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

geschrieben von Wolfgang Müller | 16. Juli 2014

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 %.

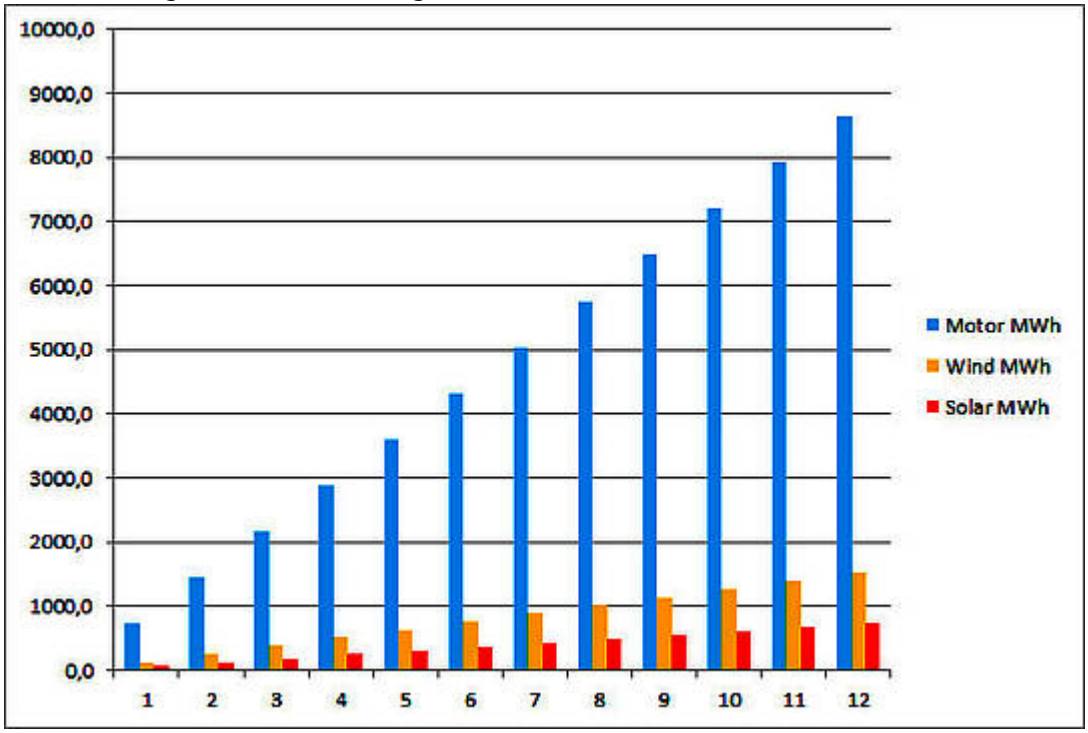


Bild 1: Vergleich der gelieferten Jahresstrommenge für ein Motorkraftwerk, eine Windenergieanlage und eine Solaranlage, jeweils mit einer Typenschildleistung von 1 MW

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.

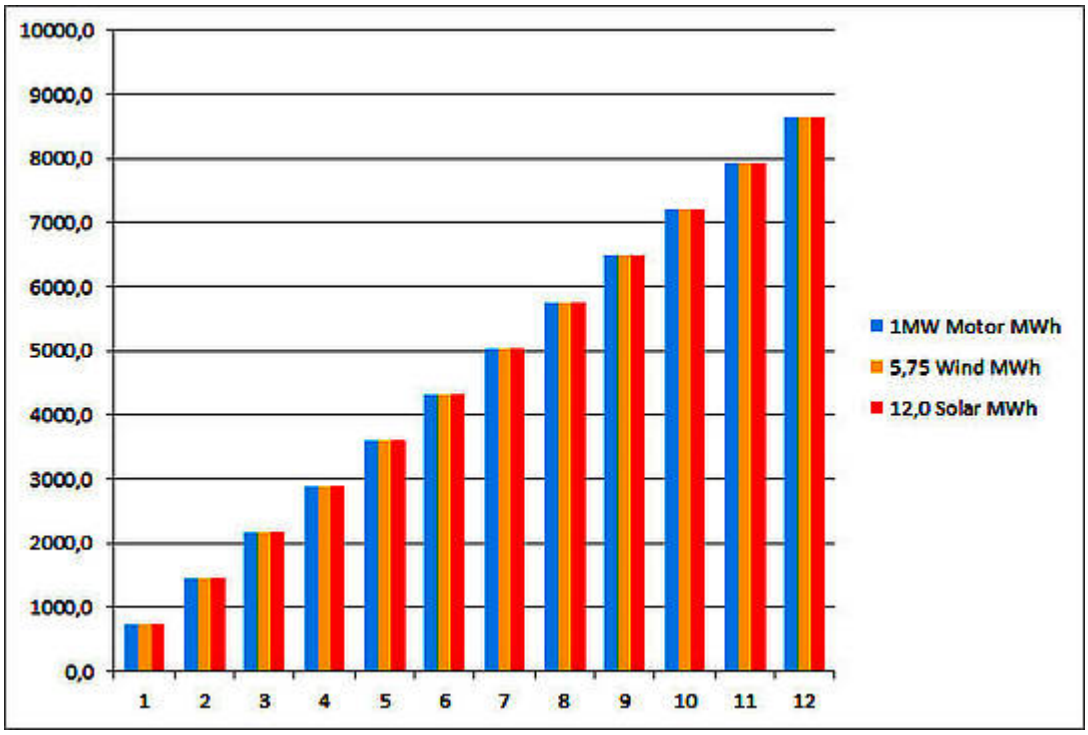


Bild 2: Gleicher Stromertrag von 1 MW Motorkraft, 5,75 MW Windenergie oder 12 MW Solarpaneelen.
Anders ausgedrückt: Um ein Motorkraftwerk mit nominell 1 MW bei 98,5 % Auslastung zu ersetzen, muss man 5,75 MW Windleistung oder sogar 12 MW Solarleistung installieren – und deren Produktion bei „gutem“ Wetter 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 Müllverbrennungsanlagen (5,2 TWh in 2013) und Getreidegasanlagen (42,6 TWh in 2013), die parallel zu den

Wind- und Solaranlagen einspeisen. Aus naheliegenden 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 Stromproduktion

Um die konkreten

Auswirkungen des beschlossenen Ausbaus von Wind-

und Solarstromerzeugung im Jahre 2050 zu

veranschaulichen, wurden die realen Zahlen

der Stromproduktion des Dezembers 2013 in

viertelstündlicher Auflösung zugrunde gelegt. Dann

wurden sowohl die vollständige Netzlast

als auch die zu erwartende Leistungsbereitste

llung
durch
Wind- und
Solarkraf
twerke
mit Hilfe

der oben aufgeführten Zahlen umgerechnet. Bild

4 zeigt die entsprechenden Werte für die

Netzlast (entspricht in etwa dem inländischen

Verbrauch
) sowie
für die
Summenlei
stung von
Wind- und

Solarenergieanlagen plus Wasserkraft. Der Spitzenwe

rt liegt bei 296000 MW.

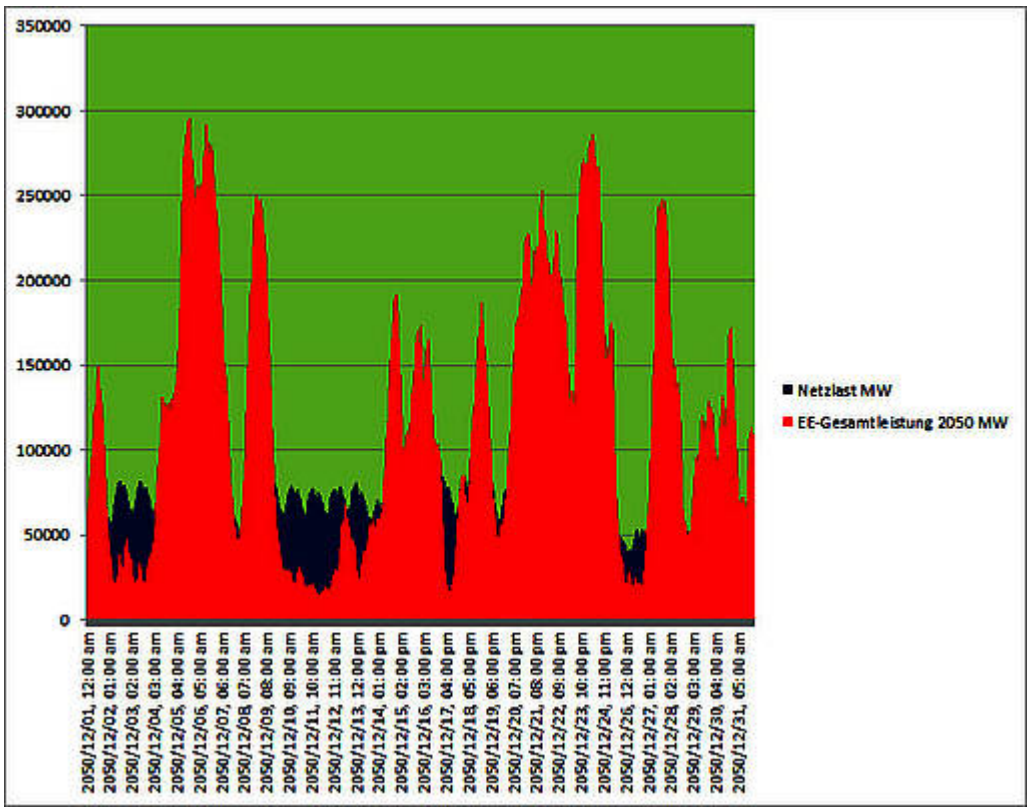


Bild 4: Projektion der

Netzlast (dunkelblau) sowie der kumulierten

Leistung von Wind- und Solarstromanlagen im

Dezember 2050

Wer beim Blick auf diese Darstellu

ng jetzt annimmt, man könne angesichts der großen

Mengen an EE-Strom die Kapazität der konventio

nellen Kraftwerke stark reduzieren, den wird ein

Blick auf Bild 5 enttäuschen. Trotz der riesigen

Kapazitäten von Wind- und Solarenergieanlagen gibt es

weiterhin zahlreiche kürzere oder auch längere Zeiträume

, wo konventionelle Kraftwerke einspring

en müssen, weil die Produktion von EE-Strom

nicht ausreicht, um Deutschland zu versorgen

. In der Spitze müssen konventionelle Kraftwerk

e bis zu 61000 MW Leistung bereitstellen, damit die

Stromversorgung gesichert bleibt. Darüber hinaus

müssen zahlreiche Kohle- und Gaskraftwerke

sogar kontinuierlich am Netz bleiben, um die

Mindestleistung von etwa 28000 MW zu sichern,

die benötigt wird, um die zur Stabilisierung des

Netzes erforderliche Regelleistung darstelle

n zu können.

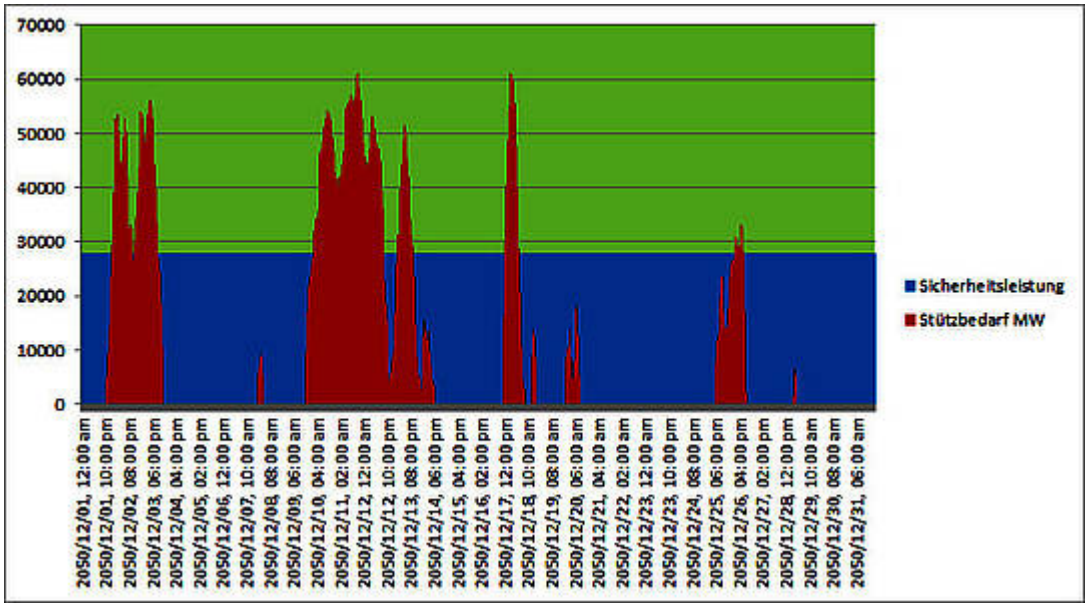


Bild 5:

Im

fiktiven Dezember 2050 benötigte Leistung aus

konventionellen Kraftwerken: Rot für die Tage, an

denen die Produktion aus EE-Quellen nicht zur Deckung

der Netzlast ausreicht , und blau die zur

Aufrechterhaltung der Netzsicherheit erforderl

iche
Mindestle
istung

Ausw

irku

ng

auf

die

Netz

e

würd

e

der

Ausb

au

der

Stro

mpro
dukt
ion

aus

soge

nann

ten

„Ern

euer

bare

n

Ener

gien

“

ents

prec

hend

der

bish

erig

en

Plan

unge

n

konsequent

umge

setz

t,

so

hätte

dies

erhe

blic

he

Kons

eque

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

elle

Situ
atio
n

ist

die

weit

gehe

nde

Plan

losi
gkei
t,

mit

der

offe

nsic

htli

ch

agie

rt

wird

Grund

hier

für

ist

sich

erli

ch

auch

die

Tats

ache

,

dass

sich

bish

er

kein

erle

i

vert

retb

are

groß

tech

nisc

he

Lösu

ng

für

die

Spei

cher

prob

lema

tik

abze

ichn

et.

Desh

alb

werd

en

bezü

glic

h

der

Leit

ungs

netz

e

zurz

eit

nur

klei

nere

Lück

enfü

ller

wie

„Süd

Link

“

proj

ekti

ert,

mit

dene

n

man

die

auf

uns

zuro

llen

de

Erze

ugun

gswe

lle

auf

kein

en

Fall

bewä

ltig

en

kann

.

Dies

zeig

t

ein

Blic

k

auf

Bild

6

mit

der

Simu

lati

on

der

gesa

mten

Erze

ugun

gsle

istu

ng

des

Deze

mber

s

eins

chli

eßli

ch

der

Prod

ukti

on

der

nach

wie

vor

unve

rzic

htba

ren

konv

enti

onel

len

Kraf

twer

ke.

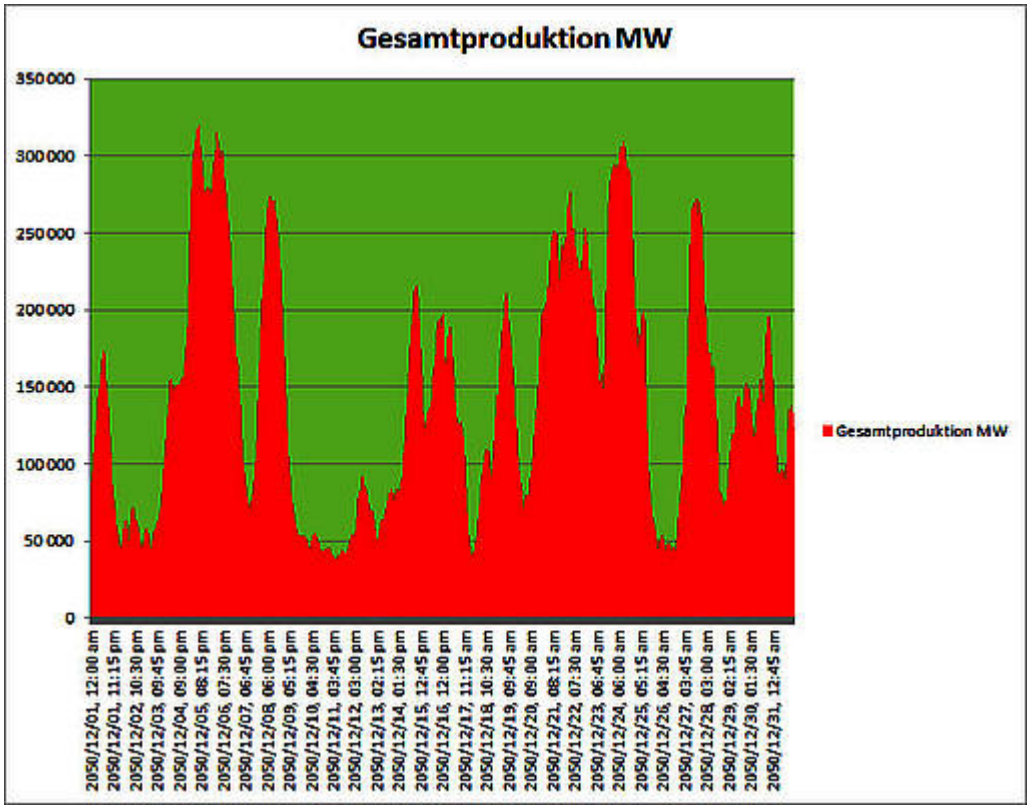

Gesamtproduktion MW
350 000
300 000
250 000
200 000
150 000
100 000
50 000
0
2050/12/01, 12:00 am
2050/12/01, 11:15 pm
2050/12/02, 10:30 pm
2050/12/03, 09:45 pm
2050/12/04, 09:00 pm
2050/12/05, 08:15 pm
2050/12/06, 07:30 pm
2050/12/07, 06:45 pm
2050/12/08, 06:00 pm
2050/12/09, 05:15 pm
2050/12/10, 04:30 pm
2050/12/11, 03:45 pm
2050/12/12, 03:00 pm
2050/12/13, 02:15 pm
2050/12/14, 01:30 pm
2050/12/15, 12:45 pm
2050/12/16, 12:00 pm
2050/12/17, 11:15 am
2050/12/18, 10:30 am
2050/12/19, 09:45 am
2050/12/20, 09:00 am
2050/12/21, 08:15 am
2050/12/22, 07:30 am
2050/12/23, 06:45 am
2050/12/24, 06:00 am
2050/12/25, 05:15 am
2050/12/26, 04:30 am
2050/12/27, 03:45 am
2050/12/28, 03:00 am
2050/12/29, 02:15 am
2050/12/30, 01:30 am
2050/12/31, 12:45 am
Gesamtproduktion MW

Bild 6: Im

Deze
mber
2050

würd

e

die

maxi

male

Eins

peis

elei

stun

g

bei

weit

erer

Fort

führ

ung

der

Plän

e

der

Bund

esre

gier

ung

bis

zu

3196

00

MW

erre

iche

n

In

der

Spit

ze –

d.h.

bei

güns

tige

n

Wett

erve

rhäl

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 –

würd

en

bis

zu

3196

00

MW

an

elek

tris

cher

Leis

tung

eing

espe

ist

—

das

ist

um

den

Fakt
or
3,76

Mal

mehr

als

die

8500

0 MW

an

gesi

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

slei

tung

verl

äuft

,

dürf

ten

es

bis

2050

vier

sein

,

Bild

7.

Bild 7:

Wo
heut
e

nur

eine

Stro

mlei

tung

verl

äuft

,

könn

ten

es

in

einigen Jahr

zehn

ten

vier

sein

Egal

ob

man

dies

en

Stro

m

jetz

t in

„Wun

ders

peic

her“

einl

ager

t,

die

irge

ndwe

lche

grün

en

Geni

es

bis

dahi

n

noch

„mal

eben

schn

ell“

erfi

nden

müss

en,

oder

ob

man

vorh

at,

damit die

Ener

giew

irts

chaf

t

dive

rser

Nach

barl

ände

r zu

begl

ücke

n:

Dies

em

mass

iven

Über

ange

bot

wäre

unser

heut

iges

Über

trag

ungs

netz

nich

t im

Entf

ernt

este

n

gewa

chse

n.

Man

kann

grob

über

den

Daum

en

schä

tzen

,

dass

unse

r

Netz

für

die

Bewä

ltig

ung

dies

er

Stro

mmen

gen

um

den

oben

erre

chne

ten

Fakt

or

erwe

iter

t

werd

en

müss

te.

Ausg
ehen
d

von

der

heut

igen

Läng

e

von

rund

3800

0 km müss te

demn

ach

ein

Ausb

au

um

1049

00

km

auf

eine

Gesa

mtlä

nge

von

1429

00

km

erfo

lgen

.

Bezü
glic
h

der

Kost

en

kann

man

in

erst

er

Nähe

rung

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

Nord

-

und

Osts

ee

nach

Graf

enrh

einf

eld

tran

sportieren

soll

.

Dabe

i

kann

dies

er

Ansa

tz

noch

als

kons

erva

tiv

eing

estu

ft

werd

en,

wenn

man

sich

das

Ausm

aß

der

Kost

enüb

ersc

hrei

tung

en

ansi

eht,

die

bei

Großprojekte

n

wie

Stut

tgar

t

21,

der

Elbp

hilh

armo

nie

oder

dem

BER-

Flug

hafe

n

die

Regel zu sein

sche

inen

.

Rech

net

man

dies

en

Wert

auf

die

gena

nnte

n

1049

00

km

hoch

, so

land

et

man

bei

Inve

stit

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

„1

00

%

EE

“

ta

ts

äc

hl

ic

h

ma

ch

ba

r?

Ei

ne

in

te

re

SS

an

te

Fr

ag

e,

di

e

sı

ch

in

di

es

em

Zu

sa

mm

en

ha

ng

st

el

lt

،

is

t

di

e

na

ch

de

r

an

ge

bl

ic

h

mö

gl

ic

he

n

Vo

ll

ve

rs

or

gu

ng

mi

t

EE

[redacted]

st

ro

m,

ei

ne

Po

sı

ti

on

،

di

e

VO

n

di

ve

rs

en

po

li

ti

SC

he

n

Kr

äf

te

n

so

wi

e

VO

n

de

r

EV

an

ge

li

SC

he

n

Ki

rc

he

ve

rt

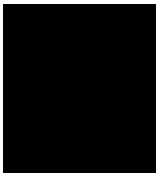
re

te

n

wi

rd



Au

ch

di

es

es

Sz

en

ar

io

lä

SS

t

sı

ch

am

Be

is

pi

el

de

S

De

ze

mb

er

S

20

50

du

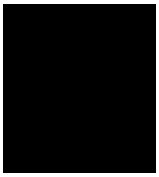
rc

hr

ec

hn

en



Vo

ra

us

se

tz

un

g

hi

er

fü

r

is

t

di

e

An

na

hm

e,

da

SS

ei

n

„g

rü

ne

r''

Wu

nd

er

ef

fe

kt

،

au

f

de

n

bi

sh

er

no

ch

ke

in

In

ge

nil

eu

r

ge

ko

mm

en

is

t ,

di

e

st

ab

il

is

ie

ru

ng

de

S

Ne

tz

es

au

ch

oh

ne

di

e

st

üt

zf

un

kt

io

n

ko

nv

en

ti

on

el

le

r

Kr

af

tw

er

ke

be

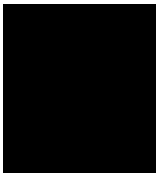
wi

rk

en

wi

rd



Da

S

VO

m

Üb

er

tr

ag

un

gs

ne

tz

in

di

es

em

Fa

ll

zu

be

wä

lt

ig

en

de

Le

is

tu

ng

sa

ng

eb

ot

VO

n

bi

S

zu

37

60

00

MW

ze

ig

t

Bi

Ld

8.

Be

i

di

es

em

Sz

en

ar

io

mü

SS

te

ma

n

di

e

Ne

tz

e

um

de

n

Fa

kt

or

4,

4

au

f

16

80

00

km

er

we

it

er

n.

Da

fü

r

wä

re

n

16

25

Mr

d.

€

au

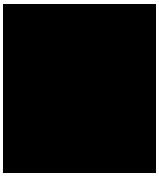
f z

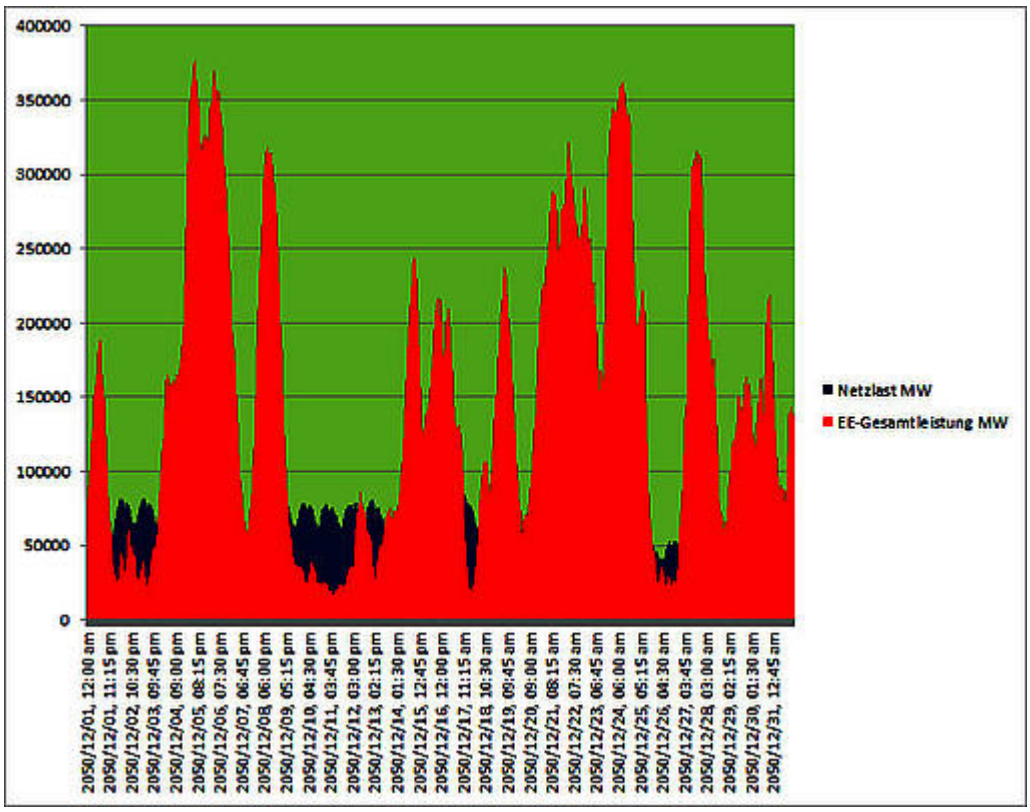
ub

ri

ng

en




400000
350000
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
2050/12/01, 12:00 am
2050/12/01, 11:15 pm
2050/12/02, 10:30 pm
2050/12/03, 09:45 pm
2050/12/04, 09:00 pm
2050/12/05, 08:15 pm
2050/12/06, 07:30 pm
2050/12/07, 06:45 pm
2050/12/08, 06:00 pm
2050/12/09, 05:15 pm
2050/12/10, 04:30 pm
2050/12/11, 03:45 pm
2050/12/12, 03:00 pm
2050/12/13, 02:15 pm
2050/12/14, 01:30 pm
2050/12/15, 12:45 pm
2050/12/16, 12:00 pm
2050/12/17, 11:15 am
2050/12/18, 10:30 am
2050/12/19, 09:45 am
2050/12/20, 09:00 am
2050/12/21, 08:15 am
2050/12/22, 07:30 am
2050/12/23, 06:45 am
2050/12/24, 06:00 am
2050/12/25, 05:15 am
2050/12/26, 04:30 am
2050/12/27, 03:45 am
2050/12/28, 03:00 am
2050/12/29, 02:15 am
2050/12/30, 01:30 am
2050/12/31, 12:45 am
Netzlast MW
EE-Gesamtleistung MW