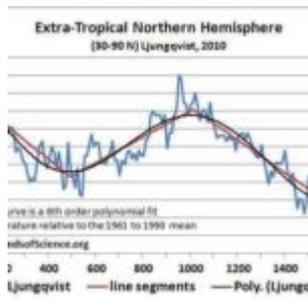


# Die ökonomischen Auswirkungen von Treibhausgas-Emissionen



## 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  $\text{CO}_2$ -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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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**

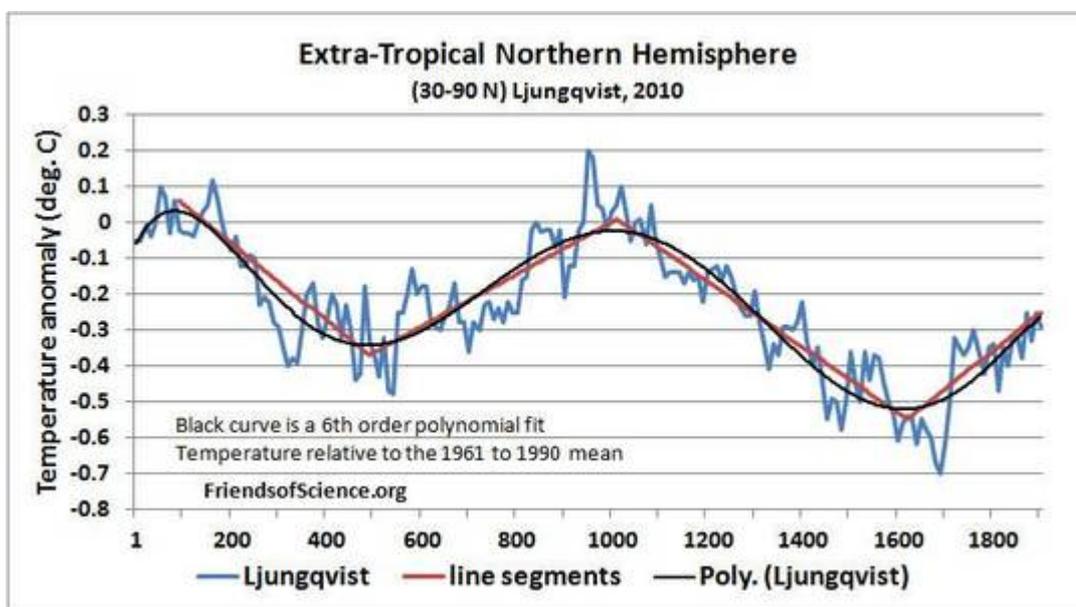
**langfristige**

**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	<b>1.02</b>	<b>0.75-1.35</b>	<b>0.60-1.75</b>	<b>0.85</b>	<b>0.70-1.10</b>	<b>0.55-1.30</b>

# *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 CO<sub>2</sub>-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**

**W o r k**

**·  
i n g**

**G r o u**

**p**

**( IWG**

**)**

**der**

**US -**

**Regi**

**erun**

**g zu**

**s o z i .**

**alen**

**Kost**

**en**

**von**

**Kohl**

**enst**

**off**

**(SCC**

**)**

**nutz**

**t**

**drei**

**inte**

**grie**

**rte**

**Asses**

**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**

**Erwä**

**rmun**

**g**

**nich**

**t**

**enth**

**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**

**CO<sub>2</sub>-**

**Düng**

**ung .**

**Idso**

**(201**

**3 )**

**kam**

**zu**

**dem**

**Ergebnis**

**dem**

**,**

**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.**

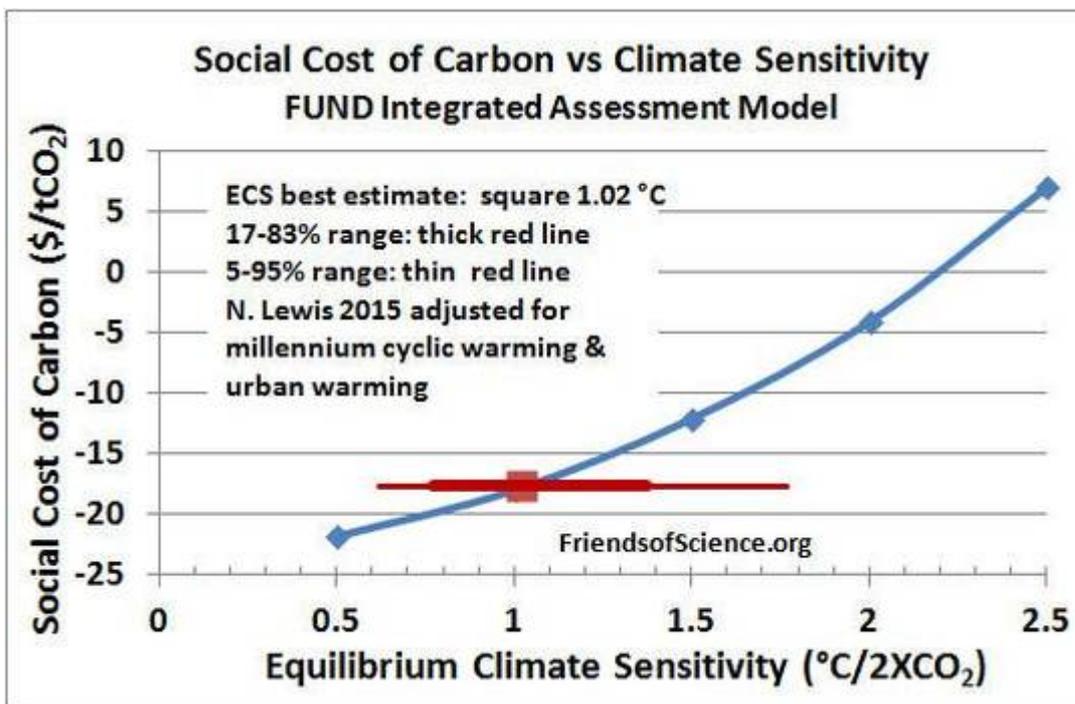
**Jahr**

**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**

***berere***

***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**

**Lini**

**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**

**b l a u**

**e n**

**s s c**

**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**

**CO<sub>2</sub>,**

**und**

**es**

**ist**

**extr**

**em**

**wahr**

**sche**

**i n l i**

**ch ,**

**d a s s**

**es**

**unte**

**r**

**- 7, 7**

**US -**

**Do 11**

**ar**

**pro**

**Tonn**

**e**

**CO2**

**lieg**

**t.**

**Dies**

**e**

**Erge**

**bnis**

**se**

**zeig**

**en ,**

**das s**

**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**

**sozt**

**te**

**jede**

**Tonn**

**e**

**CO<sub>2</sub>**

**mit**

**etwa**

**18**

**US -**

**Do 11**

**ar**

**subv**

**enti**

**onie**

**ren .**

**Die**

**vort**

**eile**

**durc**

**h**

**CO<sub>2</sub>-**

**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 t r i**

**e k o 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**

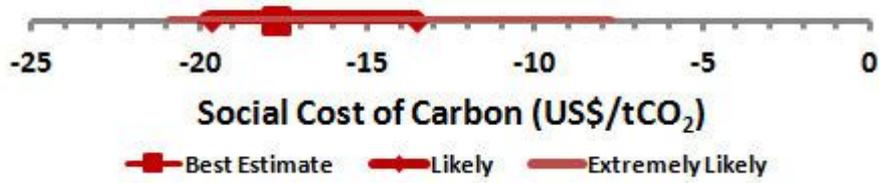
**auf**

**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***

**g**szy

**k**łus

**o**der

*dem*

*UHI.*

**A**

***Long***

***er,***

***tech***

***níca***

***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 : // //

**wat t t**

**s u p w**

**i t h t**

**hat.**

**com/**

**2016**

**/05/**

**21/t**

**he -**

**econ**

**omic**

**-**

**imp**

**ct -**

**of -**

**g r e e**

**n h o u**

**s e -**

**gas -**

**emis**

**sion**

**s /**

**über**

**setz**

**t**

**von**

**Chri**

**S**

**Frey**

**EIKE**