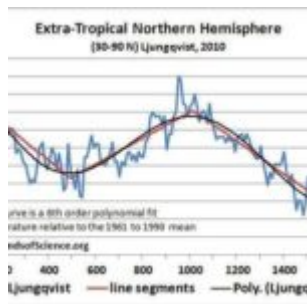


Die ökonomischen Auswirkungen von Treibhausgas-Emissionen



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 $1,45^{\circ}\text{C}$ bei einer Verdoppelung des atmosphärischen CO_2 -Gehaltes mit einer wahrscheinlichen Unsicherheits-Bandbreite (17% bis 83% Vertrauen) von $1,2^{\circ}\text{C}$ bis $1,8^{\circ}\text{C}$.

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.**

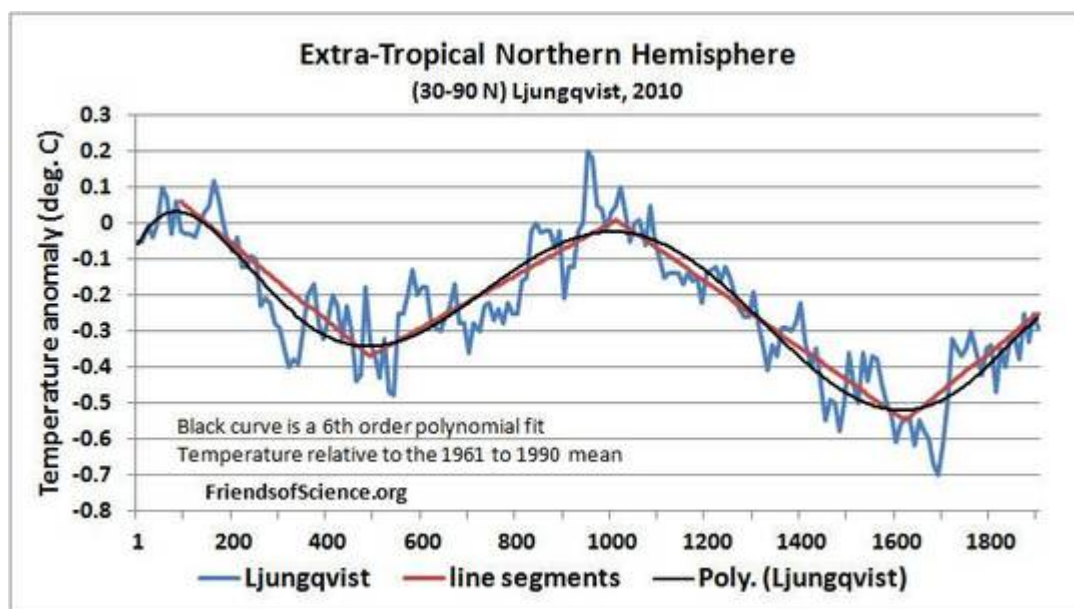


Abbildung 1:

***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
Temperaturvariation
en aus den Proxys.**

**Die jährlichen
Temperaturen zeigen
23% mehr
Variabilität als
die
Temperaturvariabili**

**tät von Bäumen
während der
Wachstumssaison,
gewichtet nach
Wachstumsraten der
Bäume. Dies zeigt,
dass die Baumring-
Proxys die
Temperaturvariabili-
tät 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 $0,084^{\circ}\text{C}$ 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
McKittrick 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 $0,14^{\circ}\text{C}$ pro
Dekade aus oder
 $0,042^{\circ}\text{C}$ 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 $0,72^{\circ}\text{C}$ auf
 $0,51^{\circ}\text{C}$. Der Best
Estimate des ECS**

**unter Einbeziehung
des Jahrtausend-
Erwärmungszyklus'
und dem UHI liegt
bei $1,02^{\circ}\text{C}$, und der
Best Estimate von
TCR bei $0,85^{\circ}\text{C}$.**

Zusammenfassung der Klimasens

itivitäts

-

Schätzung

en

Tabelle 1

**listet
die Best
Estimates
von ECS
und TCR
sowie die**

wahrschein-

lichen

und

höchst

wahrschein-

lichen

**Vertrauen
sintervalle
in 5
Fällen.
Alle auf
Antriebe**

basierend

en

Schätzung

en

verwenden

jeweils

initiale

und

finale

Perioden

von 1859

bis 1882

und 1995

bis 2011.

Die

Bandbreit

en 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

Tabella

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 f

Die

I n t e

r a g e

n c y

Work

**·
ing**

Grow

p

(I W G

)

der

US -

Regi

erun

g zu

s o z i .

alen

Kost

en

von

Kohl

enst

off

(SCC

)

nutz

t

drei

inte

grie

rte

Assesse

ssme

nt.

Mode

tle

(IAM)

) ,

um

die

sozi

alen

Kost

en

und

Vort

eile

von

Trei

bhau

sgas

■

Emis

sion

en

zu

best

**·
immer**

n.

In

zwei.

diēs

er

Mode

ule,

DICE

und

PAGE

,

sind

die

vort

eile

der

Dü
ng

ung

durc

h

co2

und

ande

re

vort

eile

der

E r w ä

r m u n

g

n i c h

t

e n t h

alte

n,

eben

sowe

ning

wie

die

Berü

cks i

chti

gung

von

Anpa

ssun

g.

In

das

FUND

—

Mode

11

gehe

n

die

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

zuna

hme

der

atmo

sphä

ris c

hen

CO2 -

Konz

entr

atio

n

währ

end

des

zeit

raum

es

1961

bis

2011

vera

ntwo

rtli

ch

war

für

die

zune

hmen

den

Land

wirt

scha

ftli

chen

Ert r

ä g e

i m

Wert

von

3, 2

Bill

ione

n

Do 11

ar

(*in*)

cons

tant

2005

US\$)



Das

FUND

■

Mode

ul

zeig

t,

dass

Kana

da

aus

den

Emis

sion

en

den

vort

eil

von

1,9%

des

BIP

bis

zum

Jahr

2100

erzi

e1en

wi1rd

,

äquì

vale

nt

zu

eine

m

vort

eil

von

109

Mi

iard

en

DoLL

ar

jähr

lich

,

wenn

man

eine

ECS

von

3°C

anni

mmt.

Anth

ropo

gene

r

Klim

awan

de

wiird

in

Kana

da

aus

chli

eßli

ch

posi

tive

Ausw

irku

ngen

habe

n,

die

währ

end

des

gesa

mten

21.

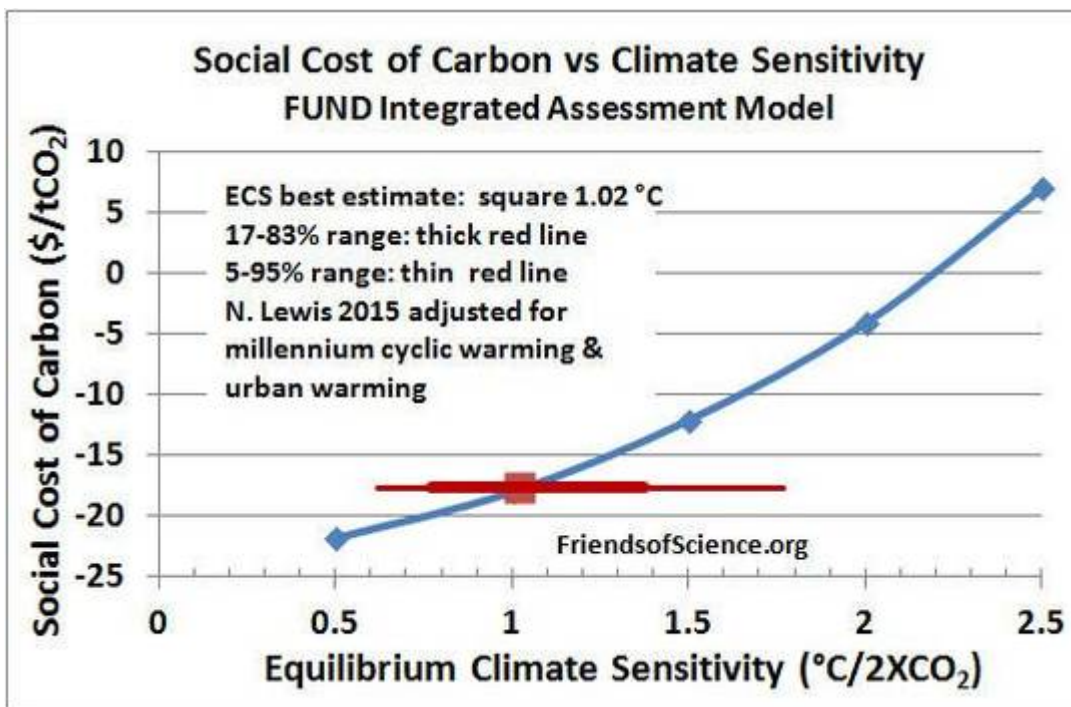
Jahr

hundert

erts

zune

hmen



Abbi

Idun

g 2:

Die

Glei

chge

wi ch

ts -

Kli m

asen

siti

vitä

t

ECS

wie

von

N.

Lewi

S

bere

chne

t

mit

dem

Aero

sol-

Antr

lieb

von

Stev

ens,

ande

ren

Antr

***i*ebe**

n

und

Wärm

eauf

nahm

e

Laut

AR 5

des

IPCC

S O W I

e

g z o b

ale

Temp

erat

uren

'

die

adju

stie

rt

wurd

en ,

um

der

natü

rlig

hen

Jahr

taus

end -

zykl

us -

Erwä

rmun

g

SOWI

e

der

städ

tisc

hen

Erwä

rmun

g

seit

1980

Rech

nung

zu

trag

en .

Die

Best

Esti

mate

von

ECS

wird

durch

h

das

rote

Quad

rat

repr

„*äsen*

tier

t,

Unsi

cher

heit

S -

Band

brei

ten

durc

h

die

rote

n

Líní

en .

Díe

sozi

alen

Kost

en

von

Kohl

enst

off

ach

dem

FUND

-

Mode

ll

zeig

t

die

blau

e

Líní

e.

Abbi

Idun

g 2

zeig

t

die

scc

(b)la

ue

Linni

e)

als

eine

Funk

tion

von

ECS .

Die

Best

Esti

mate

von

ECS

zeitig

t

das

rote

Quad

rat.

Die

dicke

e

rote

Lini

e

zeig

t

die

17%

bis

83% -

Band

brei

te

der

Wahr

sche

inzi

chke

it

und

die

dünn

e

rote

Lin

e

zeig

t

die

Wahr

sche

inzi

chke

its -

Band

brei

te

der

ECS -

Schä

tzun

g

von

5%

bis

95% .

Die

SCC -

Wert

e

zeig

en

eine

n

real

en

Disk

onts

atz

von

3% .

Proj

izie

rt

man

die

ECS -

wert

e

vert

ikal

auf

der

blau

en

SSC

vs

ECS -

Kurv

e,

erhää

tt

man

die

Best

Esti

mate

und

die

vert

raue

nsin

terv

alle

von

SCC,

wie

in

Abbi

rdun

g 3

geze

igt.

Die

Ana

yse

zeitig

t,

das

auf

gl ob

aler

Basi

s

die

Best

Esti

mate

von

ECS

mit

1,02

°C

einh

scc

von

-17,

7

US -

Do 11

ar

pro

Tonn

e

CO2

ergj

bt,

was

wirk

lich

sehr

vort

eiuh

aft

ist.

Die

Wahr

sche

inti

chke

its -

Band

brei

te

bet r

äg t

- 19 ,

7

bis

- 13,

6

US -

Do 11

ar

pro

Tonn

e

CO₂,

und

es

ist

extr

em

wahr

sche

inli

ch,

dass

es

unte

r

- 7, 7

US -

Do 1 1

ar

pro

Tonn

e

CO2

lieg

t.

Dies

e

Erge

bnis

se

zeig

en,

das

man

auf

foss

ile

Trei

bsto

f f e

k e i n

e

Kohl

enst

off -

Steu

er

erhe

ben

soll

te,

sond

ern

man

soll

te

jede

Tonn

e

CO₂

mit

etwa

18

US -

Do 11

ar

subv

enti

onie

ren .

Die

vort

eile

durc

h

CO₂-

Düng

ung,

eine

r

geri

nger

en,

von

kalzt

em

wettt

er

veru

rsac

hten

ster

blic

hkei

t,

geri

nger

e

I ndu

s tr i

e ko s

ten

wie

Kost

en

für

Kons

truk

tion

,

meh r

urba

re

Land

f läc

hen

und

geri

nger

e

Heiz

kost

en

über

stei

gen

even

tuel

Le

s ch ä

d l i c

he

AuSw

i rku

ngen

durc

h

Erwä

rmun

g

bei

weit

em

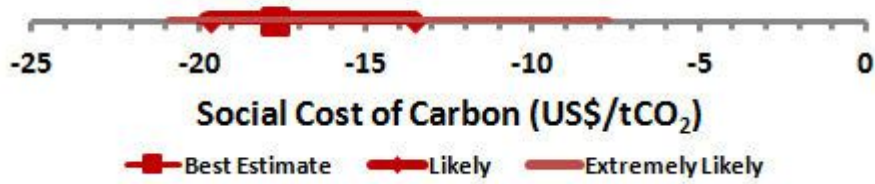
auf

gl ob

aler

Basi

S.



Abbi

Ldun

g 3:

Sozi

ale

Kost

en

von

Kohl

enst

off

in

US -

DOLL

ar

pro

Tonn

e

CO2

eíns

chzı

eßzı

ch

Best

Esti

mate

'

wahr

sche

inzi

che

(17%

bis

83%)

und

extr

em

wahr

sche

inzi

che

(5%

bis

95%)

Unsi

cher

heit

S -

Band

brei

ten.

Die

Unsi

cher

heit

S -

Band

brei

ten

enth

alte

n

ní ch

t

die

Unsi

cher

heit

in

Verb

īndu

ng

mīt

dem

Mi ɫ ɫ

en i u

ms -

Erwä

rmun

gszy

kłus

oder

dem

UHI.

A

Long

er,

tech

nic

z

vers

ion

of

this

arti

cle,

wi th

a

sect

ion

on

Azbe

rtá'

s

clím

ate

plan

,

and

refe

renc

es

is

avaí

Labl

e in

PDF

form

at

at

h t t p

: / / w

ww . f

rien

ds of

scie

***n*ce.**

org/

inde

x . ph

p ? i d

= 220

5

The

data

and

calc

uLat

ions

are

at

http

://w

www.f

rien

ds of

scie

nce.

org/

asse

ts / f

iles

/scc

Lew

i_s_c

S_2.

xls

Exce

z

spre

adsh

eet.

Link

■
■

h t t p

s : // //

wattt

supw

itht

hat.

com/

2016

/05/

21/t

he -

econ

omic

-

impa

ct -

of -

g r e e

n h o u

s e -

gas -

emis

sion

s /

über

setz

t

von

Chri

S

Frey

EIKE