

Probleme mit der Windstromerzeugung und der Stromspeicherung im eingeläuteten Zeitalter der „Dekarbonisierung“

Wind onshore GW	Wind offshore GW
32,6	0,4
40	21,5
94,5	
50	?
144,5	

Im Rahmen der im Jahre 2014 definierten Energiewende macht der Zubau an Windenergie im Konzert der alternativen Energien den überragenden Anteil aus (1):

Solarenergie (brutto)/a	2,5 GW
Windenergie onshore	2,5 GW (netto)/a
Windenergie offshore	6,5 GW bis 2020
GW bis 2030	

15

„Sonstige“ (Biogas, etc.) rd. 100 MW (brutto)/a

Der Zubau der Windenergie offshore für die Zeit nach 2030 ist noch nicht festgelegt. Angaben zum Leistungsangebot über konventionelle Stromerzeuger werden nicht gemacht.

Aus diesen Angaben errechnen sich bis 2050 folgende Stromerzeugungskapazitäten:

	Solar GW	Wind onshore GW	Wind offshore GW	„Sonstige“ GW	Summe GW
Stand 2013	35	32,6	0,4	10	78
Zuwachs bis 2030	40	40	21,5	1,5	103
Stand 2030	75	94,5		11,7	181
Zuwachs bis 2050	50	50	?	2,0	102
Stand 2050	125	144,5		13,5	283

Aus diesen Zahlen wird der ungeheure Ausbau an Kapazitäten für die alternativen Energien im Jahre 2050 deutlich: 283 GW bei einem Leistungsbedarf für Deutschland, der schwankend in der Regel zwischen etwa 40-80 GW liegt (vgl. später).

Eingespeiste Stromleistung über Wind und Solar und erforderliche Stromspeicherung gemäß den angegebenen Nutzungsgraden des „Sachverständigenrates für Umweltfragen“ (SRU)

Nach dem „Sachverständigenrat für Umweltfragen“ (SRU) wird der Nutzungsgrad (Leistungsäquivalent) der alternativen Energien im Sondergutachten von Januar 2011 wie folgt angegeben:

Solar	
14,9%	
	Wind onshore
26,2%	
	Wind offshore
49,4%	

Auf der Basis der „Energiewende 2014“ würde sich daraus eine eingespeiste Kapazität für die im Jahre 2050 installierten Leistungen über die alternativen Energien wie folgt errechnen:

	Installierte Leistung	Eingespeiste Leistung
	GW	GW
Solar	125	18,6
Wind onshore	122,6	32,1
Wind offshore	21,9	10,8
Summe Wind und Solar	269,5	61,5
„Sonstige“	13,5	12,2
Summe	283	73,7
Leistungsbedarf bei mittlerem, jährlichem Stromverbrauch von 550 000 GWh bzw. 1507 GWh/Tag		62,8
Maximaler Leistungsbedarf		80

Zunächst bleibt festzuhalten, dass bei den vom SRU definierten Nutzungsgraden für Wind und Sonne die mittlere eingespeiste Leistung den Leistungsbedarf übersteigt. Dies wird aber im Folgenden nicht weiter diskutiert, da die Nutzungsgrade von Wind und Solar deutlich zu hoch angesetzt worden sind. In diesem

Kapitel soll lediglich das Problem der unabdingbaren Stromspeicherung behandelt werden.

Die mittlere eingespeiste Leistung über Wind und Sonne von 61,5 GW liegt größenordnungsmäßig etwa mitten im Bereich des Leistungsbedarfs in Deutschland zwischen etwa 40-80 GW, die „Sonstigen“ spielen eine untergeordnete Rolle, der verbleibende Rest bis zu der Spitzenleistung von 80 GW muß nach der „Energiewende 2014“ im Jahre 2050 über Erdgas beigestellt werden.

Durch die Fluktuation der Wind- und Solarstromerzeugung ist das Leistungsangebot von 61,5 GW aber nur ein Mittelwert. In Wirklichkeit schwankt das Stromangebot über Wind und Solar in weiten Grenzen. Im Winter, wenn die Solarstromerzeugung gegen Null geht, bestimmt die Schwankung des Windstromangebotes die Grenzen des Leistungsangebotes (Bild

1; Gesamtleistung von März 2011 auf eine Stromleistung von 40 GW hochgerechnet), im Sommer die Wind- und Solarstromleistung (Bild 2). (2,3)

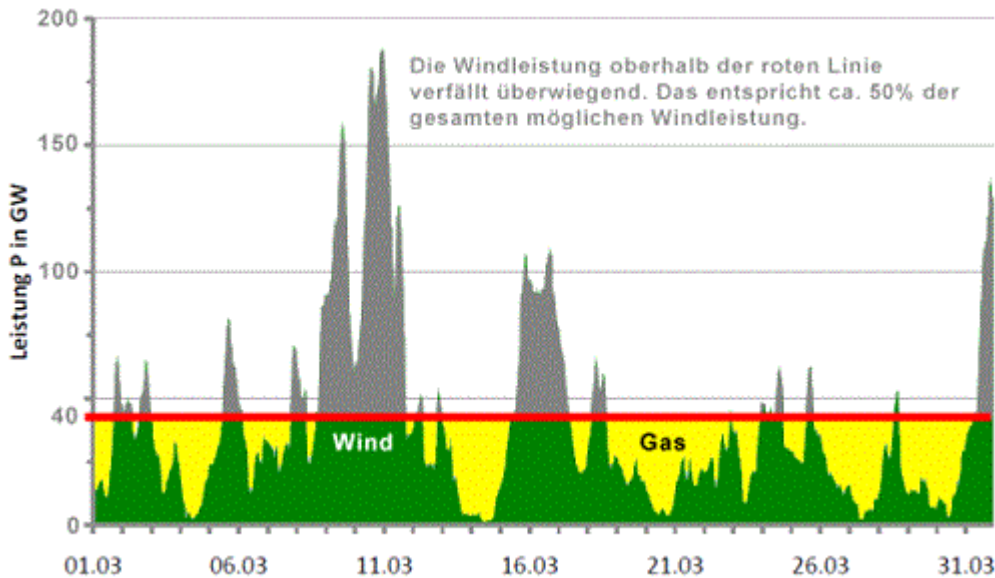


Bild 1: Gesamtwindleistung von März 2011, hochgerechnet auf eine Stromleistung von 40 GW

Aus Bild 1 wird deutlich, dass bei einem fluktuierenden Leistungsangebot über Wind zwischen 0 und 180 GW zur Erstellung einer mittleren Stromleistung von 40 GW (bzw. einer äquivalenten Strommenge) das über dem Mittelwert anfallende Leistungsangebot gespeichert und unterhalb des Mittelwertes wieder eingespeist werden muß- hier in Ermangelung von Stromspeichern 20 GW über Erdgas.

Muß das Erdgas durch Stromspeicher ersetzt werden, errechnet sich im Mittel für den Tag folgende Speicheranzahl:

20 GW x 24h = 480 GWh bzw. 480 GWh/8,4 GWh = 57 Speicher der Goldisthal-Größe

(der 20 GW/1,05 GW x 24h/8h = 57 Speicher)

Das größte deutsche Pumpspeicherwerk Goldisthal hat eine Leistung von 1,05 GW und kann diese Leistung über 8 Stunden liefern: 8,4 GWh (Kosten 600 Mio. € bei einer Bauzeit von elf Jahren).

Natürlich scheidet der Bau von Pumpspeicherwerken in Deutschland aus. Da andere Stromspeicher wegen ihres niedrigen Wirkungsgrades und damit ihren hohen Kosten (z.B. „Power-to-Gas“) ausscheiden, wird im Folgenden zur Beschreibung des Ausmaßes der zu

speichernden Strommenge der Goldisthalspeicher „quasi als Maßeinheit“ verwandt.

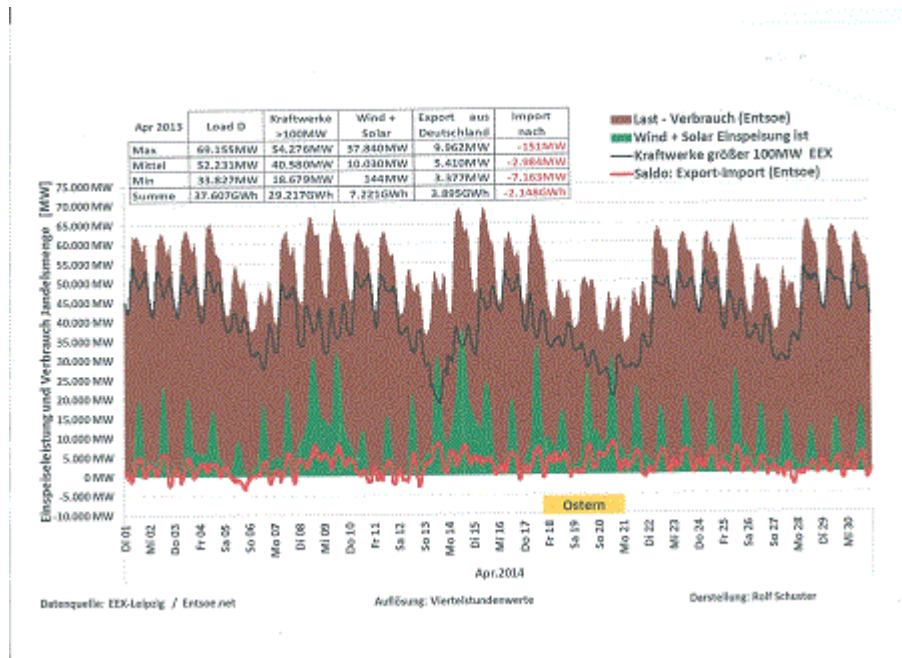


Bild 2: Einspeiseleistung Wind+Solar, Kraftwerke größer 100 MW, Export-Import sowie Leistungsbedarf im April 2014

Bild 2 zeigt das Leistungsangebot über Wind und Sonne sowie u.a. den Leistungsbedarf im Mai 2014 bei einer Stromerzeugung über die alternativen Energien von etwa 25%, die aber im Jahre 2050 dann im Zeitalter der „Dekarbonisierung“ (Verzicht auf die

Verbrennung von Kohlenstoffträgern) definitionsgemäß 100% betragen muß, d.h.dass die hier sichtbaren Wind- + Solarspitzen mit dem Faktor 4 mal zunehmen sind. Aus dem Bild lassen sich dann Leistungsschwankungen zwischen 0 und 140 GW abgreifen, die im Zeitalter der „Dekarbonisierung“ nicht mehr über konventionelle Stromerzeuger ausgeglichen werden können (nebenbei sei bemerkt, dass die Netzkapazität in Deutschland bei etwa 80 GW liegt).

Bei der weiten Spreizung der Stromleistungen über Wind und Solar um den Mittelwert ist der Ansatz der Speicherung der halben Leistung bzw. Strommenge für einen kurzen Zeitraum bei den Wetterverhältnissen in Deutschland in erster Annäherung gerechtfertigt. (Eine Rechtfertigung der Speicherung der halben Leistung wäre nicht mehr gegeben, wenn die Streubreite der Stromleistung aus Wind

und Sonne näher um den Mittelwert schwanken würde). Für eine exakte Berechnung der Speicheranzahl müsste über einen längeren Zeitraum eine statistische Auswertung der Wetterverhältnisse in Deutschland vorgenommen werden. Erschwerend kommt weiter hinzu, dass die Berechnung der Anzahl an Speichern durch das stochastische Verhalten des Strombedarfes wie der fluktuierenden Stromerzeugung über Wind und Sonne mathematisch nicht möglich ist. (4) Wie sich aber bei der Betrachtung der erforderlichen Stromspeicherung über einen längeren Zeitraum herausstellen wird, löst sich dieses Problem von selbst (vgl. später).

Die zwingende Erfordernis der Stromspeicherung soll schließlich auch noch einmal anhand des im IWES-Windreport 2014 ausgewiesenen Zubaus von Windstrom in den einzelnen Bundesländern bis 2024 aufgezeigt

werden (Bild 3).(5)

IWES Windreport 2014 Seite 16			
	2024	2014	Faktor
SH	13.000 MW	5.165 MW	2,52
NS	14.500 MW	8.190 MW	1,77
MV	8.600 MW	2.564 MW	3,35
BB	8.400 MW	5.493 MW	1,53
B	100 MW	4 MW	25,00
BR	200 MW	152 MW	1,32
NRW	11.000 MW	3.711 MW	2,96
RLP	6.250 MW	2.800 MW	2,23
HE	3.700 MW	1.170 MW	3,16
TH	4.310 MW	1.136 MW	3,79
SN	1.200 MW	1.093 MW	1,10
SAR	800 MW	205 MW	3,90
BW	4.700 MW	549 MW	8,56
BY	5.000 MW	1.500 MW	3,33
Onshore	81.760 MW	33.732 MW	2,42
Nordsee	13.200 MW	993 MW	13,29
Ostsee	2.900 MW	51 MW	56,86
Offshore	16.100 MW	1.044 MW	15,42
Summe Wind	97.860 MW	34.776 MW	2,81

Bild 3: Zubau Wind in den einzelnen Bundesländern von 2014 bis 2024

Danach soll die Windenergie von 2014 bis 2024 von 34,8 auf 97,9 GW ausgebaut werden. Wird diese praktische Verdreifachung des Windausbaus basierend auf der Leistung über Wind und Solar und den Wetterverhältnissen im Mai 2015 hochgerechnet – wobei sowohl die Leistung über den Wind als auch über

Solar mit dem Faktor 3 multipliziert wurde- und vergleicht man das Leistungsangebot im Jahre 2024 mit dem heute benötigten (Bild 4) (6), so zeigt sich auch hier die zwingende Forderung nach Stromspeichern. Da aber technisch ausgereifte und kostenmäßig vertretbare Stromspeicher in überschaubarer Zukunft nicht zur Verfügung stehen werden, (7) stellt sich die Frage, wie diese Energiewende funktionieren soll.

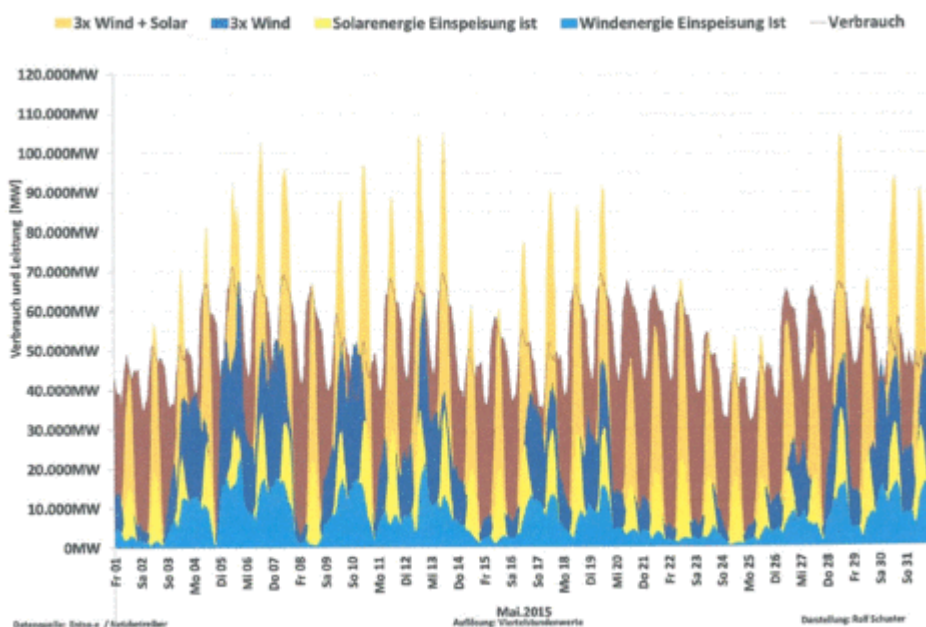


Bild 4: Wind- und Solarleistung im Mai 2015 und Werte hochgerechnet mit dem

Faktor 3 für Mai 2024

Bei einer Verdreifachung der täglichen Fluktuation alleine über den Solarstrom ergeben sich nämlich Leistungsspannen zwischen 0 und etwa 100 GW. Werden die Wind- und Solarspitzen addiert, so errechnen sich Spitzenwerte bis 170 GW.

Wie bereits erwähnt, stellt diese hier angesetzte Verdreifachung der Stromangebotes über die alternativen Energien Wind und Solar bei weitem noch nicht die für das Jahr 2050 festgelegten Kapazitäten laut „Energiewende 2014“ dar. (s.o.-vgl. auch (4))

Wenn nun nach der „Energiewende 2014“ und nach den Angaben der Nutzungsgrade für Wind und Sonne des SRU täglich 61,5 GW bzw. die äquivalente Strommenge aufgebracht wird (vgl.oben), muß dann nach diesen Ausführungen die Hälfte des

Leistungsangebotes über Wind und Sonne gespeichert werden können:

$$61,5/2 = 30,8$$

GW

bzw.....

$$30,8 \text{ GW} \times 24\text{h} = 739 \text{ GWh/Tag} \quad \text{bzw.} \quad 739/8,4 = 88 \text{ Speicher}$$

(Goldisthal)

Kann die Leistung von 30,8 GW nicht über Speicher aufgenommen werden, müssen die Wind- und Solaranlagen häufig still gesetzt werden mit für Deutschland nicht bezahlbaren Stromkosten (8).

Wie bereits erwähnt, ist die Berechnung des Bedarfes an täglichen Stromspeichern nicht exakt möglich. Dieses Problem löst sich aber von selbst, da gerade im Winter bei wenig Sonne und Wind durch bestimmte Wetterlagen teilweise 14 Tage kein Strom über Wind und Sonne erzeugt werden kann. Es müssen dann

**14 Tage x 61,5 GW x
24h = 20.664 GWh**

**entweder über Erdgas abgedeckt oder
gespeichert werden:**

**20.664 GWh / 8,4 GWh =
2.466 Speicher (vgl. auch (4)).**

**Dadurch ist die Diskussion um die
Frage nach der Anzahl Speicher pro Tag
obsolet geworden.**

**Im eingeläuteten Zeitalter der
„Dekarbonisierung“ muß auf Erdgas
verzichtet werden, d.h. der Bau dieser
Stromspeichern ist unerläßlich, worauf
im folgenden Kapitel eingegangen wird.**

**Eingespeiste
Stromleistung über**

**Wind und Sonne und
erforderliche
Stromspeicherung
gemäß den
tatsächlichen
Nutzungsgraden im
Jahre 2014**

**Im Gegensatz zu den
Angaben des SRU
liegen aber in 2014
die Nutzungsgrade
der Solaranlagen**

bei nur 10,3%, die der Windanlagen onshore bei 16,8%, während die der Windanlagen offshore in der Nordsee von 40% in 2009 auf etwa 20% in 2014 abgefallen sind (Bild 5). (9)

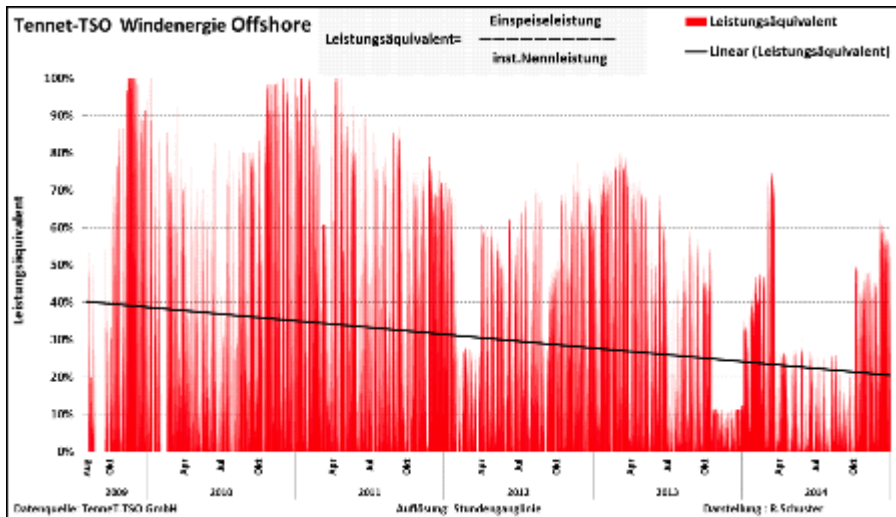


Bild 5: Abfall Nutzungsgrad Wind offshore von 2009 bis 2014

Dies deutet auf
große technische
Schwierigkeiten bei

**den
Offshore-Anlagen
hin, was nicht
verwundert, da ein
konventionelles
Kraftwerk z.B. mit
1000 MW
zwangsläufig
weniger
Störungsquellen und
damit
Wartungsaufwand**

**erfordern wird als
bei gleicher
eingespeister
Leistung 1000
Windkraftanlagen
offshore. Denn
gebräuchliche
Anlagen mit 5 MW
Nennleistung und
einem Nutzungsgrad
von 20% speisen 1
MW ein (An jede**

Windanlage ist dann ein Kraftwerk (Generator) angeschlossen).

Forschungsarbeiten zu diesem Thema haben ergeben, dass Windanlagen onshore pro Jahr 1-2% ihrer Leistungen einbüßen, Windanlagen

**offshore sogar 6%
durch den höheren
Verschleiß und die
vermehrten
Ausfallzeiten (9).**

**Errechnet man nun
über die im Jahre
2050 gemäß der
"Energiewende 2014"
festgelegten
Erzeugungskapazität
en der alternativen**

**Energien die
möglichen
eingespeisten
Leistungen anhand
der in 2014
erzielten
Nutzungsgrade, so
ergeben sich
folgende Werte:**

	Installierte Leistung	Nutzungsgrad	Eingespeiste Leistung
	GW	%	GW
Solar	125	10,3	12,8
Wind onshore	122,6	16,8	20,6
Wind offshore	21,9	20	4,4
Summe Wind und Solar	269,5		37,8
"Sonstige"	13,5	90	12,2
Summe	283		50

**Damit liegt die
täglich angebotene
Leistung über die
alternativen
Energien gemessen
an den angegebenen
illusorischen
Nutzungsgraden des
SRU (73,7 GW) mit
50 GW
erwartungsgemäß
deutlich niedriger.**

Eingespei

ste

Stromleis

tung über

**Wind und
Sonne und
erforderl
iche**

**Stromspei
cherung
gemäß
„Energie**

ende

2014“

Da nach

der

„Energie“

ende

2014“ im

Jahre

2050

Strom nur

noch aus

alternati

ven

Energien

und

Erdgas

erzeugt

werden

soll,

errechnet

sich

eine

eingespei

ste

Leistung

über

alternati

ve

Energien

**im Mittel
von nur
50 GW,
über Wind
und Solar
von 37,8**

GW .

**Durch die
niedrigeren
en**

Nutzungsg

**rade über
Wind und
Solar
wird über
die
fluktuier**

enden

Stromerze

uger Wind

und Solar

nur noch

täglich

im Mittel

37,8 GW

beigestel

lt, wobei

sich ein

erforderl

isches

Speicher

olumen

von

zunächst

nur noch

37,8/2 (42,1/2) = 18,9 (21,1) GW

**ergibt
entsprech
end**

18,9 GW x

24h = 454

GWh

bzw.

454

GW/8,4

GW = 54

Speicher.

**Bei einer
täglich
aufzubrin
genden**

Strommeng

e von

etwa

1.507 GWh

entsprech

en

37,8

GW X

24h

= 907

GWh

gerade

einmal

60%,

einschließlich
der
„Sonstige
n“ (12,2
GW x 24h
= 293

GWh) dann

**80% der
täglichen
erforderl
ichen**

Stromerze

ungung,

d.h. (1

507 -

(907 + 293 =

) 307

GWh / Tag

müssen

über

Erdgas

aufgebrauc

ht

werden .

**Für eine
Überbrück
ung von
14 Tagen**

müssen

dann

14

Tage x

307 GWh

= 4.298

GWh

über

Erdgas

und

14

Tage

x 37,8

GW x

24h =

12.700

GWh

**entweder
zusätzlich
über
Erdgas
aufgebrauc
ht oder**

**gespeiche
rt**

werden :

12.700

GWh : :

8,4 GWh

= 1.512

Speicher

(vgl.

auch

(4)) .

Diese

Zusammenh

änge und

ihre

**Bedeutung
im
Zeitalter
der
„Karbonis
ierung“**

**werden im
nächsten
Kapitel
behandelt**

■

**Eingespei
ste
Stromlei
tung über
Wind und
Solar und**

**erforderl
iche**

**Stromspei
cherung**

im

Zeitalter

der

**„Dekarbon
isierung“**

**Wenn aber
dann die**

**auf dem
G7 - Gipfel
in Elmau
eingeläut
ete
„Dekarbon**

**isierung“
greift
(Verzicht
auf die
Verbrennu
ng von**

**Kohlenstoffträgern
) , muß
dann die
über
Erdgas**

abgedeckt

e

Leistung

zwangsläu

fig

zusätzlich

h über

Wind- und

Solarstro

m

dargestel

lt

**werden ,
nämlich
in der
Spitze**

80 GW

— 50 GW =

30 GW

(S . O .) .

**Um diese
Spitzenleistung
von 80 GW
darzustellen
zu**

**können ,
sind
dann
weitere**

269,5 GW

x 30

GW/37,8

= 213,9

GW

über

Wind- und

Solarstro

m zu

installie

ren (oder

die

Mehrleist

ung müßte
über mehr
Speicher
beigeste
lt
werden) .

**Das
bedeutet,
dass sich
die zu
installie
rende**

**Leistung
über Wind
und Sonne
von
ursprüngl
ich 269,5**

GW

insgesamt

auf

269,5 GW

+ 213,9

GW

= 483,4

GW

erhöht,

**einschlie
ßlich der
„Sonstige
n“ auf
496,9 GW
insgesamt**

(der
Flächenbe
darf wäre
gewaltig
(vgl. (4))

■

**Für diese
Spitzenle
istung
von 80 GW
täglich
wären**

dann

insgesamt

37, 8/2 +

30/2 =

18, 9 +

15 =

33, 9

GW

bzw .

33,9

GW x 24h

= 813,6

GWh / Tag

bzw .

813,6

GWh / 8,4

GWh

= 96,8

Speicher

**über eine
Stromspei-
cherung
abzudecke-
n.**

**Die
Anzahl
Speicher
bei einer
winterlic
hen 14-**

**tägigen
Windflaut
e würde
sich
erhöhen
auf :**

14 Tage

X

(37, 8+30)

GW x 24h

= 22 781

GWh

bzw.

22 781

GWh / 8,4

GWh =

2.712

**Speicher,
ein
technisch
es und
wirtschaft
liches**

Desaster.

**Wenn sich
Deutschla
nd weiter
an einem**

am

Weltunter

gang

orientier

ten

ökologism

us

beteiligt

,

verabschi

edet es

sich mit

einer

nicht

bezah^lbar

en und

nicht

gesichert

en

Stromerze

ugung als

Industrie

nation

und kehrt

zurück

zum

Agrarstaat

t. Eine

Abwanderung

der

Industrie

aus

Deutschla

nd hat

schon

längst

begonnen .

Mit den

oben

dargestel

lten

**Zusammenh
ängen ist
auch die
häufig zu
hörende
Aussage,**

**dass Wind
offshore
grundlast
fähig
sei, in
den**

**Bereich
der
Illusionen
n
einzuordn
en. Das**

zeigt

auch Bild

6, in dem

die

Stromerze

ugung

**über Wind
in den
Ländern
Schweden,
Dänemark,
Frankreich**

h und

Deutschla

nd von

Januar

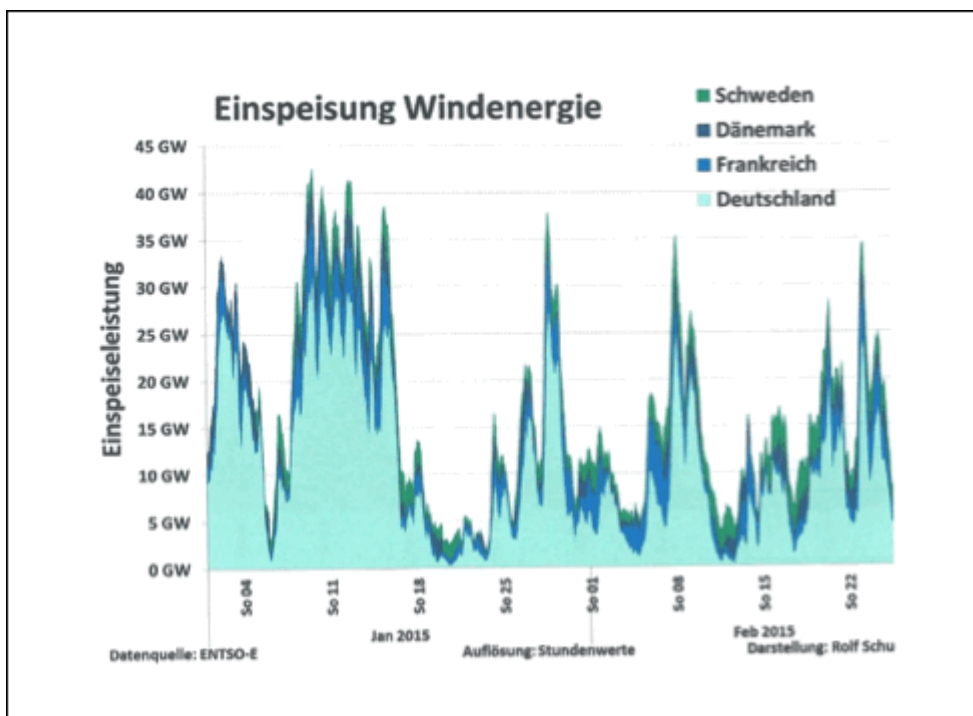
und

Februar

2015

dargestel

lt ist.



**Bild 6:
Windstrom
erzeugung
in den
Ländern
Schweden,**

**Dänemark,
Frankreich
und
Deutschland
von
Januar**

bis

Februar

2015

Scht

u ß b e

trac

htun

g

Bevo

r

nun

die

groß

e

„Dek

arbo

niisi

erun

g“

(G7 -

Gipf

el

in

ELma

u)

prak

tisc

h

als

„Neu

e

Ener

giew

ende

“

eing

eLäü

tet

wiird

(

die

welt

weit

e

verr

inge

rung

des

CO2 -

Auss

toße

s

durc

h

den

verz

icht

auf

das

verb

renn

en

von

Kohl

e,

ö

und

Erdg

as

von

40 - 7

0%

gege

nübe

r

1990

bis

Mitt

e

und

100%

bis

Ende

die

es

Jahr

hund

erts

)

solll

te

doch

zunä

chsst

ei[·]nm

al

die

tech

nisc

he

Grun

dvor

raus

setz

ung

disk

utjie

rt

w e r d

e n ,

w i e

eine

ausr

eich

ende

Mögl

ichk

eit

der

stro

mspe

i[·]che

run^g

g e s c

h a f f

e n

w e r d

e n

k a n n

, um

dann

die

damí

t

verk

nüpf

ten

hohe

n

Ko s t

en

eben

fall

s

abs c

hätz

en

zu ,

könn

en ,

bevo

r

Deut

scht

and

mit

alte

rnat

iven

Stro

merz

euge

rn

zuge

pfLa

ster

t

wird

■

Dies

gilt

für

die

„Ene

rgie

wend

e

2014

“

und

um

so

mehr

für

die

eing

eLäü

tete

„Dek

arbo

niisi

erun

g“ .

Grun

d

für

dies

e

„Dek

arbo

nisi

erun

g“

ist

das

durch

h

ni ch

ts

zu

begr

ünde

nde

„Zwe

i. -

Grad

Ziel

“

,

obwo

ht

die

Temp

erat

uren

seit

etwa

19

Jahr

en

nicht

t

mehr

anst

eigige

n

trot

z

zune

hmen

der

CO₂-

Geha

ute

in

der

Atmo

sphä

re

und

der

Tats

ache

,

dass

alle

Warm

zeit

en

nach

der

letz

ten

Eisz

eit

wärm

er

ware

n

als

die,

jetz

ige,

ohne

nenn

ensw

erte

n

anth

ropo

gene

n

CO2 -

Aus

stoß.

ES

stel

lt

sich

die

Frag

e,

wie

Lang

e

wi·r

unS

dies

e

fort

Lauf

ende

n

vors

telt

unge

n

von

Ener

giew

ende

n

noch

leis

ten

könn

en

und

dabe

i

eine

m am

welt

unte

rgan

g

orie

ntie

rten

ökol

ogis

mus

folg

en ,

der

prim

är

auf

der

Ausb

reit

ung

von

Angs

t

und

Schr

ecke

n

fußt

und

hart

e

Fakt

en

negi

ert

(wie

sagt

e

noch

der

Sozi

o ʌ o g

e

N i k ʌ

as

Luhm

ann:

„wer

Angs

t

hat ,

ist

mo ra

lisc

him

Rech

t“”) . ■

Wenn

sich

nun

z. B.

Eon

über

eine

n

Auft

rag

von

1,9

Mrd.

€

aus

UK

freu

t,

um

d o r t

v o r

d e r

süde

ngli

sche

n

Küst

e

eine

n

Wind

park

mit

116

Anla

gen

und

ca. ■

4000

MW

Nenn

leis

tung

zu

baue

n

und

zu

bet r

eibe

n,

so

könn

en

nach

Spat

tung

von

Eon

in

eine

n

die

konv

enti

one

len

Kraf

twer

ks -

Kapa

ziitä

ten

eins

chli

eßli

ch

Kern

kraf

twer

ke

ent h

alte

nden

Teil

und

eine

n

die

alte

rnat

iven

ener

gien

enth

alte

nden

bei

den

oben

ausg

ewie

sene

n

Nutz

ungs

grad

en

solc

he

Akti

viitä

ten

nur

noch

als

eine

FLUC

ht

nach

vorn

e

ange

sehe

n

we rd

en .

Ähnt

iche

s

gilt

für

ande

re

unte

rneh

men .

Don

Quinj

ote

hiel

t

wind

mühl

en

für

viel

armi

ge

Ries

en

und

stel

ute

sich

zum

Zwei

kamp

f.

ES

spri

cht

viele

dafür

r,

dass

die

stän

ding

zune

hmen

de

Zahl

an

Erba

uern

von

wind

anla

gen

offs

hore

eine

n

ähnt

iche

n

Kamp

f

gege

n

die

wind

mühl

en

ausz

utra

gen

haben

n

wie

eins

t

Don

Quinj

ote

de

La

Mano

ha

in

Ming

er

de

Cerv

ante

S

spät

mitt

elal

terl

iche

m

Roma

n .

z

u

sa

mm mm

en

fa

SS

un

g

Au

sg

eh

en

d

wo

n

de

r

in

20

14

de

f

i

ni

er

te

n

En

er

gi

e w

en

de

w e

rd

en

di

e

Nu

t

z

un

gs

gr

ad

e

de

r

S t

ro

me

rz

eu

ge

r

wi

nd

un

d

So

la

r

na

ch

de

m

So

nd

er

gu

ta

ch

te

n

de

S

”S

ac

h v

er

st

■ ■

än

di

ge

nr

at

es

f ü

r

Um

w e

U

U

f r

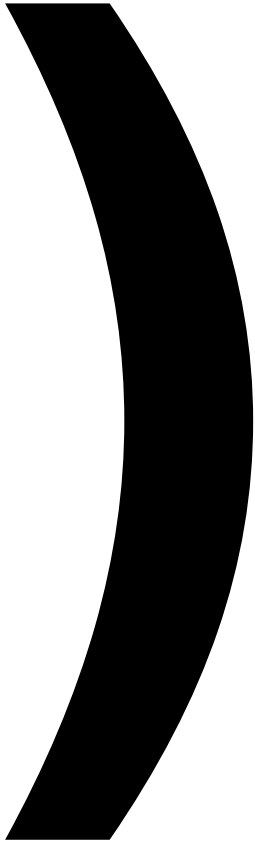
ag

en



(S

RU



au

S

de

m

Ja

hr

e

20

1

1

we

rg

ri

ch

en

mi

七

de

n

in

20

14

er

z

z

erl

te

n

ta

ts

■ ■

ä c

ht

ic

he

n

Nu

t

z

un

sg

ra

de

n

un

d

di

e

Ko

ns

ed

we

nz

en

fü

r

de

n

Au

sb

au

de

r

S t

ro

me

rz

eu

gu

ng

SK

ap

az

立

止

ät

en

f ü

r

wi

nd

un

d

So

nn

e

so

wi

e

di

e

er

fo

rod

er

ri

ch

e

qu

an

ti

ta

ti

we

S t

ro

ms

pe

ic

he

ru

ng

be

sc

hr

ie

be

n



Au

sg

eh

en

d

wo

n

de

n

wo

m

SR

U

de

f

i

ni

er

te

n

Nu

t

z

un

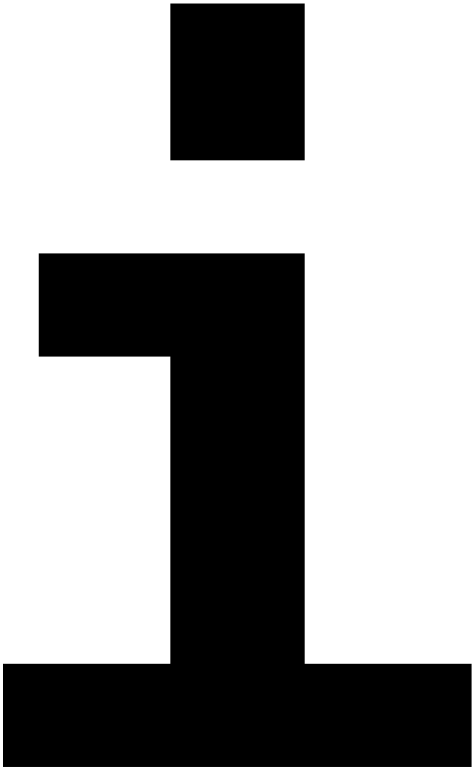
gs

gr

ad

e

be



e i

ne

r

im

Ja

hr

e

20

50

zu

in

st

al

ri

er

en

de

n

Le

i's

tu

ng

ub

er

di

e

al

te

rn rn

at

i

v

en

En

er

gi

en

na

ch

de

r

“

E

ne

rg

ie

w e

nd

e

20

14



wo

n

28

3

GW

er

ge

be

n

Si.

ch

ei

ng

es

pe

i's

te

Le

i's

tu

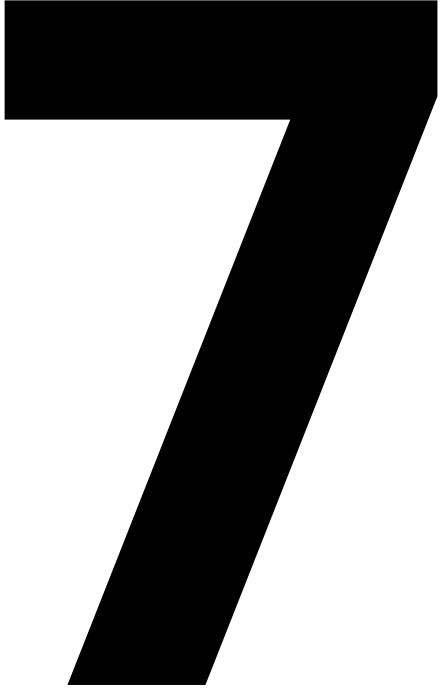
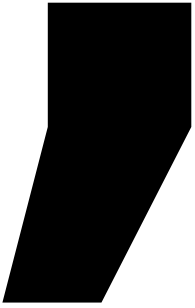
ng

en

wo

n

73



GW

(6

1

,

5

GW

ub

er

wi

nd

un

d

So

la

r

,

12

12

GW

ub

er

”S

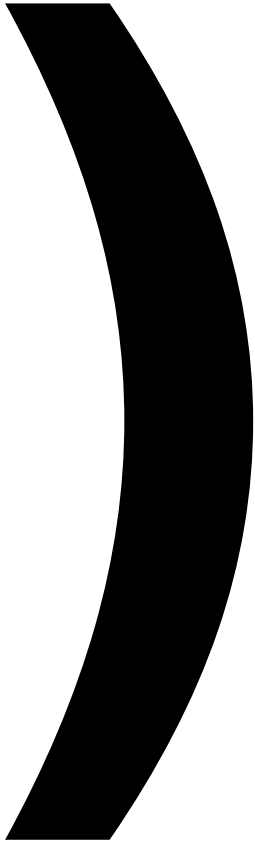
on

st

ig

e

“



na

ch

de

n

ta

ts

■ ■

ä c

ht

ic

he

n

Nu

t

z

un

gs

gr

ad

en

in

20

14

wo

n

nu

r

50

GW

(3)

7

,

8

GW

ub

er

wi

nd

un

d

So

la

r

,

12

12

GW

ub

er

”S

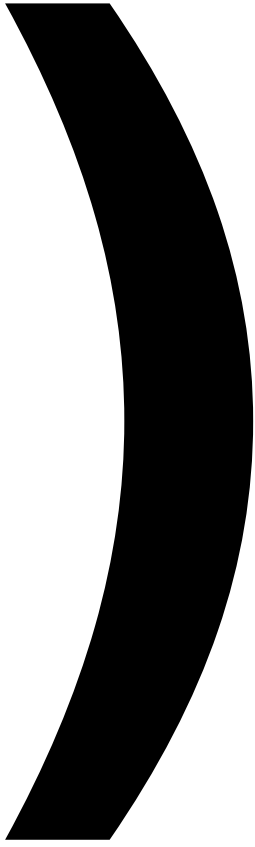
on

st

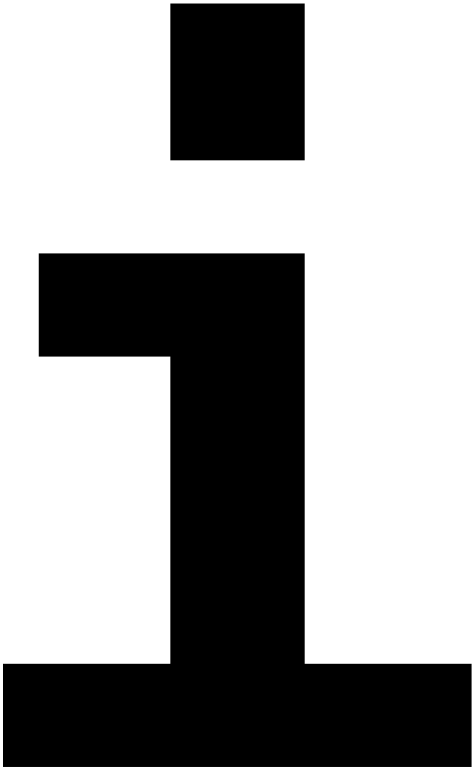
ig

e

“



be



ei

ne

r

tä

gt

ic

h

er

fo

rd

er

ri

ch

en

Le

i's

tu

ng

zw

i's

ch

en

40

un

d

8

0

GW



Da

di

e

im

So

nd

er

gu

ta

ch

te

n

de

S

SR

U

an

ge

ge

be

ne

n

Nu

t

z

un

gs

gr

ad

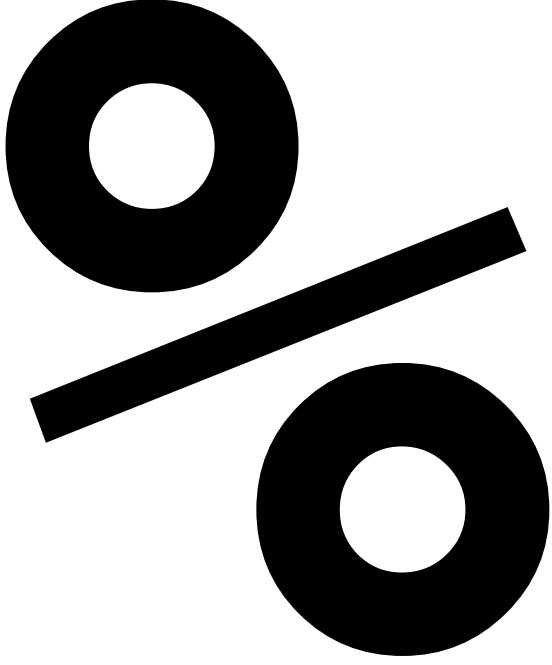
e

wo

n

14

9,



fü

r

So

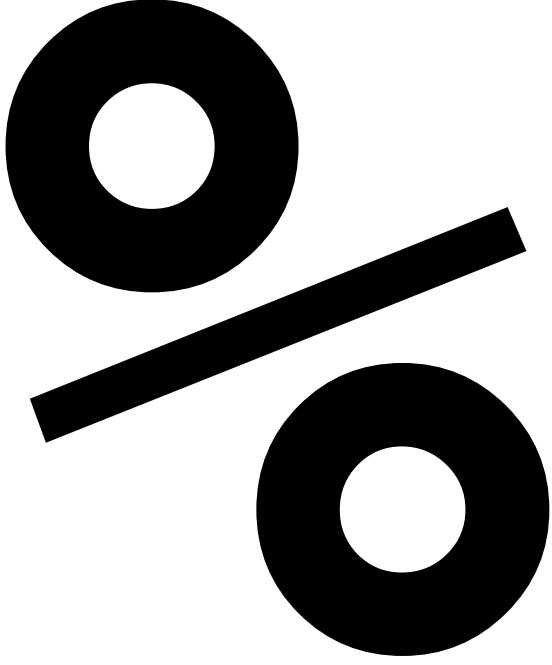
la

r

,

26

12



fü

r

wi

nd

on

sh

or

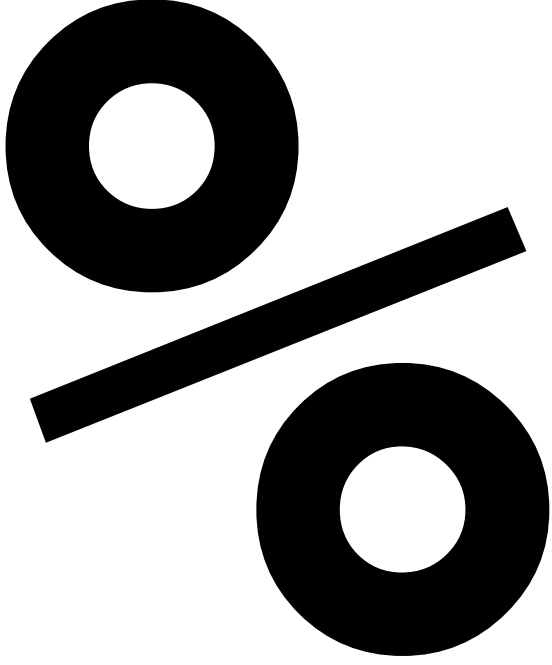
e

un

d

49

4



fü

r

wi

nd

of

f s

ho

re

zu

see

hr

wo

n

de

r

wi

rk

ri

ch

ke

立

止

ab

w e

ic

he

n

,

wi

rd

di

es

er

Fa

U

U

in

de

r

z

u

sa

mm mm

en

fa

SS

un

g

ni

ch

七

w e

立

止

er

we

rf

ol

gt



Ba

Si

er

en

d

au

f

de

r

“

E

ne

rg

ie

w e

nd

e

20

14



un

d

de

n

Nu

t

z

un

gs

gr

ad

en

au

S

20

14

mü

SS

en

du

rc

h

di

e

FIL

wk

tu

at

io

n

de

r

S t

ro

me

rz

eu

ge

r

wi

nd

un

d

So

la

r

zu

r

mö

gt

ic

he

n

Nu

t

z

un

g

wo

n

wi

nd

un

d

So

la

r

in

20

50

fü

r

ei

ne

tä

gt

ic

he

Le

i's

tu

ng

wo

n

37

8

GW

37

8

GW

12



18

9,

GW

ub

er

S t

ro

ms

pe

ic

he

r

ab

ge

de

ck

七

w e

rd

en



wO

zu

18

9,

GW

X

24

h



45

4

GW

h

b

z

W



45

4

GW

h

/

8

,

4

GW

h



54

Sp

e i

ch

er

de

r

Go

ud

i's

t h

al

gr

ö ß

e

zu

r

ve

rf

ü g

un

g

st

eh

en

mü

SS

en

(n

at

ür

ri

ch

sc

he

id

et

de

r

Ba

u

wo

n

Pu

mp

sp

e i

ch

er

w e

rk

en

in

De

ut

sc

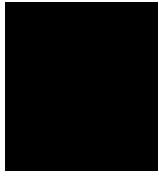
ht

an

d

au

S.



Da

ab

er

an

de

re

Sp

ei

ch

er

au

S

Gr



ün

de

n

zu

ho

he

r

Ko

st

en

au

SS

ch

ei

de

n

,

wi

rd

hi

er

zu

r

Be

sc

hr

ei

bu

ng

de

r

un

er

lä

ST

ic

he

n

S t

ro

ms

pe

ic

he

ru

ng

de

r

Go

ud

i's

th

al

sp

e i

ch

er

”a

wa

Si

al

S

Ma

Be

in

he

立

止

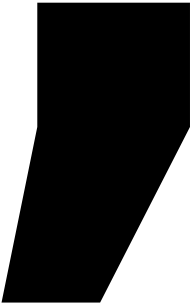
“

we

rw

an

dt



Le

i's

tu

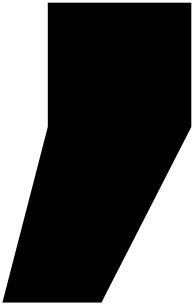
ng

1

,

05

GW



di

e

ub

er

8h

ge

ri

ef

er

七

w e

rd

en

ka

nn



8

,

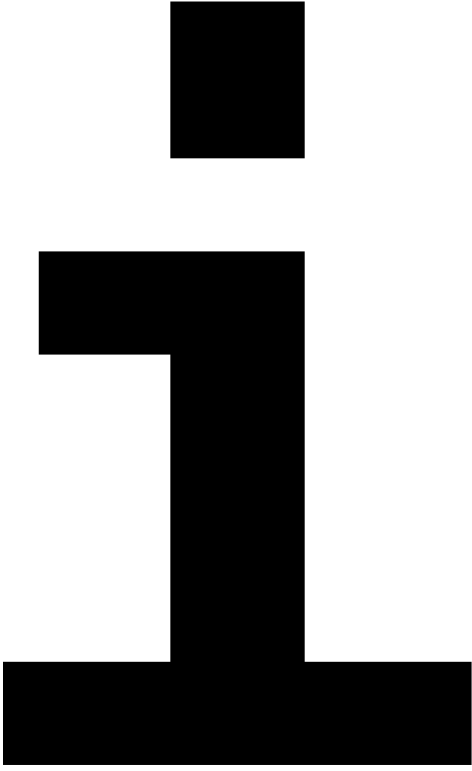
4

GW

h)



Be



ei

ne

m

tä

gt

ic

he

n

S t

ro

mb

ed

ar

f

in

De

ut

sc

ht

an

d

wo

n

rd



1.

1.

50

7

GW

h

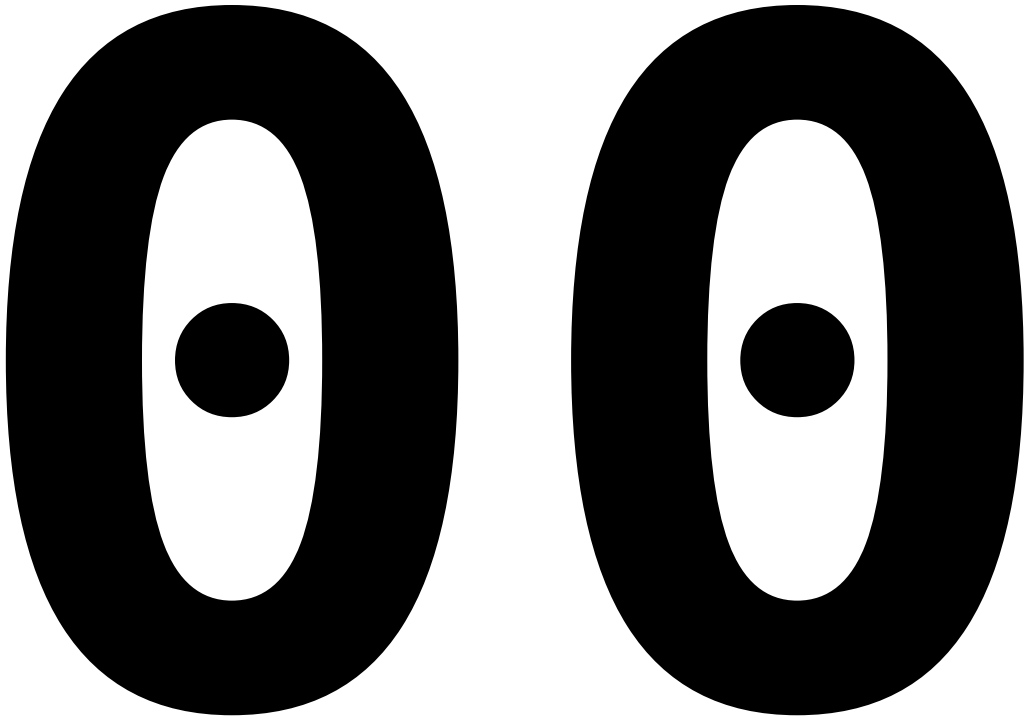
/

Ta

g

(5

50



0

GW

h

/

a)

w e

rd

en

e i

ns

ch

ri

eis

ri

ch

de

r

”S

on

st

ig

en



50

GW

X

24

h



1

20

0

GW

h

/

Ta

g

im

Mi

七

七

erl

ub

er

di

e

al

te

rn rn

at

i

v

en

En

er

gi

en

en

ts

pr

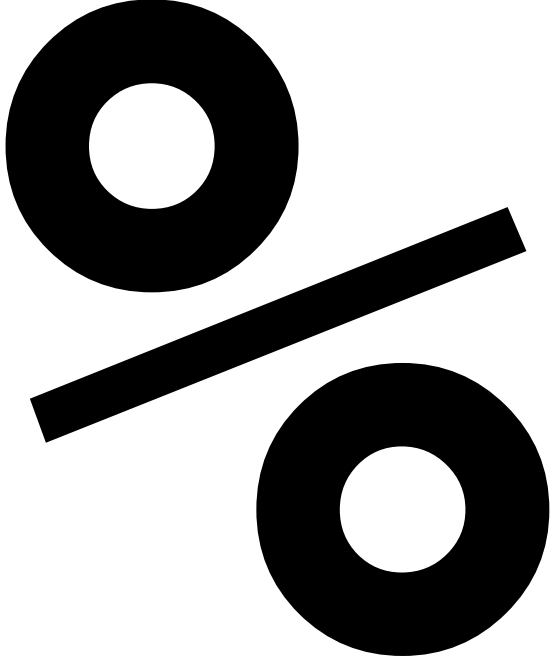
ec

he

nd

8

0



de

S

tä

gt

ic

he

n

S t

ro

mb

ed

ar

fe

S

er

ze

wg

七

、

d

.

h

.

es

mü

SS

en

im

Mi

七

七

erl

30

7

GW

h

ub

er

Er

dg

as

ab

ge

de

ck

七

w e

rod

en



z

u

r

Üb

er

br

шс

ku

ng

ei

ne

r

14



tä

gi

ge

n

wi

nd

fl

au

te

im

wi

nt

er

mü

SS

en

da

nn

14

Ta

ge

X

30

7

GW

h

/

Ta

g

[REDACTED]

[REDACTED]

4

.

29

8

GW

h

ub

er

Er

dg

as

au

fg

eb

ra

ch

七

w e

rd

en

un

d

14

Ta

ge

X

37

8

GW

X

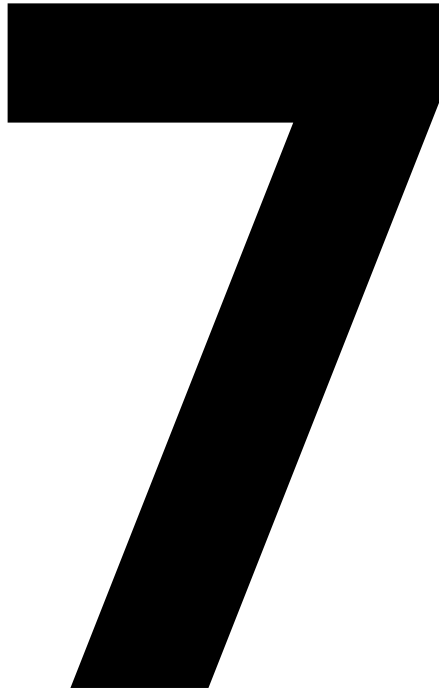
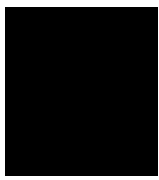
24

h

[REDACTED]

[REDACTED]

12



00

GW

h

zu

Sä

t

z

ri

ch

ub

er

Er

dg

as

be

ig

es

te

U

U

七

od

er

ge

sp

ei

ch

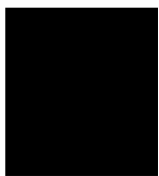
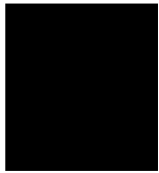
er

七

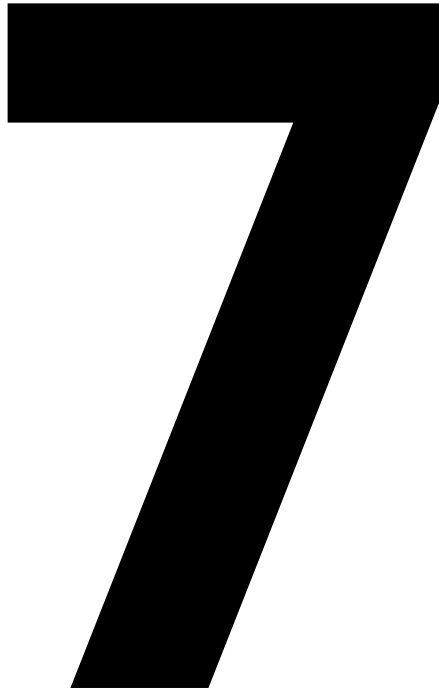
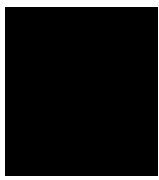
w e

rd

en



12



00

GW

h

/

8

,

4

GW

h



1.

1.

5

1

2

Sp

e i

ch

er



Ab

er

im

ze

立

止

al

te

r

de

r

”D

ek

ar

bo

ni

Si

er

un

g

“

UW

er

z

zi

ch

七

au

f

di

e

ve

rb

re

nn

un

g

wo

n

Ko

ht

en

st

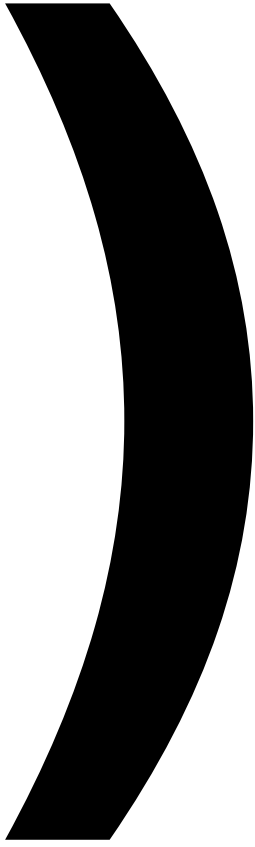
of

f t

rä

ge

rn rn



i's

七

de

r

Ei

ns

at

Z

wo

n

Er

dg

as

ni

ch

七

me

hr

mö

gt

ic

h

.

Im

e i

ng

erl

■ ■

äu

te

te

n

ze

立

止

al

te

r

de

r

”D

ek

ar

bo

ni

Si.

er

un

g

“

mu

BS

da

he

r

di

e

ge

sa

mt

e

S t

ro

mm mm

en

ge

wo

n

55

0



00

0

GW

h

/

a

ub

er

di

e

al

te

rn rn

at

i

v

en

En

er

gi

en

er

ze

wg

七

w e

rd

en



Di

e

al

te

rn rn

at

i

v

en

En

er

gi

en

mü

SS

en

da

nn

so

au

sg

erl

eg

七

see

in



da

SS

Si

e

au

ch

di

e

tä

gt

ic

he

n

Le

i's

tu

ng

SS

p

i

t

z

en

wo

n

8

0

GW

ab

de

ck

en



wO

wo

n

37

8

GW

ub

er

wi

nd

un

d

So

la

r

un

d

12

12

GW

ub

er

”S

on

st

ig

e

“

na

ch

de

n

ob

ig

en

Da

rs

te

U

U

un

ge

n

be

re

立

止

S

be

ig

es

te

U

U

七

w e

rd

en



ES

mü

SS

en

ab

er

da

nn

du

rc

h

de

n

z w

an

gs

lä

uf

ig

en

ve

rz

ic

ht

au

f

Er

dg

as

zu

Sä

t

z

ri

ch

8

0

GW



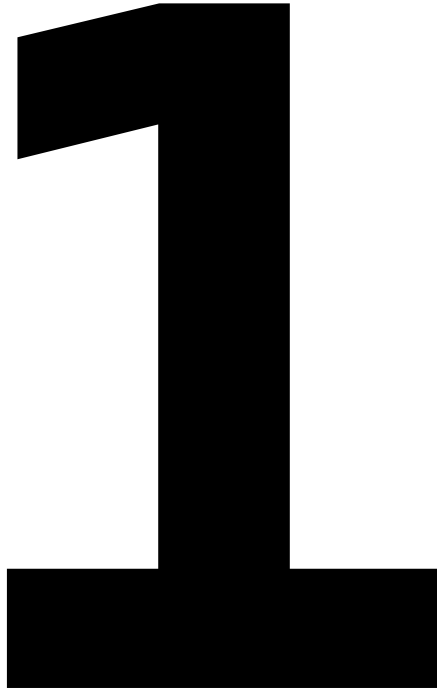
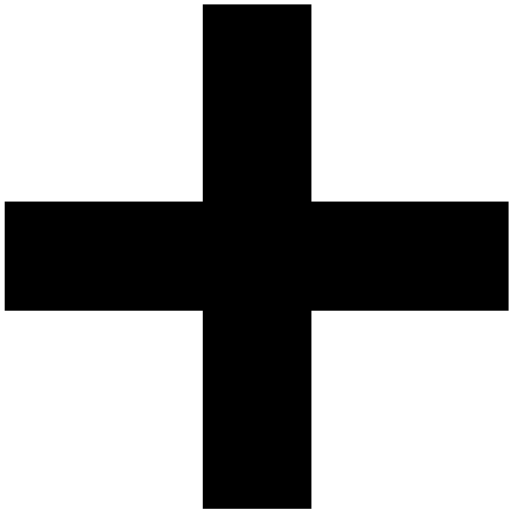
(3)

7

,

8

GW

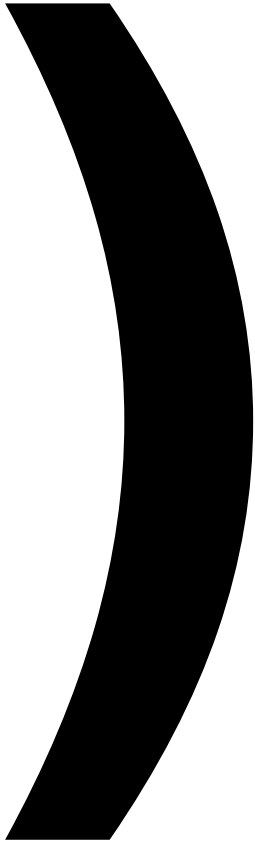


2

,

2

GW





30

GW

ub

er

wi

nd

un

d

So

nn

e

er

ze

wg

七

w e

rd

en



Da

zu

mu

BS

di

e

zu

in

st

al

ri

er

en

de

Le

i's

tu

ng

ub

er

di

e

al

te

rn rn

at

i

v

en

En

er

gi

en

wo

n

28

3

GW

au

sg

eh

en

d

au

f

49

6

,

9

GW

an

ge

ho

be

n

w e

rod

en



wo

n

de

n

67

8

GW

ub

er

wi

nd

un

d

So

la

r

mu

BS

da

nn

di

e

Hä

U

f

te

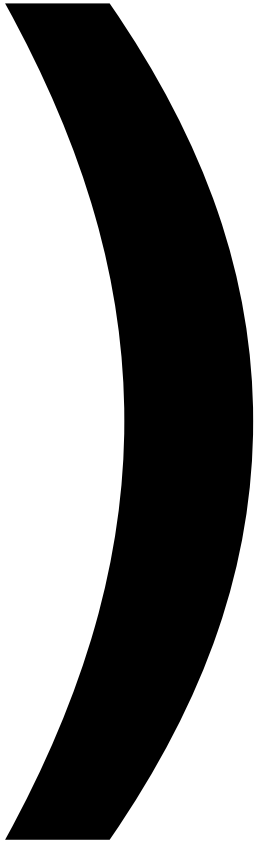
(3)

3

,

9

GW



ub

er

S t

ro

ms

pe

ic

he

r

f 1

ie

Be

n

,

en

ts

pr

ec

he

nd

96

8

Sp

e i

ch

er



Fü

r

ei

ne

14



tä

gi

ge

wi

nd

fl

au

te

im

wi

nt

er

er

gi

bt

Si

ch

da

nn

e i

ne

Sp

ei

ch

er

za

ht

wo

n

14

Ta

ge

X

67

8

GW

X

24

h

[REDACTED]

[REDACTED]

22

78

1

GW

h

22

78

1

GW

h

/

8

,

4

GW

h



2

7

1

2

Sp

ei

ch

er



ei

n

De

sa

st

er



Da

S

wä

re

fü

r

De

ut

sc

ht

an

d

di

e

Ab

ke

hr

wo

m

In

du

st

ri

es

ta

at

hi

n

zu

m

Ag

ra

rs

ta

at



Be

wo

r

De

ut

sc

ht

an

d

mi

七

al

te

rn rn

at

i

v

en

En

er

g

i

en

zu

ge

p

f

la

st

er

七

wi

rd



so

U

U

te

n

do

ch

zu

nä

ch

st

ei

nm

al

di

e

te

ch

ni

sc

he

n

un

d

ko

st

en

mä

Si

ge

n

Gr

un

dw

or

ra

us

see

t

z

un

ge

n

di

es

er

“

E

ne

rg

ie

w e

nd

e

20

14



di

SK

ut

ie

rt

w e

rd

en



be

wo

r

sc

ho

n

wi

ed

er

ei

ne

UN

eu

e

En

er

g

i

e w

en

de



de

r

ri

De

ka

rb

on

i's

ie

ru

ng



au

S

de

r

Ta

uf

e

ge

ho

be

n

wi

rd



L

i

te

ra

tu

r

1.

1.

Er

ne

we

rb

ar

e

—

En

er

gi

en



Ge

see

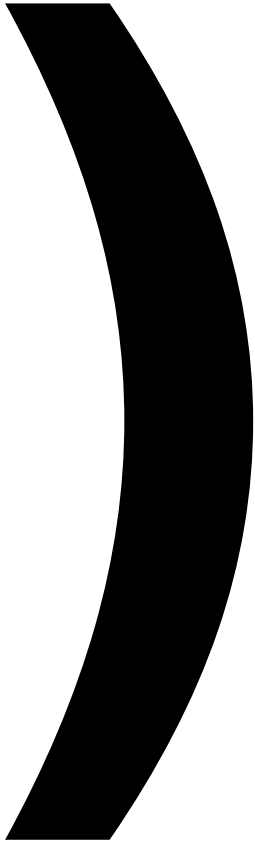
t

z

(

E

EEG



20

14



ni

ch

七

am

せじ

ic

he

Le

see

fa

SS

un

g

de

S

E

E

G

in

de

r

ab

1.

1.

8



20

14

ge

U

U

en

de

n

Fa

SS

un

g

(u)

nt

er

z

u

gr

un

de

le

gu

ng

de

r

Bu

nd

es

ta

gs

be

sc

ht

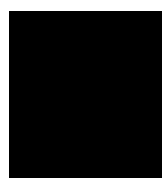
üS

see

wo

m

27



6



un

d

4

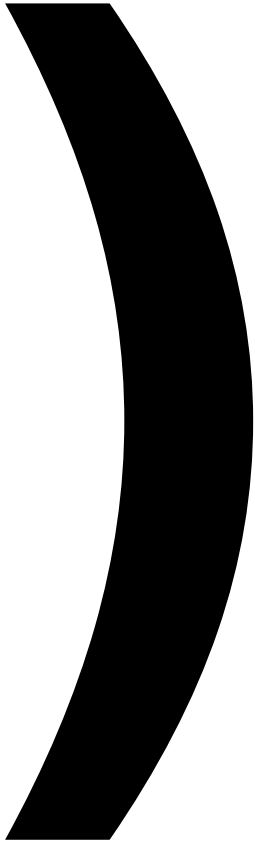
.

7



20

14



2.



www

W



oe

U

U

er

er

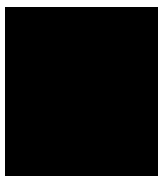
rn

et

(

v

gt



au

ch

4)

3



S c

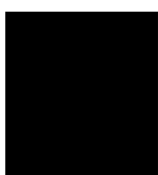
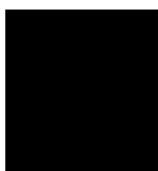
hu

st

er



R.



Mi

七

七

ei

rw

ng

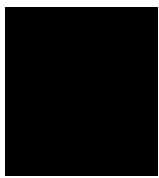
wo

m

4

.

5.



20

14

(w

gt

■ a

wc

h

4)

4

.

Be

pp

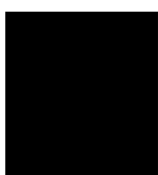
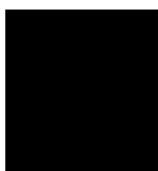
le

r

,

E

.



“

E

ne

rg

ie

w e

nd

e

20

14



ei

n

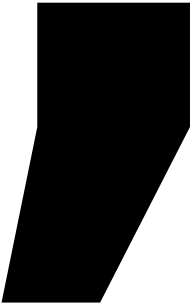
De

ba

ke

1

11



Bo

D

;

I S

BN

97

8

—

3

-

73

86

9

4

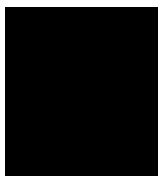
1

8

—

5

5.



I

W

EES



Re

po

rt

20

14



See

立

止

e

16

6



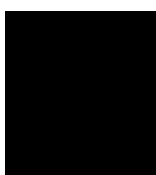
S c

hu

st

er

AR



ve

rd

re

i

f

ac

hu

ng

de

r

wi

nd

st

ro

mt

ei

st

un

g

bi

S

zu

m

Ja

hr

e

20

24

un

d

Be

tr

ac

ht

un

g

de

S

Üb

er

sc

hu

SS

st

ro

ms

an

ha

nd

e i

ne

S

Be

i's

p

i

erl

es

7



Do

wg

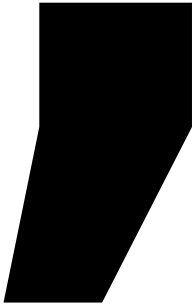
la

S

,

H

.



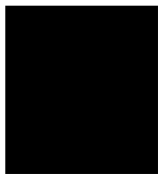
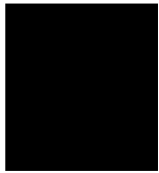
F

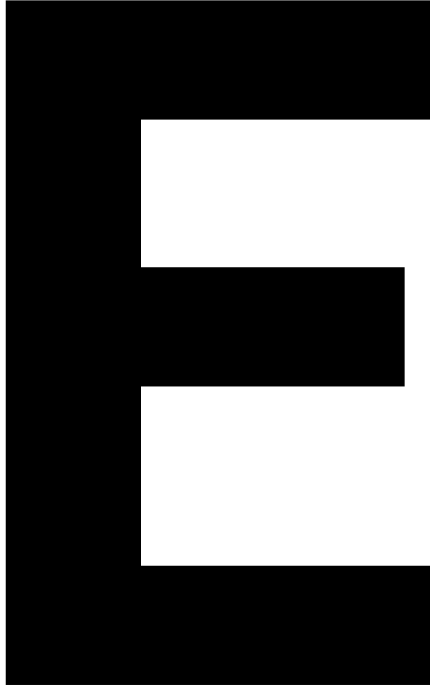
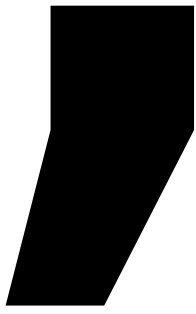
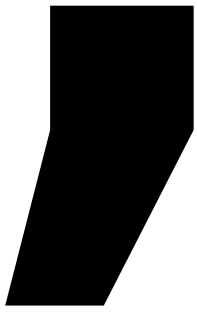
.

En

dr

es





ne

rg

ie

w e

nd

e

oh

ne

S t

ro

ms

pe

ic

he

r

un

mö

gt

ic

h

,

mi

七

Sp

e i

ch

er

n

un

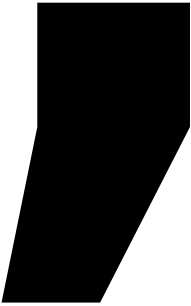
be

za

ht

ba

r “ ”



EI

KE

1

7

4

.2

0

1

5

8



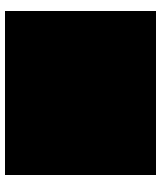
S c

hu

st

er

AR



O

f

f s

ho

re

te

ch

ni

k

im

ve

rg

le

ic

h

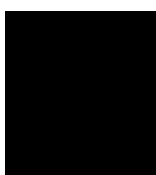
9



Ki

pp

AR



rw

ar

um

de

r

wi

nd

ni

em

al

S

kk

ei

ne

Re

ch

nu

ng



sc

hr

ei

bt

un

d

wi

nd

ka

f t

te

we

r

bl

ei

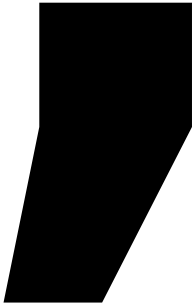
bt



E

I

KE



29

5

. 2

0

1

5

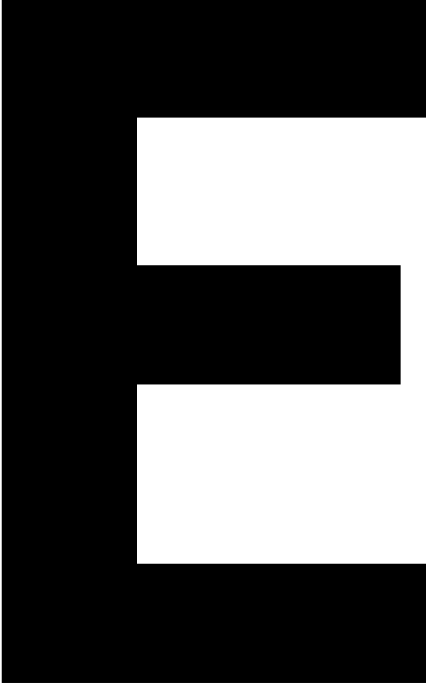
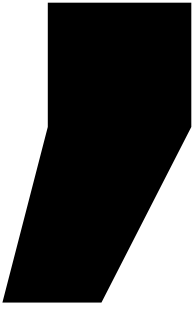
10

.B

er

pt

er





“

E

ne

rg

ie

w e

nd

e



Z

zw

e i

te

in

du

st

ri

erl

le

Re

wo

rw

ti

on

od

er

F

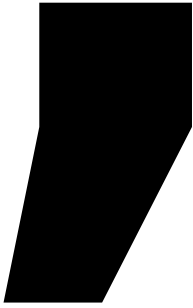
i

as

ko

?

“ ”



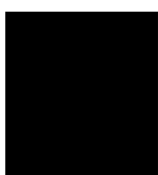
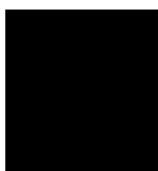
Bo

D

;

IS

BN



97

8

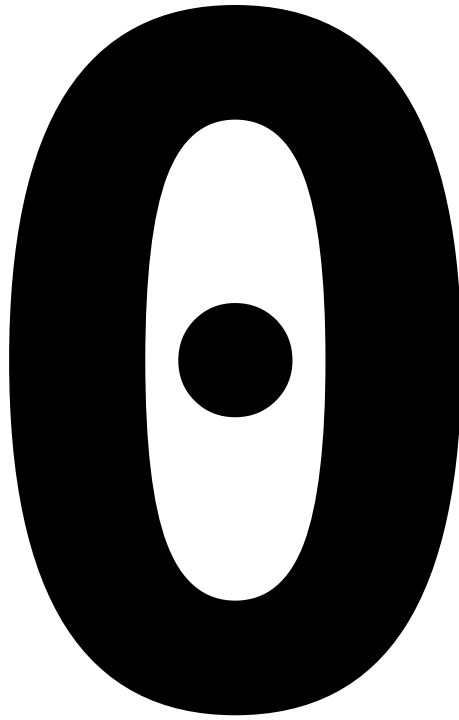
—

3.

—

73

22



03

4

—

4

1

1

· S

ch

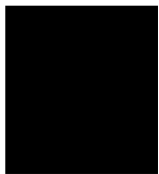
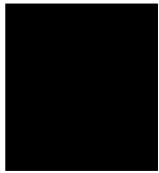
us

te

r

,

R.



Ei

ns

pe

i's

un

g

wi

nd

en

er

gi

e

in

S c

h w

ed

en

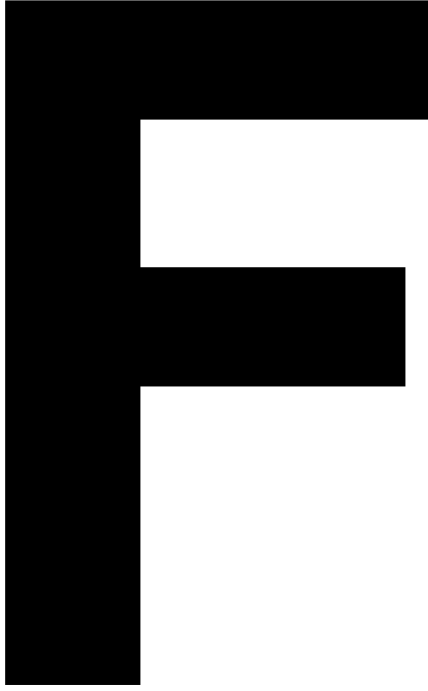
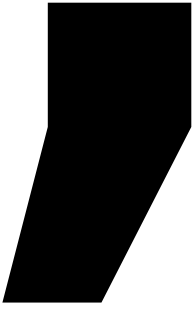


Dä

ne

ma

rk



ra

nk

re

ic

h

un

d

De

ut

sc

ht

an

d