Die ökonomischen Auswirkungen von Treibhausgas-Emissionen

geschrieben von Ken Gregory | 31. Mai 2016

Energiegleichgewichts-Klimasensitivität

Der wichtigste Parameter bei der Berechnung der ökonomischen Auswirkung des Klimawandels ist die Sensitivität des Klimas gegenüber Treibhausgas-Emissionen. Der Klimatologe Nicholas Lewis gebrauchte ein Energie-Gleichgewichts-Verfahren, um die Gleichgewichts-Klimasensitivität ECS zu schätzen. Er kam auf ein Best Estimate von 1,45°C bei einer Verdoppelung des atmosphärischen CO2-Gehaltes mit einer wahrscheinlichen Unsicherheits-Bandbreite (17% bis 83% Vertrauen) von 1,2°C bis 1,8°C.

ECS ist die globale

Temperaturänderung als Folge einer CO2-Verdoppelung, nachdem man den Ozeanen Zeit gegeben hat, Temperatur-Gleichgewicht zu erreichen, was etwa 3000 Jahre dauert.

Ein für die Politik wichtigerer Parameter ist die Transiente Klima-Reaktion TCR, welche die globale Temperaturänderung zur Zeit der CO2-Verdoppelung ist. Eine derartige Verdoppelung würde bei der heutigen Rate der Zunahme von 55% etwa 126 Jahre dauern. Die Analyse ergibt ein Best Estimate bei 1,21°C mit einer wahrscheinlichen Bandbreite (17% bis 83%) zwischen 1,05°C und 1,45°C.

Die beiden analysierten Zeiträume sind 1859 bis 1882 und 1995 bis 2011. Sie wurden gewählt, weil sie sich durch die längste frühe bzw. späteste Periode ohne signifikante vulkanische Aktivität auszeichnen.

Dies bietet die größte Änderung des Antriebs und folglich die geringste Unsicherheits-Bandbreite. Der lange Zeitraum zwischen den beiden Perioden hat zur Folge, dass sich kurzfristige Ozean-Oszillationen wie die AMO und die PDO heraus mitteln, berühren aber nicht Ozean-Oszillationen im Maßstab von Jahrtausenden oder indirekte solare Einflüsse.

Aerosole sind der dominante Beitrag zur Unsicherheit bei Schätzungen der Klima-Sensitivität. Nicholas Lewis schreibt: „In diesem Zusammenhang sind Schätzungen des Aerosol-Antriebs in einer überzeugenden neuen Studie von Björn Stevens mittels Verfahren, die auf der Physik basieren und mit Beobachtungen überprüft wurden, eine grundlegende Veränderung“. Stevens ist Experte bzgl. Wolken-Aerosol-Prozesse. Er leitete eine neue,

längere Schätzung des Aerosol-Antriebs ab. Lewis verwendete die neue Schätzung für den Aerosol-Antrieb und verwendete Schätzungen anderer Antriebe, wie sie im 5. Zustandsbericht des IPCC beziffert worden waren.

Adjustierungen für Jahrtausend zyklische Erwärmung und Stadtwärme

Diese Analyse von Lewis

berücksichtigt nicht die langfristige natürliche Erwärmung seit der Kleinen Eiszeit LIA, wahrscheinlich ausgelöst durch indirekte Sonnenaktivität. Die Temperatur-

Historie zeigt eine offensichtliche Temperatur-Oszillation im Jahrtausend-Maßstab, was zeigt, dass natürliche Klimaänderung einen bedeutenden Anteil an der

Erholung der Temperatur seit der LIA hat.

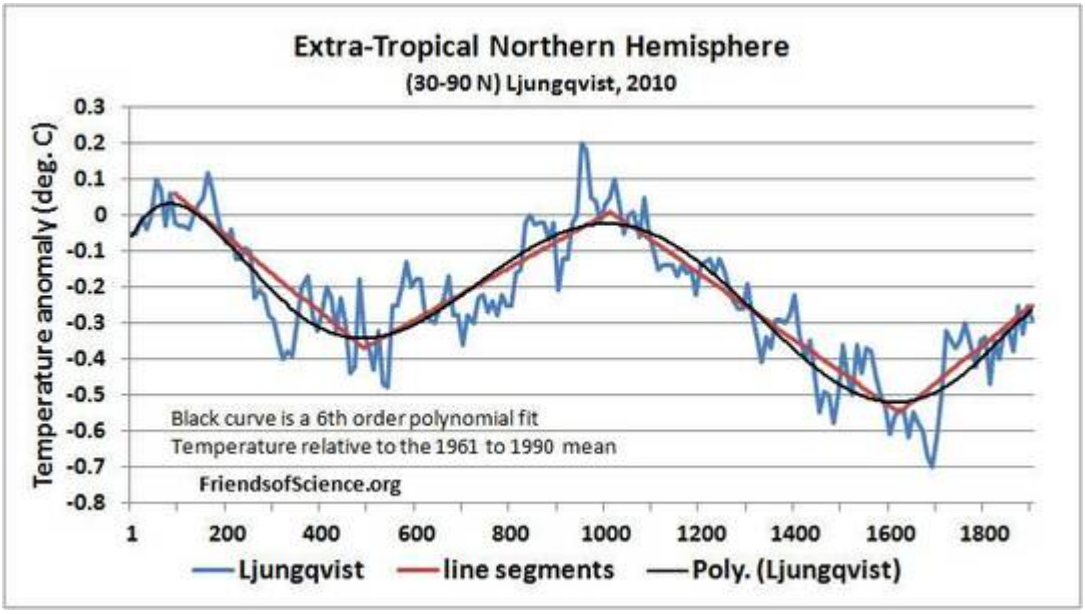


Abbildung 1: Außertropische Temperaturänderung

auf der Nordhemisphäre, modifiziert übernommen von Ljungquist 2010 mit einem Polynom-Fit 6. Ordnung und Linien-Segmenten. Römische Warmzeit AD 1 bis 300; Kaltzeit der Dark Ages AD 300 bis

900; Mittelalterliche Warmzeit 800 bis 1300; Kleine Eiszeit 1300 bis 1900; moderne Warmzeit 1900 bis heute.

Frederik Ljungquist erstellte eine

Temperatur-Rekonstruktion der außertropischen Nordhemisphäre (ETNH) während der letzten beiden Jahrtausende mit einer dekadischen Auflösung aufgrund von 30 Temperatur-Proxys. Anthropogene

Treibhausgas-Emissionen haben bis zum Jahr 1990 keine signifikante Temperaturänderung ausgelöst, weil kumulative CO2-Emissionen bis 1900 nicht signifikant waren. Das Mittel der absoluten

natürlichen Temperaturänderung über die vier Perioden in Abbildung 1 betrug 0,095°C pro Jahrhundert.

Die Ljungquist-Studie nennt zahlreiche Gründe, warum die

Rekonstruktion wahrscheinlich die Temperatur-Variabilität „ernstlich unterschätzt“. Aber er nimmt an seiner Rekonstruktion keinerlei Korrekturen vor. Die Baumring-

Proxys sind hin zur sommerlichen Wachstumsperiode verzerrt. Falls die Abkühlung der LIA in den Wintermonaten ausgeprägter war, wäre die Jahresschätzung zu warm verzerrt. Die großen Datierungs-

Unsicherheiten in Sediment-Proxys haben den Effekt der „Verflachung“ der Temperaturen, so dass die wirkliche Größenordnung zwischen Warm- und Kaltperioden unterschätzt ist.

Die Proxy-Temperatur ist während des 20. Jahrhunderts nicht so stark gestiegen wie die mit Thermometern gemessene Temperatur. Dies zeigt, dass die instrumentelle Temperatur zum

Wärmeren verzerrt ist infolge des nicht korrigierten städtischen Wärmeinsel-Effektes UHI und/oder unterschätzten rekonstruierten Temperaturvariationen aus den Proxys.

Die jährlichen Temperaturen zeigen 23% mehr Variabilität als die Temperaturvariabilität von Bäumen während der Wachstumssaison, gewichtet nach Wachstumsraten der Bäume. Dies zeigt,

dass die Baumring-Proxys die Temperaturvariabilität unterschätzen. Acht der 30 Proxys haben diesen jahreszeitliche Baumring-Bias. Unter der Annahme der Datierungs-Unsicherheit der

12 Sediment-Proxys verbreitert sich die Auflösung über 100 Jahre. Damit wurde geschätzt, dass diese Proxys die Temperaturvariabilität um 12% unterschätzen. Der gewichtete mittlere Bias der

30 Proxys wurde mit 11% geschätzt.

Die Temperaturvariabilität der Tropen und der Südhemisphäre ist geringer als auf der extratropischen Nordhemisphäre,

was dem größeren Ozeangebiet geschuldet ist. Betrachtet man die kühlste und wärmste Zwei-Dekaden-Periode, variieren die globalen Temperaturen nur um 80% der ETNH. Die globale

natürliche Erholung aus der Kleinen Eiszeit wird mit 0,084°C pro Jahrhundert geschätzt, wobei der Proxy-Bias und die globalen Adjustierungen berücksichtigt sind.

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass der UHI die Temperaturmessungen mit Thermometern kontaminiert. Eine Studie von McKitrick und Michaels 2007 zeigte, dass fast die Hälfte der Erwärmung auf dem

Festland seit 1980 in den Instrumenten-Datensätzen auf den UHI zurückzuführen ist. Der UHI auf dem Festland macht etwa 0,14°C pro Dekade aus oder 0,042°C pro Dekade auf globaler Basis

seit 1979.

Die Jahrtausend-Erwärmung und UHI-Korrekturen reduzieren die Temperaturänderung zwischen den beiden Perioden der Analyse aufgrund von Treibhausgasen von

0,72°C auf 0,51°C. Der Best Estimate des ECS unter Einbeziehung des Jahrtausend-Erwärmungszyklus‘ und dem UHI liegt bei 1,02°C, und der Best Estimate von TCR bei 0,85°C.

Zusammenfassung der Klimasens

itivitäts-Schätzungen

Tabelle 1

listet die Best Estimates von ECS und TCR sowie die

wahrscheinlichen und höchstwahrscheinlichen

Vertrauensinterval
le in 5 Fällen.
Alle auf
Antriebe

basierenden Schätzungen verwenden jeweils

initiale und finale Perioden von 1859 bis 1882

und 1995 bis 2011. Die Bandbreiten liegen nahe

0,05°C.

Tabelle 1: Schätzungen der Gleichgewichts-Klimasensitivität und transiente Klima-Reaktion mit Unsicherheits-Bandbreite	ECS Best Estimate	ECS 17-83% range °C	ECS 5-95% range °C	TCR Best Estimate	TCR 17-83% range °C	TCR 5-95% range °C
IPCC AR5	n/a	1.5-4.5	1-n/a	1.8	1-2.5	n/a-3.0
Using AR5 Forcings	1.64	1.25-2.45	1.05-4.05	1.33	1.05-1.80	0.90-2.50
As above but with Stevens' Aerosol Forcing	1.45	1.20-1.80	1.05-2.20	1.21	1.05-1.45	0.90-1.65
As above but with Natural Millennium Warming	1.22	0.95-1.55	0.80-1.95	1.02	0.85-1.25	0.70-1.45
As above but with UHIE Correction	**1.02**	**0.75-1.35**	**0.60-1.75**	**0.85**	**0.70-1.10**	**0.55-1.30**

Tabelle

1:

Die Best Estimate der TCR von 0,85°C impliziert, dass die globale Temperatur von 2016 bis 2100 infolge anthropogener Treibhausgas-Emissionen nur um 0,57°C steigen wird, falls der atmosphärische CO2-Gehalt weiter mit der gegenwärtigen Rate von 0,55% pro Jahr zunimmt. Tatsächliche Temperaturen werden abhängig vom natürlichen Klimawandel steigen oder sinken.

Sozi

ale

Kost

en

von

Kohl

enst

off

Die

Inte
rage
ncy

Working Grou

p
(IWG
)

der

US-

Regi

erun

g zu

sozi

alen

Kost

en

von

Kohl

enst

off

(SCC

)

nutz

t

drei

integrierte

Assessment-

Model (IAM

),

um

die

sozi
alen
Kost

en

und

Vort

eile

von

Trei

bhau

sgas

-

Emis
sion
en

zu

best

imme

n.

In

zwei

dies

er

Mode

lle,

DICE

und

PAGE

,

sind

die

Vort

eile

der

Düng

ung

durch CO2

und

andere

Vorteile der

Erwä
rmun
g

nicht enth

alte

n,

eben

sowe

nig

wie

die Berücksi

chti

gung

von

Anpassung.

In das FUND

Mode

gehen dies

e

Vort

eile

ein,
doch
unte

rsch
ätzt
es

die

Vort

eile

der CO2-Düng

ung.

Idso

(201

3)

kam

zu

dem

Erge

bnis

,

dass

die

Zunahmender

atmo
sphä
risc

hen

CO2-

Konz

entr
ation

während des

Zeit raum es

1961 bis 2011

vera

ntwo

rtli

ch

war

für

die

zune

hmen

den

land

wirt

schaftlichen

Ertr
äge
im

Wert von 3,2

Billionen

Dollar (in

cons
tant
2005

US$)

.

Das FUND -

Mode
ll
zeig

t,

dass

Kana

da

aus

den

Emis
sion
en

den

Vort

eil

von

1,9%

des

BIP

bis

zum

Jahr 2100 erzi

elen

wird

,

äquivalent

zu

einem

Vorteil von

109 Milliard

en

Doll

ar

jährlich,

wenn

man

eine

ECS

von

3°C

anni
mmt.
Anth

ropo

gene

r

Klim awan del

wird

in

Kana

da

auss

chli

eßli

ch

posi

tive

Ausw

irku

ngen

haben,

die

während

des

gesa

mten

21. Jahrhund

erts

zune

hmen

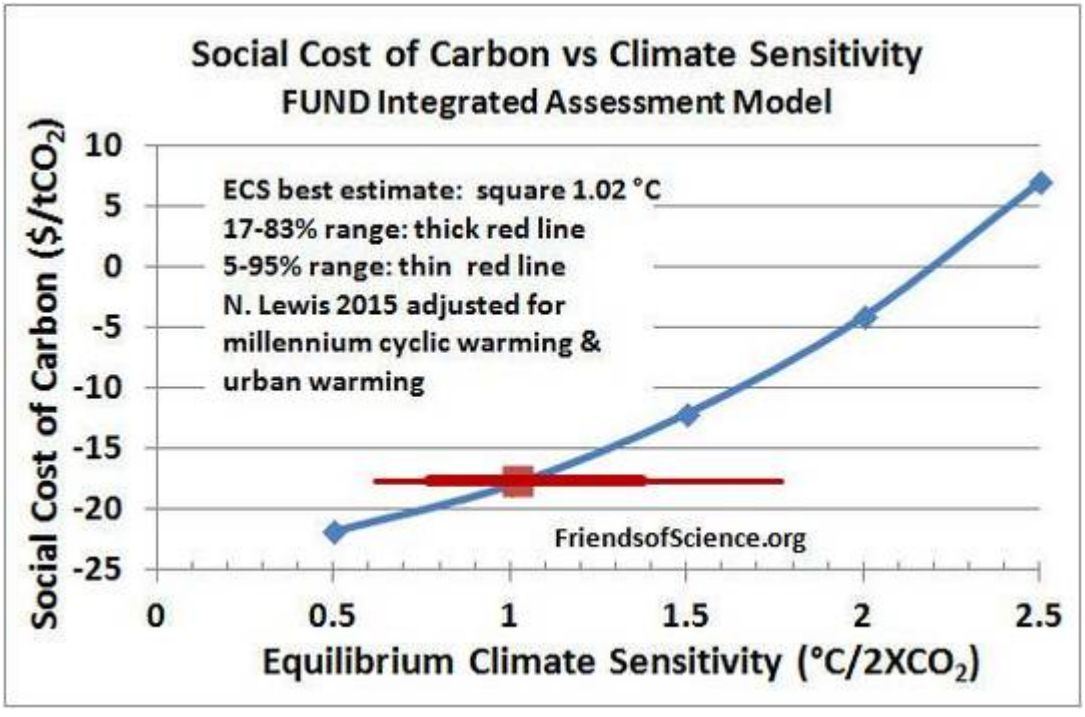

Social Cost of Carbon vs Climate Sensitivity
FUND Integrated Assessment Model
ECS best estimate: square 1.02 °C
17-83% range: thick red line
5-95% range: thin red line
N. Lewis 2015 adjusted for
millennium cyclic warming &
urban warming
FriendsofScience.org
Social Cost of Carbon ($/tCO2)
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
0
0.5
1
1.5
2
2.5
Equilibrium Climate Sensitivity (°C/2XCO2)

Abbildung 2:

Die Gleichge

wich

ts-

Klim

asen

siti

vitä

t

ECS

wie

von

N.

Lewi

s

bere

chne

t

mit

dem

Aero sol- Antr

ieb

von

Stev

ens,

ande

ren

Antriebe

und
wärm
eauf

nahm

e

laut

AR 5 des IPCC

sowi

e

glob

ale

Temp

erat

uren

,

die

adjustiert

wurd

en,

um

der natürlic

hen

Jahr

taus

end-

Zykl

us-

Erwärmung

sowie

der

städtischen

Erwärmung

seit 1980 Rech

nung

zu

trag

en.

Die

Best

Esti mate von

ECS wird durc

h

das

rote

Quad rat repr

äsen tier t,

Unsicherheit

S-Band breı

ten

durc

h

die
rote
n

Linien. Die

sozi
alen
Kost

en

von

Kohl

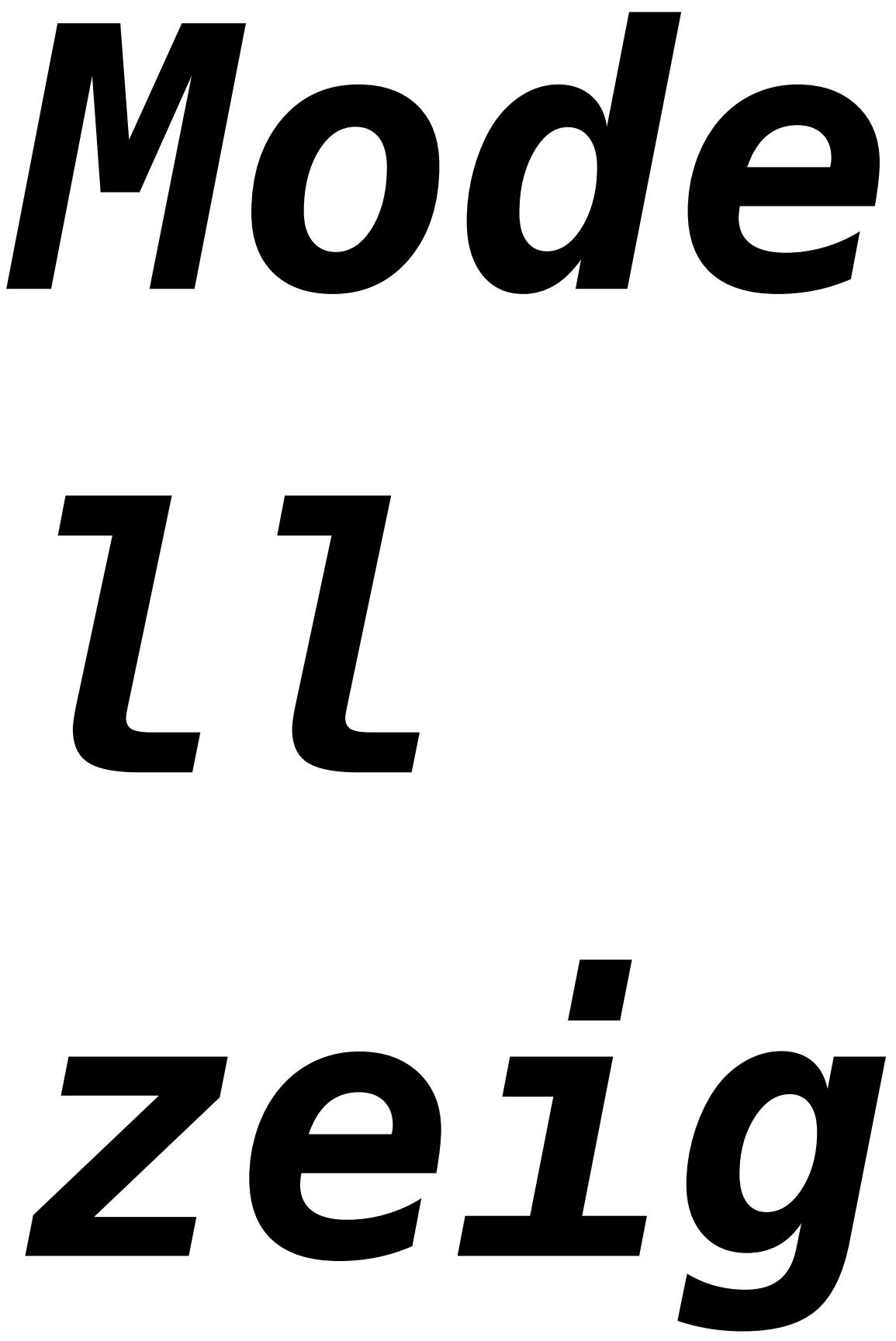
ensto

ffach

dem

FUND

-


Model
zeig

t

die

blau

e

Lini

e.

Abbildung 2

zeig

t

die

SCC
(bla
ue

Lini

e)

als

eine

Funk

tion

von

ECS.

Die

Best Estimate

von

ECS

zeig

t

das

rote

Quad

rat.

Die

dick

e

rote

Linie zeig

t

die

17%

bis
83%-
Band

breite der

Wahr
sche
inli

chke

it

und

die

dünn

e

rote
Lini
e

zeig

t

die

Wahr
sche
inli

chke

its-

Band

breite der

ECS-Schätzung

g

von

5%

bis
95%.
Die

SCC-Werte

zeig

en

eine

n

real

en

Diskontsatz

von

3%.

Projizieren

man die ECS-

Wert

e

vert

ikal

auf

der

blau

en

SSC

vs

ECS-

Kurv

e,

erhä

lt

man

die

Best

Esti

mate

und

die

Vert

raue

nsin

terv

alle

von

SCC,

wie

in

Abbi

ldun

g 3
geze
igt.

Die Analyse

zeig
t,
dass

auf

glob

aler

Basis die

Best Estimate

von

ECS

mit

1,02 °C ein

SCC

von

-17,

7 US-Doll

ar

pro

Tonn

e

co2

ergi

bt,

was

wirk

lich

sehr

vort

eilh

aft

ist.

Die Wahrsche

inli

chke

its-

Bandbreite

betr
ägt
-19,

7

bis

-13,

6 US-Doll

ar

pro

Tonn

e

co2,

und

es

ist

extr

em

wahr

sche

inli

ch,

dass

es

unte

r

-7,7

US-

Doll

ar

pro

Tonn

e

co2

lieg

t.

Dies

e

Ergebnisse

zeig

en,

dass

man

auf

foss

ile

Trei

bsto

ffe

kein

e

Kohl
enst
off-

Steuererhe

ben
soll
te,

sond

ern

man

sollte jede

Tonne

CO2

mit

etwa

18

US-Dollar

subv
enti
onie

ren.

Die

Vort
eile
durc

h

CO2-

Düng

ung,

eine

r

geri

nger

en,

von

kalt

em

Wett

er

veru

rsac

hten

Ster

blic

hkei

t,

geri

nger

e

Indu
stri
ekos

ten

wie

Kost

en

für

Kons

truk

tion

,

mehr

urba

re

Landflächen

und

geri

nger

e

Heiz

kost

en

über

stei

gen

even

tuel

le

schä

dlic

he

Ausw

irku

ngen

durc

h

Erwä rmun g

bei

Weit

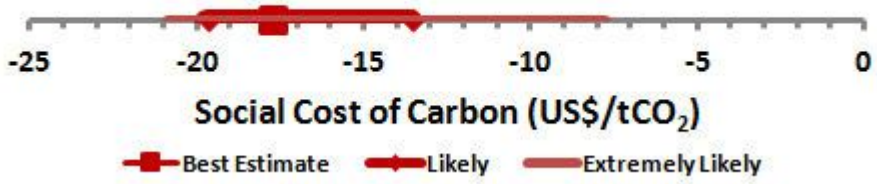
em

auf

glob

aler

Basi
s.


-25
-20
-15
-10
-5
0
Social Cost of Carbon (US$/tCO2)
Best Estimate
Likely
Extremely Likely

Abbi

Ldun
g 3:
Sozi

ale

Kost

en

von

Kohl

enst

off

in

US-

Doll

ar

pro

Tonn

e

CO2

eins

chli

eßli

ch

Best

Esti

mate

,

wahr

sche

inli

che

(17% bis 83%)

und

extr

em

wahr

sche

inli

che

(5%

bis

95%)

Unsi

cher

heit

S-

Band

brei

ten.

Die

Unsicherheit

S-Band breı

ten

enth

alte

n

nich

t

die

Unsi

cher

heit

in

Verb

indu

ng

mit

dem

Mill

eniu

ms-

Erwä

rmun

gszy

klus

oder

dem

UHI.

A longer,

technical

version of

this article,

with

a

sect

ion

on

Albe

rta’

s

clim

ate

plan

,

and

refe

renc

es

is

avai

label in PDF

form

at

at

http
://w
ww.f

rien
dsof
scie

nce.
org/
inde

x.ph
p?id
=220

5

The

data and calc

ulat
ions
are

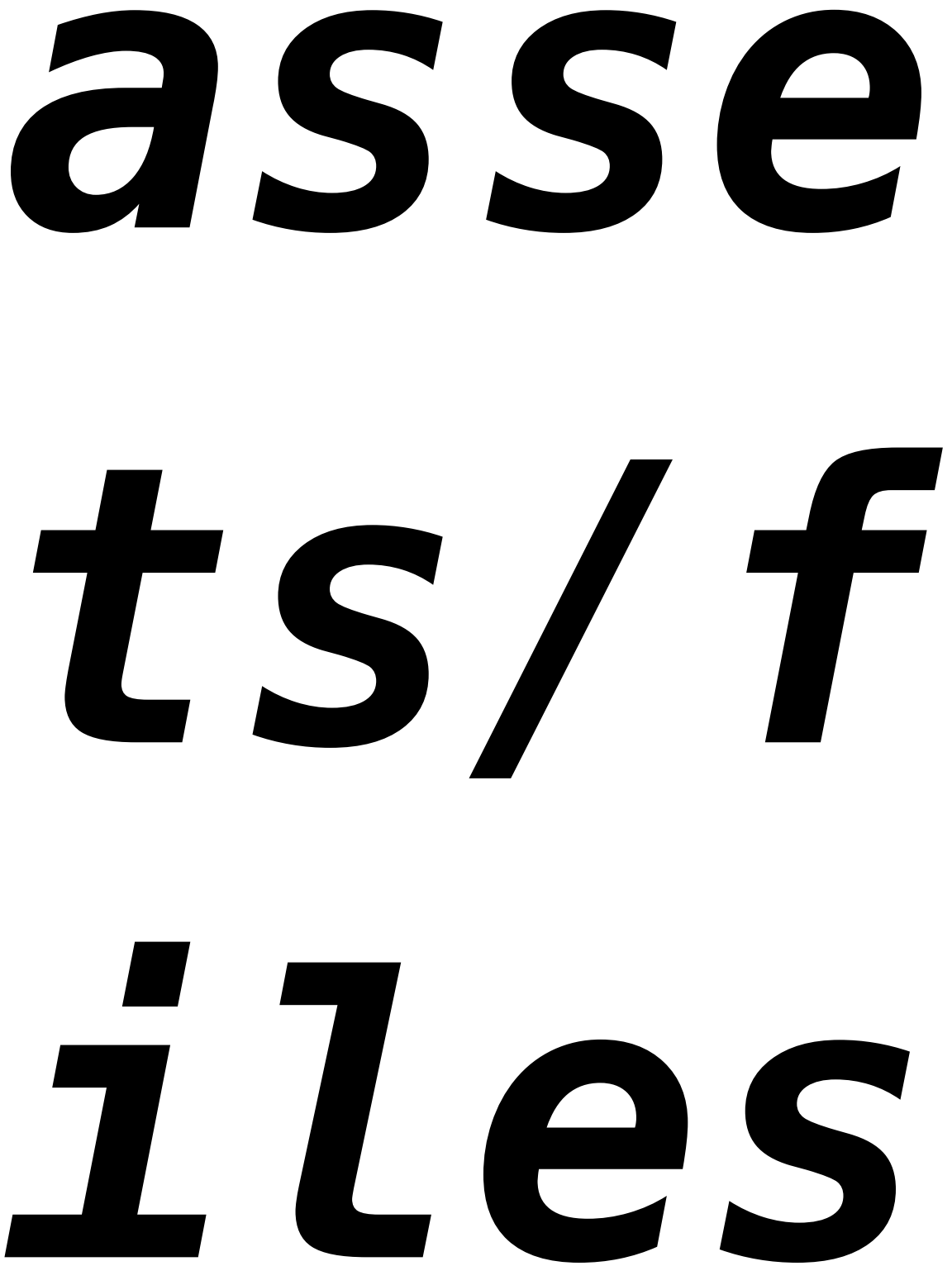
at

http

://w

ww.f
rien
dsof

scie
nce.
org/


assets/files

/SCC

_Lew

is_C

S_2.xls

Exce

l

spre

adsh

eet.

Link

:

:

https://

watt

supw

ight

hat.

com/

2016

/05/21/the-

econ omic -

impact-of-

greenhouse-

gas-
emis
sion

s/

Über

setz

t

von

Chris Frey

EIKE