

# Wasser – ein wahrhaft himmlisches wie rätselhaftes Wetterelement

geschrieben von Wolfgang Müller | 3. August 2014

Das „Feuer“ passt nicht in das Schema, ist aber als Energielieferant unverzichtbar. Das „Licht“ nimmt eine Sonderstellung an, denn es ist keine Erscheinungsform von Materie, sondern eine Folge von Materie, wie man bei der Herstellung von Eisen erkannte und darum unlösbar mit Materie verbunden. Die gesamte lebendige Materie in Gestalt von Pflanzen, Tieren und Menschen ist zudem ohne das Licht nicht denkbar. Diese schlichte Wahrheit steckt in dem Wort „Photosynthese“, bei der grüne Pflanzen aus den zwei anorganischen Stoffen Kohlenstoffdioxid und Wasser mit Hilfe des Lichts organische Materie, also „Nahrung“ für Tier und Mensch, produzieren. Zudem wird dabei der zur Nahrungsverbrennung notwendige Sauerstoff durch Spaltung des Wassermoleküls freigesetzt. Die Urstoffe wiederum seien aus kleinsten unteilbaren Materieteilchen zusammengesetzt, den Atomen. Diese Auffassung vertrat Demokrit (470-380 v. Chr.). Wenn ein Kind zu einem stattlichen Mensch heranwächst und als Greis stirbt und verwest, dann kehren, so Demokrit, die Atome, „die sich in uns für kurze Zeit zu Lust und Leid gefügt haben“, in den ewigen Kreislauf der Natur zurück. Man erkannte auch, dass die Atome von elementaren Kräften, der Anziehung und Abstoßung, beherrscht werden. Sie sagten: „Das Lieben und Hassen der Atome verursacht die Unruhe der Welt.“ Wenn sich am Himmel eine Wolke bildet, sammeln sich die einzeln und unsichtbar herumfliegenden „Wasseratome“ zu sichtbarem Nebel, winzigen Wassertropfen. Diese können bald wieder verdunsten oder wachsen und als Regen zur Erde fallen. Verdunstet der Regen, dann steigen die „Atome“ wieder in die Atmosphäre auf und werden über die Erde, wenn auch extrem ungleichmäßig, verteilt. Heute wissen wir, dass sich das „Wasseratom“ aus drei Atomen ( $H_2O$ ) zusammensetzt, also ein aus Wasserstoff und Sauerstoff bestehendes „Wasserdampfmolekül“ ist, mit ungewöhnlichen Eigenschaften.

## Der Regen fällt vom Himmel, doch wie kommt er in den Himmel?

**Kluge Leute haben berechnet, dass die Lufthülle der Erde  $13 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup> Wasser enthält. Das sind 13 Billionen Tonnen. Wer jedoch hat die**

Kraft oder die Energie, diese Riesenmenge an Wasser in die Luft zu heben? Wie viele Tanklaster mit 10 Tonnen Fassungsvermögen braucht man dazu? Die Erdoberfläche insgesamt hat eine Fläche von  $510 \times 10^6 \text{ km}^2$ . Würde alles Wasser auf einen Schlag ausregnen und gleichmäßig über die Erde verteilt zu Boden fallen, dann würden auf jeden Quadratmeter 25 Liter (25 mm) Regen fallen. Wäre dies die Jahresausbeute, die gesamte Erde wäre eine einzige Wüste. Walfischbai, eine Hafenstadt am Rande der Wüste Namib, einer typischen Küstenwüste in Namibia, misst im Mittel einen Jahresniederschlag von 22 mm. In Aden im Jemen, der trockensten Stadt des Nahen Ostens, sind es 46 mm. Andere kluge Leute haben ausgerechnet, dass der mittlere globale Niederschlag etwa 1000 mm oder 1000 Liter pro  $\text{m}^2$  beträgt. Wenn

**dies wahr wäre, die Erde wäre keine Wüste sondern grün, vorausgesetzt der Regen wäre gleich verteilt und überall würde die „Globaltemperatur“ von 15° Celsius herrschen. Dies zum Sinn oder Unsinn von Globalwerten. Sie sind „schön“, aber nirgends zu gebrauchen. Wenn 25 mm an Wasser in der Atmosphäre sind, aber im Jahresverlauf 1000 mm ausregnen, dann muss sich im Jahresverlauf die Wassermenge der Luft 40 Mal oder knapp alle 10 Tage komplett erneuern.**

**Machen wir mal eine Überschlagrechnung: Pro Minute fällt auf der ganzen Erde 1 Milliarde Tonnen Regen. Doch diese müssen zuerst einmal verdunsten und in den Himmel gehoben werden. Dazu wird Energie benötigt, die nicht der Mensch sondern einzig und allein die Sonne zur Verfügung stellt. Um 1 Liter Wasser zu verdunsten oder zu**

verdampfen, benötigt man etwa 0,63 Kilowattstunden. Bei 1 Tonne sind dies 630 und bei 1 Milliarde Tonnen  $630 \times 10^9$  kWh. Diese Leistung an Verdunstungsenergie muss permanent vorgehalten werden, damit der Wasserkreislauf zwischen Niederschlag und Verdunstung in Gang gehalten werden kann. Bei einem Preis von 20 Cent pro kWh kosten 630 kWh 126 EURO. Die Menschheit müsste also pro Minute rund 125 Milliarden EURO für Verdunstungskosten aufwenden, damit 1 Milliarde Tonnen Regen vom Himmel fallen. Und das Jahr hat 8760 Stunden und diese wiederum 60 Minuten. Nach „Adam Riese“ (1492-1559) müsste die Sonne der Menschheit pro Jahr für die Belieferung mit Regen eine saftige Rechnung über 65.700 Billionen EURO schicken, Jahr für Jahr. Doch wegen der extrem ungleichmäßigen Verteilung des Regens -Arica in der

Atacama-Wüste Chiles erhält 0,8 mm und der Berg Wai'ala'ale auf der Insel Kauai in Hawaii im Mittel 11 684 mm- gäbe es enormes Konfliktpotential, die Kosten einigermaßen „gerecht“ unter den Völkern aufzuteilen.

Diese Energie liefert einzig und allein die Sonne mittels Licht und Wärme. An der Obergrenze der Atmosphäre beträgt im Mittel die „Solarkonstante“ von 1368 W/m<sup>2</sup>.

Kalkuliert man mit einem Verlust von 30 %, dann kommen im Mittel an der Erdoberfläche 960 W/m<sup>2</sup> an und dienen deren Erwärmung. Von diesen müssen noch 30 Prozent für Verdunstung abgezogen werden. Bleiben 640 W/m<sup>2</sup>.

Diese dienen der Erwärmung des Bodens und werden als Wärme per Leitung und Konvektion an die Atmosphäre weitergegeben. In Deutschland beträgt die mittlere Globalstrahlung etwa 1000 kWh/m<sup>2</sup> pro

**Jahr, ohne von der Sonne eine  
Rechnung zu erhalten.**

**Zur Wärme als  
gestaltende Kraft  
der Natur**

**Speziell auf das  
Wasser bezogen  
spielt die Wärme,  
also die  
Temperatur, eine  
wichtige Rolle.  
Wir kennen seine**

**drei**

**Aggregatzustände:**

**fest, flüssig und**

**gasförmig. Alle**

**drei Zustände**

**können**

**gleichzeitig**

**auftreten. Geht**

**Eis in Wasser über**

**und dieses in**

**Wasserdampf, der**

**für uns unsichtbar**

**ist, dann ändert  
sich die Anordnung  
der Atome. Man  
spricht von  
Phasenübergängen,  
deren Ursache  
wiederum in der  
Energie liegt, die  
einem Stoff von  
außen zugeführt  
oder entzogen  
wird. Es ändern**



**sich die  
Gitterstrukturen.  
Bei Eis sind die  
Atome zu Gittern  
montiert, ist  
jedes Atom über  
die Elektronen  
seiner äußeren  
Schale mit seinen  
Nachbaratomen fest  
verklammert. Wird  
dem Eis Wärme**

**zugeführt, geraten  
die Atome immer  
mehr in  
Schwingung, bis  
irgendwann der  
Punkt erreicht  
ist, an dem sie so  
stark  
ausschlagen, dass  
die atomaren  
Bindungskräfte  
nicht mehr stark**

**genug sind, die  
Atome an ihrem Ort  
im Gitter zu  
halten. Übersteigt  
die  
Bewegungsenergie  
die  
Bindungsenergie,  
dann geht der  
Körper in den  
flüssigen Zustand  
über, er schmilzt.**

**Führt man dem  
Wassert weiterhin  
Energie zu, dann  
bewegen sich die  
Atome mit ständig  
wachsender  
Geschwindigkeit.  
Immer mehr  
Moleküle  
durchstoßen die  
Oberfläche des  
Wassers und**

**entweichen  
gasförmig als  
Wasserdampf in die  
Luft.**

**Diesen Vorgang  
kann man in der  
Natur nach jedem  
Regen beim  
Abtrocknen der  
Straßen und dem  
Verschwinden der  
Pfützen**

**beobachten. Auch  
das Trocknen der  
Wäsche auf der  
Leine geschieht  
ohne Zutun des  
Menschen. Immer  
herrschen winzige  
Luftbewegungen und  
Temperaturänderung  
en, mit denen sich  
die  
Aufnahmefähigkeit**

**der Luft für  
Wasserdampf  
ändert. Schnell  
trocknen Straße  
und Wäsche, wenn  
das  
Sättigungsdefizit  
groß und die  
Aufnahmefähigkeit  
der Luft für  
Wasserdampf hoch  
ist. Bei 0°C kann**

**die Luft maximal  
4,8g H<sub>2</sub>O, bei 10°C  
schon 9,4g und bei  
30°C ganze 30,3g  
pro m<sup>3</sup> aufnehmen,  
bis zur Sättigung.**

**Die**

**Geschwindigkeit,**

**mit der Boden**

**abtrocknet, hängt**

**vom**

**Sättigungsdefizit**



**der Luft wie dem  
Wind ab und nicht  
allein von der  
Temperatur. Extrem  
trockene und kalte  
Polarluft wirkt  
über dem warmen  
Golfstrom wie ein  
Schwamm und kann  
erhebliche Mengen  
an Wasserdampf  
aufnehmen und zu**

**ergiebigen  
Regenfällen  
führen.**

**Ist Wasser zu  
Wasserdampf und  
damit zu einem  
unsichtbaren Gas  
geworden, dann  
sind die H<sub>2</sub>O-  
Moleküle  
vollkommen frei  
beweglich und**

**rasen mit kaum  
vorstellbarer  
Geschwindigkeit  
umher, wobei sie  
sich ständig  
anrempeIn und  
abstoßen. Ist der  
Raum begrenzt,  
wird Luft in einem  
Behälter  
eingefangen,  
stoßen die**

**Moleküle nicht nur  
gegenseitig  
zusammen, sondern  
sie prallen auch  
auf die Gefäßwände  
und üben dadurch  
auf diese einen  
Druck aus. Erhöht  
man die Temperatur  
des  
eingeschlossenen  
Gases, dann erhöht**

**sich die  
Geschwindigkeit  
der Moleküle, der  
Gasdruck wächst.  
Der Druck kann  
schließlich so  
groß und die  
Bewegungsenergie  
so heftig werden,  
dass der Behälter  
platzt. Unter  
freiem Himmel ist**

**dies nicht  
möglich, da die  
von der Erde  
ausgeübte  
Schwerkraft  
proportional dem  
Quadrat der  
Entfernung  
abnimmt, der Raum  
größer wird. Mit  
zunehmender Höhe  
nehmen der Druck**

**und die Temperatur  
ab. Ein Luftpaket,  
das thermisch  
aufsteigt, kühlt  
sich um 1 Grad pro  
100 m Höhe ab. Man  
nennt dies den  
trockenadiabatisch  
en**

**Temperaturgradient  
en. Die  
Temperaturabnahme**

**mit der Höhe hat  
schon Alexander  
vom Humboldt  
(1769-1859) bei  
seiner Amerika-  
Reise 1799-1804  
untersucht und die  
Höhenstufen der  
Anden beschrieben  
von der Tierra  
Caliente bis zur  
Tierra Nevada**



**oberhalb 5000  
Meter. Wird beim  
Aufsteigen der  
Luft der Taupunkt  
unterschritten,  
setzen Sättigung  
und Kondensation  
ein, dann wird die  
bei der  
Verdunstung  
benötigte Wärme  
als**

**Kondensationswärme  
wieder freigesetzt  
und die Abkühlung  
der aufsteigenden  
Luft auf 0,5 Grad  
reduziert. Fließt  
Luft über ein  
Gebirge, so  
erklärt sich  
hieraus auf der  
auf der Luvseite  
der Stauereffekt und**

**auf der Leeseite  
der Föhnneffekt.**

**Struktur**

**des**

**Wassermol**

**eküls bei  
den**

**Phasenübe  
rgängen**

**Bevor der**

**Mensch  
Temperatu  
r und  
Wärme  
messen  
konnte,**

**hatte er  
beobachtet,  
dass sich  
feste  
Körper**

**bei  
Erhitzung  
ausdehnen  
und bei  
Abkühlung  
wieder**

**zusammenz  
iehen. Je  
höher die  
Temperatu  
r wird,  
umso**



**heftiger  
bewegen  
sich die  
Moleküle  
und desto  
mehr Raum**

**beanspruch  
hen sie.**

**Beim**

**Abkühlen**

**nehmen**

**die**

**Eigenschw  
ingungen  
der  
Moleküle  
ab, das  
Volumen**

**verringert  
sich.**

**Gehen**

**Körper**

**vom**

**flüssigen**

**in den**

**festen**

**Zustand**

**über,**

**dann**

**nimmt das**

**Volumen**

**im**

**Schnitt**

**um 10**

**Prozent**

**ab. Dies**

**gilt  
allerding  
s nicht  
für das  
Wasser.  
Es ist**

**ein**

**einzigart**

**iger**

**Stoff.**

**Eis, also**

**Wasser im**



**festen**

**Zustand,**

**hat eine**

**geringere**

**Dichte,**

**ein**

**größeres  
Volumen  
und das  
ist der  
Grund,  
warum Eis**

**schwimmt .**

**Wasser ,**

**das**

**abgekühlt**

**wird ,**

**verhält**

**sich  
anfangs  
wie alle  
anderen  
Stoffe  
auch, es**

**wird**

**dichter.**

**Doch nur**

**bis 4°**

**Celsius.**

**Dann**

**beginnt**

**es, sich**

**wieder**

**auszudehn**

**en, bis**

**es bei**

**0°C fest  
wird.**

**Dieses**

**ungewöhnl  
iche**

**Verhalten**

**des H<sub>2</sub>O-  
Moleküls  
liegt an  
der  
einzigart  
igen**



**Atombindung der beiden Wasserstoffatome und des**

Sauerstoff  
atome.

Die

chemische

Formel

$H_2O$  gilt

**streng**

**genommen**

**nur für**

**den**

**Gaszustan**

**d, wo**

**sich die  
einzelnen  
Moleküle  
frei im  
Raum  
bewegen,**

**zwar**

**gelegentl**

**ich**

**zusammens**

**toßen,**

**aber**

**sonst**

**nichts**

**miteinander**

**er zu tun**

**haben .**

**Kühlt der**

**Wasserdam**

**pf ab,**

**dann**

**nimmt**

**nicht nur**

**die**

**Hef  
t  
i  
g  
k  
e  
i  
t  
d  
e  
r  
Z  
u  
s  
a  
m  
m  
e  
n  
s  
t  
ö  
ß  
e  
a  
b  
,  
d  
i  
e  
M  
o  
l  
e  
k  
ü  
l  
e**



**beginnen**

**aneinander**

**r zu**

**haften**

**und ein**

**lockeres**

**„Flüssigkeit  
eigentlich  
r“ zu  
bilden.  
Der Grund  
liegt in**

**der**

**spezielle**

**n**

**atomaren**

**Bindung .**

**Das 0-**

**Atom  
teilt  
sich mit  
jedem H-  
Atom ein  
Elektrone**

**n**paar und  
**b**ildet  
**e**ine  
**s**tabile  
**A**chtersch  
**a**le.

**Geometrisch hat es die Form einer Pyramide, eines**

**verzerrte**

**n**

**Tetraeder**

**s, in**

**dessen**

**Zentrum**

**das 0-**

**Atom**

**sitzt.**

**Die**

**beiden H-**

**Atome**



**befinden**

**sich an**

**zwei der**

**vier**

**Ecken des**

**Tetraeder**

**s . An den**

**beiden**

**anderen**

**Ecken**

**sammeln**

**sich die**

**Elektronen  
und  
bilden  
Wolken  
negativer  
Ladung .**

**Dadurch  
wird das  
Wassermol  
ekül  
polar,  
mit einem**

**positiven**

**und**

**negativen**

**Ladungspo**

**l. Diese**

**Polarität**

**führt**

**zwischen**

**einander**

**berührend**

**en**

**Wassermol**

**ekülen zu  
Wassersto  
ffbrücken  
bindungen  
. So  
entstehen**

**Riesenmoleküle,  
wobei im  
flüssigen  
Zustand  
ein**



**andauernd**

**er**

**Wechsel**

**der**

**Bindungsp**

**artner**

**stattfind  
et.**

**Dies**

**ändert**

**sich**

**schlagart**

**ig bei**

**Unterschr**

**eiten der**

**4°**

**Celsius.**

**Das**

**Knüpfen  
und Lösen  
von  
Wassersto  
ffbrücken  
hat ein**

**Ende. Die  
Moleküle  
suchen  
sich  
einen  
festen**

**Platz im  
sich  
verfestig  
enden  
Gitter,  
treten**

**aber auch**

**plötzlich**

**in**

**Distanz**

**zueinander**

**r. Die**

**Dichte**

**des sich**

**abkühlend**

**en Wasser**

**nimmt**

**nicht**



**weiter**

**zu,**

**sondern**

**ab. Bei**

**der**

**Eisbildung**

**g werden  
regelrech  
te**

**Hohlräume  
zwischen  
den**

**Tetraeder**

**-**

**Molekülen**

**gebildet.**

**Diese**

**machen**

**etwa 10**

**Prozent**

**des**

**Gesamtvol**

**umens**

**aus ,**

**weshalb**

**Eis um**

**etwa 10**

**Prozent**

**leichter**

**ist als**

**Wasser  
und somit  
schwimmt.**

**Die**

**Tatsache,**

**dass Eis**

**Leichter  
ist als  
Wasser,  
bewirkt,  
dass Seen  
und**

**Flüsse  
von der  
Oberfläch  
e her und  
nicht vom  
Untergrund**



**d her**

**zufrieren**

**. Die**

**oben**

**schwimmen**

**de**

**Eisdecke  
schützt  
das Leben  
in  
tieferen  
Gewässers**

**chichten  
vor der  
Kälte des  
Winters,  
garantier  
t Fischen**

**das**

**Überleben**

**im 4 Grad**

**„warmen“**

**Wasser.**

**Die**

**Fähigkeit**

**, sehr**

**viel**

**Wärme zu**

**speichern**

**,**

**ermöglicht die  
Entstehung großer  
warmer  
Meeresstr**

**ömungen,  
etwa des  
Golfstrom  
s als Art  
Warmwasser  
heizung**

**für die  
Nordwestk  
üsten  
Europas .  
Die  
einzigart**



**ige  
molekular  
e  
Struktur  
des  
Wassers**

**macht**

**Wasser zu**

**einem**

**ungemein**

**Lösungsfr**

**eudigen**

**Stoff.**

**Die**

**polare**

**Ladungsver-**

**teilung**

**bewirkt,**

**dass sich  
Salze im  
Wasser in  
ihre  
Ionen  
auflösen,**

**also**

**Kochsalz**

**in seine**

**Ionen  $\text{Na}^+$**

**und  $\text{Cl}^-$ .**

**Wasser**

**löst aber  
nicht nur  
Salz- und  
Zuckerkri-  
stalle  
auf,**

**sondern  
auch Gase  
wie  
Sauerstoff  
f (O<sub>2</sub>),  
Stickstoff**

**f (N<sub>2</sub>),  
Ammoniak  
(NH<sub>3</sub>)  
oder  
Kohlensto  
ffdioxid**



**(CO<sub>2</sub>) .**

**Die**

**Lösungsfr  
eudigkeit**

**des**

**Wassers**

**macht es**

**erst**

**möglich,**

**dass**

**Pflanzen**

**in der**

**Lage  
sind, die  
für ihr  
Wachstum  
Lebenswic  
htigen**

**Mineralien  
über  
die  
Wurzeln  
aufzunehmen.  
en.**

**Fische  
können im  
Wasser  
nur  
leben,  
weil es**

**sehr viel**

**gelösten**

**Sauerstoff**

**f**

**enthält,**

**den sie**

**mit ihren**

**Kiemem**

**einatmen .**

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

**das die**

**Fische**

**ausatmen ,**

**wird**

**ebenfalls**

**im Wasser**

**gelöst**

**und wird**



**von den  
Wasserpflanzen  
genutzt,  
die  
ihrerseits**

**s H<sub>2</sub>O**

**aufspalte**

**n und**

**Sauerstof**

**f**

**abgeben ,**

**wie die**

**grünen**

**Landpflanzen**

**auch .**

**wie**

**„KLi i**

**maex**

**pert**

**en“**



**die**

**Natu**

**r**

**umín**

**terp**

**reti**

**eren**

**und**



**auf**

**den**

**Kopf**

**stel**

**Len**

**Alle**

**Ener**

**gie**

**für**

**alle**

**s**

**orga**

**nisc**

**he**

**Lebe**



**n**

**auf**

**der**

**Erde**

**stam**

**mt**

**als**

**elek**

**trom**

**agne**

**tisc**

**he**

**Ener**

**gie**

**von**

**der**

**Sonn**

**e.**

**wie**

**ange**

**nehm**

**ist**

**die**

**wärm**



**ende**

**wirk**

**ung**

**der**

**Sonn**

**enst**

**raht**

**en**

**bei**

**Fros**

**t**

**auf**

**der**

**Haut**

**!**

**Und**

**wie**

**erba**

**rmun**

**gslo**

**s**

**könn**

**en**

**sie**



**die**

**Haut**

**erhi**

**tzen**

**,**

**bis**

**zum**

**Hitz**

**schl**

**agg. ■**

**Ist**

**es**

**dem**

**wüst**

**ensa**

**nd**

**„gze**

**ichg**

**ü l t i**

**g " ,**

**o b**

**er**

**am**

**Tage**



**auf**

**über**

**+70°**

**c**

**erhi**

**tz**

**wird**

**und**

**sich**

**nach**

**ts**

**unte**

**r -**

**0 ° C**

**abkü**

hilt,

so

gilt

**dies**

**nich**

**t**

**für**

**„war**

**mbü**



**ter“**

**wie**

**den**

**Mens**

**chen**

**. Er**

**benö**

**tigt**

**eine**

**„kon**

**stan**

**te“**

**Körper**

**erte**

**mpfer**

**atur**

**von**

**+37°**

**C**

**und**

**mus**

**sich**

**daher**

**r**



**glei**

**cher**

**maße**

**n**

**vor**

**über**

**hitz**

**ung**

**wie**

**unte**

**rkü**

**lung**

**s ch ü**

**t z e n**

**■**

**Die**

**unbe**

**klei**

**dete**

**mens**

**chli**

**che**

**Körper**

**erob**



**erft**

**äche**

**stra**

**hlt,**

**wie**

**jede**

**r**

**tote**

**phys**

**ikal**

**isch**

**e**

**Körper**

**er,**

**Wärm**

**e**

**ab .**

**Je**

**höhe**

**r**

**die**

**Temp**

**erat**

**ur,**



**dest**

**o**

**mehr**

■

Die

Wärm

**estr**

**ahlu**

**ng**

**stei**

**gt**

**oder**

**färl**

**t**

**mit**

**der**

**vier**

**ten**

**Pote**

**nz**

**der**

**abso**

**lute**

**n**



**Temp**

**erat**

**ur,**

**die**

**in**

**kelv**

**in**

**ange**

**gebe**

**n**

**wird**

**■**

**Bei**

**wolk**

**enlo**

**sem**

**Himm**

**el**

**bei**

**wind**

**schw**

**ache**

**m**

**Hoch**



**druuc**

**kwet**

**ter**

**folg**

**en**

**die**

**Bode**

**ntem**

**pera**

**tur**

**und**

**auch**

**die**

**bode**

**nnah**

**e**

**Luft**

**temp**

**erat**

**ur**

**dem**

**Sonn**

**enga**

**ng,**



**somm**

**ers**

**wie**

**wint**

**ers.**

**Es**

**ist**

**ein**

**stet**

**iges**

**wech**

**sets**

**piel**

**zwijs**

**chen**

**der**

**sola**

**ren**

**Eins**

**trah**

**Lung**

**wie**

**der**

**terr**



**estr**

**isch**

**en**

**Auss**

**trah**

**lung**

'

unte

r

**Ab zu**

**g**

**der**

**verd**

**unst**

**ungs**

**vert**

**uste**



**Doch**

**wie**

**star**

**k**

**die**

**Erdo**



**berf**

**läch**

**e**

**erwä**

**rnt**

**wird**

'

häng

t

**n<sup>1</sup>ich**

**t**

**nur**

**vom**

**Ein**f

**als**

wink

et

der

**Sonn**

**enst**

**raht**

**en**

**und**

**der**



**wärm**

**eauf**

**nahm**

**efäh**

**igke**

**it**

**des**

**Unte**

**rg ru**

**ndes**

**ab .**

**Die**

**Feuc**

**htig**

**keit**

**des**

**Bode**

**ns**

**spie**

**tt**

**eine**

**ganz**

**gewa**

**rtig**



**e.**

**Roll**

**e. ■**

**Wass**

**erft**

**ä**  
**äche**

**n**

**we rd**

**en**

**nicht**

**t**

**nur**

**desw**

**egen**

**Lang**

**same**

**r**

**erwä**

**rmt**

**als**

**Fels**

■

oder

Sand



**bode**

**n,**

**weit**

**das**

**Wass**

**er**

**die**

**höch**

**ste**

**spez**

**ifis**

**che**

**wärm**

**e**

**hat,**

**sond**

**ern**

**weit**

**dem**

**Wass**

**er**

**und**

**feuc**

**hten**



**Bode**

**n**

**durc**

**h**

**verd**

**unst**

**ung**

**·  
imme**

**r**

wied

er

wärm

**e**

**entz**

**ogen**

**wird**

**. In**

**der**

**Fach**

**lite**

**ratu**

**r**

**ist**

**zu**



**lese**

**n,**

**dass**

**etwa**

**25**

**bis**

**30**

**Proz**

**ent**

**der**

**eing**

**estr**

**ahlt**

**en**

**Sonn**

**enen**

**ergj**

**e**

**alle**

**in**

**ob**

**der**

**verd**

**unst**



**ung**

**und**

**der**

**Aufr**

**echt**

**erha**

**l tun**

**g**

**des**

**Wass**

**erkr**

**eist**

**aufs**

**“ver**

**brau**

**cht“**

**werd**

**en. ■**

**Dies**

**e**

**Ener**

**gie**

**geht**

**für**



**die**

**Erwä**

**rmun**

**g**

**des**

**Erdb**

**odden**

**s**

**„ver**

**lore**

**n“ ,**

**sie**

**ist**

**aber**

**denn**

**och**

**nich**

**t**

**vert**

**oren**

**,**

**sond**

**ern**

**stei**



**gt**

**als**

**„lat**

ente

Wärm

e“

**auf**

**und**

**wird**

**bei**

**der**

**Kond**

**ensa**

**tion**

**mit**

**der**

**Bild**

**ung**

**von**

**wolk**

**en**

**wied**

**er**

**frei**



**gese**

**tz.**

**Erst**

**über**

**die**

**dann**

**f r e i**

**g e s e**

**t z t e**

**Kond**

**ensa**

**tion**

**swär**

**me**

**entw**

**icke**

**ln**

**Gewi**

**tter**

**bei**

**labi**

**z**

**gesc**

**hich**



**tete**

**r**

**Atmo**

**sphä**

**re**

**ihre**

**voll**

**e**

**Kraft**

**t**

**und**

**stoß**

**en**

**bis**

**zur**

**Trop**

**opau**

**se**

**vor,**

**wo**

**sie**

**sich**

**in**

**Form**



**eine**

**s**

**Amb o**

**ss**

**ausb**

**reit**

**en .**

**Wenn**

**die**

**beid**

**en**

**Klim**

**aexp**

**erte**

**n**

**des**

**Pots**

**dam -**

**Inst**

**itut**

**für**

**klīm**

**afol**

**genf**



**orsc**

**hung**

**S.**

**Rahm**

**stor**

**f**

**und**

**H.**

**J.**

**Sche**

**unh**

**uber**

**in**

**der**

**7.**

**Aufl**

**age**

**ihre**

**S**

**Buch**

**es**

**„Der**

**Klim**

**awan**



**del “**

**(201**

**2)**

**schr**

**eiße**

**n,**

**„Uns**

**er**

**Klim**

**a**

**·  
i s t**

**·  
i m**

**g l o b**

**a l e n**

**M i t t**

**et**

**das**

**Erge**

**bnis**

**eine**

**r**

**ein f**

**ache**

**n**



**Ener**

**gieb**

**ilan**

**z:**

**Die**

**von**

**der**

**Erde**

**ins**

**ALL**

**abge**

**stra**

h l t e

w ä r m

e s t r

**ahlu**

**ng**

**mus**

**die**

**abso**

**rbie**

**rte**

**Sonn**

**enst**



**raht**

**ung**

**im**

**Mitt**

**el**

**ausg**

**Leic**

**hen .**

**“**

**’**

**dann**

**ist**

**das**

**scht**

**icht**

**weg**

**ein f**

**ach**

**fals**

**ch!**

**Die**

**Erde**

**muSS**

**gar**

**nich**



**ts**

**ausg**

**leic**

**hen!**

**Die**

**Erde**

**stra**

**ht**

**nur**

**das**

**an**

**Ener**

**gie**

**ab,**

**was**

**sie**

**vorh**

**er**

**von**

**der**

**Sonn**

**e**

**erha**

**lten**



**'**

**spri**

**ch**

**abso**

**rbie**

**rt,**

**hat .**

**Es**

**ist**

**einz**

**ig**

**und**

**alle**

**in**

**die**

**Sonn**

**e**

**mit**

**ihre**

**r**

**stra**

**hulun**

**gsen**

**ergji**



**e,**

**welc**

**he**

**die**

**Temp**

**erat**

**u ren**

**au f**

**de r**

**roti**

**eren**

**den**

**Erdk**

**ugel**

**best**

**immmt**

**.**

**Dies**

**e**

**d i f f**

**e r i e**

**ren**

**je**

**nach**



**Trage**

**S -**

**und**

**Jahr**

**esze**

**it,**

**je**

**nach**

**geog**

**raph**

**isch**

**en**

**Brei**

**te**

**oder**

**Läng**

**e.**

**ES**

**gibt**

**kein**

**e**

**„Ein**

**heit**

**S -**



**oder**

**Gl ob**

**alte**

**mp per**

**atur**

**“**

**,**

**es**

**gibt**

**auch**

**kein**

**„Glo**

**balik**

**Lima**

**“**

**,**

**sond**

**ern**

**eine**

**Klim**

**avie**

**lfal**

**t,**

**die**

**anha**

**nd**



**der**

**irdi**

**sche**

**n**

**wettt**

**ervvi**

**elfa**

**lt**

**bere**

**chne**

**t**

**wird**



**Alle**

**ange**

**stel**

**uten**

**theo**

**reti**

**sche**

**n**

**Betr**

**acht**

**unge**



**n**

**sind**

**auch**

**desw**

**egen**

**,**

**und**

**das**

**soll**

**te**

**hier**

**geze**

**igt**

**werd**

**en,**

**rein**

**e**

**Fikt**

**ion,**

**weit**

**scht**

**licht**

**weg**

**bei**



**den**

**BiLa**

**nzbe**

**rech**

**nung**

**en**

**rund**

**ein**

**Drit**

**tel**

**der**

**Sola**

**rene**

**rgie**

**unte**

**rsch**

**Lage**

**n,**

**unte**

**r**

**den**

**Tisc**

**h**

**geke**



**h r t**

**w u r d**

**e .**

**Dies**

**es**

**Dritt**

**tel**

**dien**

**t**

**n i c h**

**t**

**d e r**

**Erde**

**rwär**

**mung**

**'**

**sond**

**ern**

**wird**

**sinn**

**voll**

**erwe**

**ise**

**von**



**der**

**Natu**

**r in**

**den**

**Wass**

**erkr**

**eist**

**auf**

**inve**

**stie**

**rt.**

**was**

wäre

das

Lebe

**n**

**ohne**

**Wass**

**er,**

**was**

**ein**

**Himm**

**el**

**ohne**



**wind**

**und**

**wolk**

**en,**

**ohne**

**Rege**

**n?**

**Wer**

**„Ene**

**rgie**

**biła**

**nzen**

**“**

**betr**

**acht**

**et,**

**solu**

**te**

**es**

**sich**

**nich**

**t zu**

**„ein**

**fach**



**“**

**mach**

**en,**

wenn

er

sich

**n i c h**

**t**

**d e m**

**v o r w**

**u r f**

**d e r**

**gezi**

**elte**

**n**

**Bila**

**nzfä**

**tsch**

**ung**

**ausg**

**eset**

**zt**

**sehe**

**n**



**wiul**

■

**Biula**

**n z f ä**

**l s c h**

**u n g**

**ist**

**kein**

**Kava**

**lier**

**deli**

**kt,**

**zuma**

**z**

**der**

**„Sch**

**utz**

**des**

**Glob**

**alkl**

**imas**

“

ohne

hin



**ein**

**Leer**

**es**

**vers**

**prec**

**hen**

**ist!**

**Opppe**

**nhei**

**m ,**

**den**

**2 .**

**Augu**

**st**

**2014**













**Dipl**

■ ■

Met. ■

Dr. ■

**phit**

**·**

**wolf**

**gang**

**Thün**

**e**