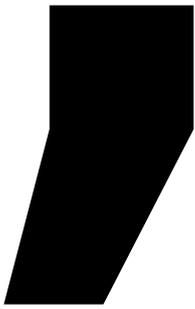
nd

er

ef

fe

kt



au

f

de

n

bi

sh

er

no

ch

ke

in

In

ge

ni

eu

r

ge

ko

mm mm

en

i's

七

、

di

e

S t

ab

1

2

i's

ie

ru

ng

de

S

Ne

t

z

es

au

ch

oh

ne

di

e

S t

üt

z

f

un

kt

io

n

ko

nv

en

ti

on

erl

le

r

K

r

a f

t w

er

ke

be

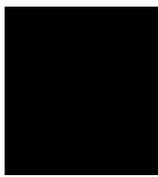
wi

rk

en

wi

rod



Da

S

wo

m

Üb

er

tr

ag

un

gs

ne

t

z

in

di

es

em

Fa

U

U

zu

b e

wä

U

U

ig

en

de

Le

i's

tu

ng

sa

ng

eb

ot

wo

n

bi

S

zu

37

60

00

MW

ze

ig

七

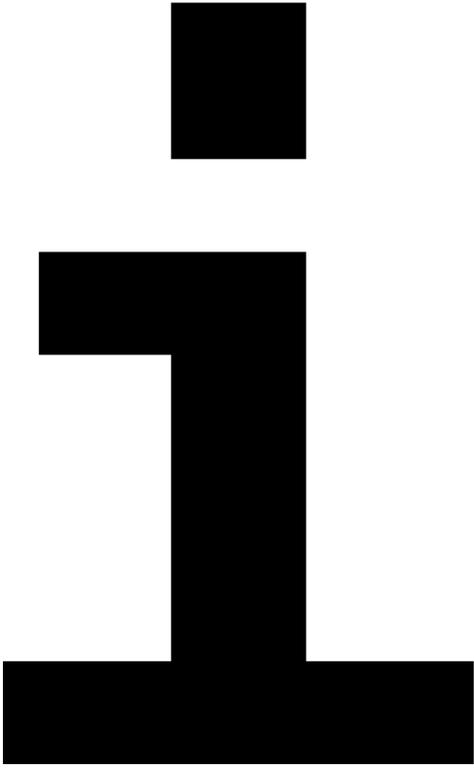
Bi

ud

8



Be



di

es

em

S

Z

en

ar

io

mü

SS

te

ma

n

di

e

Ne

t

z

e

um

de

n

Fa

kt

or

4

,

4

au

f

16

8

0

00

km

er

w e

立

止

er

n



Da

fü

r

wä

re

n

16

25

Mr

d

.



au

f

z

wb

ri

ng

en

