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 de 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 (H2O) 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 x 10^12 m3 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 x 10^6 km2. 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 m2 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 x 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/m2. Kalkuliert man mit einem Verlust von 30 %, dann kommen im Mittel an der Erdoberfläche 960 W/m2 an und dienen deren Erwärmung. Von diesen müssen noch 30 Prozent für Verdunstung abgezogen werden. Bleiben 640 W/m2. 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/m2 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 ausschwingen, 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 Temperaturänderungen, 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 H2O, bei 10°C schon 9,4g und bei 30°C ganze 30,3g pro m3 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 Wassersdampf aufnehmen und zu

ergiebigen Regenfällen führen.
Ist Wasser zu Wasserdampf und damit zu einem unsichtbaren Gas geworden, dann sind die H2O-Moleküle vollkommen frei beweglich und

rasen mit kaum vorstellbarer Geschwindigkeit umher, wobei sie sich ständig anrempeln 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 trockenadiabatischen Temperaturgradienten. 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 Staueffekt und

auf der Leeseite der Föhneffekt.

Struktur des Wassermol

eküls bei den Phasenübergängen

Bevor der

Mensch Temperatur und Wärme messen konnte,

hatte er beobachtet, dass sich feste Körper

bei Erhitzung ausdehnen und bei Abkühlung wieder

zusammenziehen. Je höher die Temperatur wird, umso

heftiger bewegen sich die Moleküle und desto mehr Raum

beanspruchen sie. Beim Abkühlen nehmen die

Eigenschwingungen 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 allerdings 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 auszudehnen, bis es bei

0°C fest wird. Dieses ungewöhnliche Verhalten

des H20-Moleküls liegt an der einzigartigen

Atombindung der beiden Wasserstoffatome und des

Sauerstoffatoms. Die chemische Formel H2O gilt

streng genommen nur für den Gaszustand, wo

sich die einzelnen Moleküle frei im Raum bewegen,

zwar gelegentlich zusammenstoßen, aber

sonst nichts miteinander zu tun haben. Kühlt der

Wasserdampf ab, dann nimmt nicht nur die

Heftigkeit der Zusammenstöße ab, die Moleküle

beginnen aneinander zu haften und ein lockeres

„Flüssigkeitsgitter“ zu bilden. Der Grund liegt in

der speziellen atomaren Bindung. Das O-

Atom teilt sich mit jedem H-Atom ein Elektrone

npaar und bildet eine stabile Achtersch ale.

Geometrisch hat es die Form eine Pyramide, eines

verzerrten Tetraeders, in dessen Zentrum

das O-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 Wassermolekül polar, mit einem

positiven und negativen Ladungspol. Diese Polarität

führt zwischen einander berührenden Wassermol

ekülen zu Wasserstoffbrückenbindungen. So entstehen

Riesenmoleküle, wobei im flüssigen Zustand ein

andauernder Wechsel der Bindungspartner

stattfindet.
Dies ändert sich schlagart

ig bei Unterschreiten der 4° Celsius. Das

Knüpfen und Lösen von Wasserstoffbrücken hat ein

Ende. Die Moleküle suchen sich einen festen

Platz im sich verfestig enden Gitter, treten

aber auch plötzlich in Distanz zueinander. Die

Dichte des sich abkühlenden Wasser nimmt nicht

weiter zu, sondern ab. Bei der Eisbildun

g werden regelrechte Hohlräume zwischen den

Tetraeder-Molekülen gebildet. Diese machen

etwa 10 Prozent des Gesamtvolumens 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 Oberfläche her und nicht vom Untergrun

d her zufrieren. Die oben schwimmende

Eisdecke schützt das Leben in tieferen Gewässers

chichten vor der Kälte des Winters, garantiert Fischen

das Überleben im 4 Grad „warmen“ Wasser. Die

Fähigkeit, sehr viel Wärme zu speichern,

ermöglicht die Entstehung großer warmer Meeresstr

ömungen, etwa des Golfstroms als Art Warmwasserheizung

für die Nordwestküsten Europas. Die einzigart

ige molekulare Struktur des Wassers

macht Wasser zu einem ungemein lösungsfreudigen

Stoff.
Die
polare
Ladungsve
rteilung
bewirkt,

dass sich Salze im Wasser in ihre Ionen auflösen,

also Kochsalz in seine Ionen Na^+ und Cl^-. Wasser

löst aber nicht nur Salz- und Zuckerkristalle auf,

sondern auch Gase wie Sauerstoff (02), Stickstof

f (N2), Ammoniak (NH3) oder Kohlenstoffdioxid

(CO2). Die Lösungsfreudigkeit des Wassers

macht es erst möglich, dass Pflanzen in der

Lage sind, die für ihr Wachstum lebenswichtigen

Mineralien über die Wurzeln aufzunehmen.

Fische können im Wasser nur leben, weil es

sehr viel gelösten Sauerstoff enthält, den sie

mit ihren Kiemen einatmen. Das CO2, das die Fische

ausatmen, wird ebenfalls im Wasser gelöst und wird

von den Wasserpflanzen genutzt, die ihrerseit

s H20 aufspalten und Sauerstoff abgeben,

wie die grünen Landpflanzen auch.

Wie

„kli

maex

pert

en“

die

Natu

r

umin

terp

reti

eren

und

auf

den

Kopf

stel

len

Alle

Ener
gie
für

alle

s

orga

nisc

he

Lebe

n

auf

der

Erdestamm

als

elek

trom

agne
tisc
he

Ener
gie
von

der Sonne.

wie

ange

nehm

ist

die

wärm

ende

wirk

ung

der

Sonn

enst

rahl

en

bei

Frost auf

der

Haut

!

Und wie erba

rmun gslo s

können

en

sie

die

Haut

erhi

tzen

,

bis

zum

Hitz

schl

ag.

Ist

es

dem

wüst

ensa

nd

„gle

ichg

ülti
g“,
ob

er

am

Tage

auf

über

+70°

C

erhi

tzt

wird

und

sich

nach

ts

unte

r -

0°C

abkü

hlt,

so

gilt

dies

nicht

für

„War

mblü

ter“

wie

den

Mens

chen

. Er

benö

tigt

eine

„konstante“

Körperteemper

atur

von

+37°

C

und

muss

sich daher

gleicher maße

n

vor

Über

hitz

ung

wie

Unte
rküh
lung

schü

tzen

.

Die unbekl

dete

mens

chli

che

Körp

erob

erfl

äche

stra

hlt,

wie

jede

r

tote

phys

ikal

isch

e

Körper, Wärm

e

ab.

Je

höher die

Temperatur,

desto mehr

Die Wärm

estr
ahlu
ng

steigt oder

fällt mit

der

vier

ten

Potenzender

absolute

Temperatur,

die

in

Kelv

in

ange

gebe

n

wird

.

Bei

wolk

enlo

sem

Himm

el

bei

wind

schw

ache

m

Hoch

druc

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
sels

piel

zwis

chen

der

sola

ren

Einstrahlung

wie

der

terr

estr
isch
en

Auss
trah
lung

’unter

Abzug der

Verdunstungs

verl

uste

.

Doch wie star

k

die

Erdo

berf
läch
e

erwä

rmt

wird

’

hängt

nicht nur

vom

Einf

alls

wink

el

der

Sonnenstrahl

en

und

der

Wärm

eauf

nahm

efähigkeit

des

Unte

rgru

ndes

ab.

Die

Feuc
htig
keit

des

Bode

ns

spie
lt
eine

ganz

gewa

ltig

e

Roll

e.

Wasserfläche

n

werd

en

nicht nur

desw

egen

lang

same

r

erwä

rmt

als

Fels

-

oder

Sand

bode

n,

weil

das

Wasser

die

höch

ste

spez
ifis
che

Wärme hat,

sond

ern

weil

dem
Wass
er

und

feuc

hten

Bode

n

durc

h

Verd

unst

ung

immer

wied

er

wärm

e

entz

ogen

wird

. In

der

Fach
lite
ratu

r

ist

zu

lese

n,

dass

etwa

25

bis

30 Prozent

der

eing

estr

ahlt

en

Sonn

enen

ergi

e

alle

in

ob

der

Verd

unst

ung

und

der

Aufrecht erhalten

ltun

g

des

Wass

erkr

eisl

aufs

“ver

brau

cht“
werd
en.

Dies

e

Ener

gie

geht

für

die

Erwä

rmun

g

des

Erdb

oden

s

„ver

lore
n“,
sie

ist

aber

denn

och

nicht

verl

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
tzt.
Erst

über

die

dann

freigesetzte

Kondensation

swär

me

entw

icke

ln

Gewi

tter

bei

labi

l

gesc

hich

tete

r

Atmo

sphä

re

ihre

voll

e

Kraf

t

und

stoß

en

bis

zur

Tropopause

vor,

wo

sie

sich

in

Form

eine

s

Ambo

ss

ausb

reit

en.

Wenn

die

beid

en

klim

aexp
erte
n

des
Pots
dam-

Inst
itut
für

klim
afol
genf

orsc
hung
S.

Rahm

stor

f

und

H.

J.

Sche

llnh

uber

in

der

7.

Auflage ihre

s

Buch

es

„Der Klimawan

del“
(201
2)

schr
eibe
n,

„Unser Klim

a

ist

im

glob alen Mitt

el

das

Erge

bnis

eine

r

einf
ache
n

Ener
gieb
ilan

Z: Die von

der

Erde

ins

All abge stra

hlte

wärm

estr

ahlu

ng

muss

die

abso

rbie

rte

Sonn

enst

rahl

ung

im

Mittel ausg

leic

hen.

“,

dann

ist

das

schl
icht
weg

einf

ach

fals

ch!

Die

Erde

muss

gar

nicht

ts

ausg

leic

hen!

Die

Erde

stra

hlt

nur

das

an

Ener

gie

ab,

was

sie

vorh

er

von

der

Sonn

e

erha

lten

,

spri

ch

absorbiert,

hat.

Es

ist

einz
ig
und

alle

in

die

Sonne mit

ihre

r

Stra

hlun

gsen

ergi

e,

welc

he

die Temperat

uren

auf

der

rotieren den

Erdk

ugel

best

immt

.

Dies

e

diff

erie

ren

je

nach

Tage

s-

und

Jahr
eszeit,

je

nach

geog

raph
isch
en

Breite oder

Länge

Es

gibt

kein

e

„Einheits-

oder

Glob

alte

mper

atur

“ ,

es

gibt

auch

kein

„Glo

balk

lima

“ ,

sond

ern

eine

klim

avie
lfal
t,

die

anha

nd

der

irdi

sche

n

Wett

ervi

elfa

lt

bere

chne

t

wird

.

Alle

ange

stel

lten

theo

retti

sche

n

Betr
acht
unge

n

sind

auch

desw

egen

,

und

das

soll

te

hier

geze

igt
werd
en,

rein

e

Fikt

ion,
weil
schl

icht

weg

bei

den

Bila

nzbe

rechnungen

rund

ein

Drit

tel

der

Sola

rene

rgie

unte

rsch

lage

n,

unter den

Tisch
geke

hrt

wurd

e.

Dies es Drit

tel

dien

t

nicht der

Erde

rwär

mung

’

sond

ern

wird

sinn

voll

erwe
ise
von

der

Natu

r in

den

Wass

erkr

eisl

auf

inve

stie

rt.

was

wäre

das

Lebe

n

ohne

Wass

er,

was

ein

Himmel ohne

wind

und

wolk

en,

ohne

Rege

n?

Wer

„Ene

rgie
bila
nzen

“

betr

acht

et,

soll

te

es

sich

nich

t zu

„ein

fach

„

machen,

wenn

er

sich

nicht dem

Vorwurfder

gezi
elte
n

Bila
nzfä
lsch

ung

ausg

eset

zt

sehe

n

will

.

Bila

nzfä

lsch

ung

ist

kein

Kava

lier

deli

kt,

zuma

l

der

„Schutz des

Globalizmas

“

ohne

hin

ein

leer

es

Versprechen

ist!

Oppe

nhei

m,

den

2.

August 2014

Dipl

.-

Met.

Dr.

phil

.

wolf

gang Thüne