

Licht wärmt, im Schatten wird es kühl, doch was ist „Temperatur“?

geschrieben von Wolfgang Müller | 23. Dezember 2013

Das Temperament führte die Ärzte zur Temperatur

Auch die Ärzte des Altertums wussten dies nicht, aber sie waren wohl die ersten, die bemerkten, dass die Gesundheit des Menschen irgendwie mit der Körperwärme zusammenhing. Den Arzneien wurde je nach Befund eine kühlende oder wärmende Wirkung zugeschrieben. Die Stärke dieser Wirkung wurde mit Graden bestimmt. Grad leitet sich vom lateinischen Wort ‚gradus‘ gleich Stufe ab. Ein großer Arzt des Altertums, Galenos von Pergamon (121-199), er war auch Sportarzt bei den Olympischen Spielen, teilte die Wirkung der Arzneien mit einer Achtgradskala ein, je vier Grade für Wärme und für Kälte. Das Menschentemperament käme durch eine Vermischung von vier Flüssigkeiten zustande. Deren

Vermischung in einem ganz bestimmten Verhältnis wird im Lateinischen „Temperatur“ genannt. Erst im 17. Jahrhundert begann man, das Wort Temperatur auf die uns heute geläufige Weise zu benutzen, nachdem man gelernt hatte, die Erwärmung eines Körpers ihrer Stärke nach zu messen.

Doch selbst noch Galileo Galilei (1564-1641), der 1597 das erste Thermometer konstruierte, wusste nicht, was er eigentlich maß. Immer, wenn er die Kugel mit der Hand berührte, stieg das Wasserniveau in der Glasröhre. Es hob und senkte sich aber auch ohne Berührung. Erst seinem Schüler Evangelista Torricelli (1608-1647) gelang es, den Zusammenhang zwischen der Höhe der Quecksilbersäule und dem Luftdruck zu erkennen. Zur Zeit Galileis schien selbst die Idee, dass die Luft auf die Erde drücken

konnte, unannehmbar. Sein Instrument bestätigte, dass sich Körper bei Erwärmung ausdehnen und bei Abkühlung zusammenziehen. Es bestätigte auch, dass Wärme immer von einem heißen Körper zu einem kalten übergeht. Ein heißer Teekessel kühlt sich im Zimmer von selbst ab, aber er kann sich nicht von selbst erwärmen. Es ist möglich, ein Zimmer mit einem Ofen zu heizen, aber es ist absolut unmöglich, nur auf Kosten einer Zimmerkühlung einen Ofen zu erwärmen.

Galileo Galilei war der „Vater der Experimentalphysik“. Von ihm stammt der weise Spruch: „Die Natur ist unerbittlich und unveränderlich, und es ist ihr gleichgültig, ob die verborgenen Gründe und Arten ihres Handelns dem Menschen verständlich sind oder nicht.“ Wer weiß das besser als ein in der Wetteranalyse und Wettervorhersage tätiger

Meteorologe?

**Die Vertreibung
aus dem Paradies –
ein doppelter
Verlust an
„Wärme“ !**

**Im Paradies hatten
Adam und Eva
offensichtlich
keine Probleme mit
dem Wetter, auch**

**keinen Mangel an
Wärme, obgleich
sie nackt waren.
Das lässt den
Schluss zu, dass
der „Garten Eden“
sich in den
feuchtwarmen
Tropen mit
Temperaturen kaum
unter 28 °C
befand. Selbst**

**nach dem
Sündenfall störte
sie die Nacktheit
nicht. Aber als
Gott sie aus dem
Paradies vertrieb,
wäre die Nacktheit
ein ernstes
Überlebensproblem
geworden. Gott
wusste dies und
daher heißt es in**

**der
Schöpfungsgeschichte (Gen 3,21),
dass Gott Adam und
Eva beim
Rausschmiss aus
dem Paradies
„Röcke aus Fellen“
machte und sie
damit bekleidete.
Er garantierte
damit ihr**

**Überleben, denn
ohne Kleidung
hätten sie nackt
kaum die starken
Temperaturschwanku-
ngen mit glühender
Hitze am Tage und
empfindlicher
Abkühlung in der
Nacht, besonders
bei klarem Himmel,
überleben können.**

**Adam und Eva
hatten zwar
verbotenerweise
vom „Baum der
Erkenntnis“
gegessen, aber
ihnen fehlte
mangels Erfahrung
jegliches Gefühl
dafür, welche
physiologischen
Wirkungen**

**Nacktheit auf sie
haben könnte. Sie
kannten zwar die
Felle der Tiere
und das Federkleid
der Vögel, aber es
war ihnen nicht
bewusst, welche
lebensnotwendige
Funktion diese
natürliche
„Bekleidung“ hat.**

**Das Geheimnis
besteht darin,
dass unter dem
Federkleid und im
Fell Luft ruhig
gestellt wird.
Trockene Luft hat
in der Natur die
geringste
Wärmeleitfähigkeit
. Sie beträgt
 $0,0262 \text{ W/m} \cdot \text{K}$.**

**Luft hat von allen
Stoffen die
höchste
Isolierfähigkeit,
doch nur unter der
Bedingung, dass
sie absolut ruhig
gestellt und
jedwede Konvektion
unterbunden wird.
Zudem dürfen die
Daunen unter dem**

**Federkleid nicht
nass werden.**

**Wasser hat mit
0,56 W/m• K eine
21 Mal höhere
Wärmeleitfähigkeit
als Luft. Daher
sind Enten ständig
beschäftigt, ihr
Federkleid
einzufetten, damit
kein Wasser durch**

**das Gefieder
dringt und die
Daunen durchnässt.**

**Da ein
Stillstellen von
Luft unter freiem
Himmel völlig
unmöglich ist,
nutzen Tiere ihr
Feder- oder
Fellkleid, um sich**

**vor
Lebensgefährlicher
Ab- und
Unterkühlung zu
schützen. Dasselbe
macht der Mensch
mit seiner
Kleidung, die er
stets den
Außentemperaturen
anpasst. Je größer
die Differenz von**

**Körper- und
Umgebungstemperatu
r ist, desto
dichter muss die
Kleidung sein. Sie
schützt uns vor
Hitze und Kälte,
vor Regen, Sonne
und Wind. Die
Herstellung von
Kleidung war der
erste**

**eigenständige
Kulturakt des
Menschen. Die
Natur war dabei
Lehrmeisterin. Man
muss sie nur
genauestens
beobachten. Eine
Beobachtung war,
dass beim Rupfen
der Gänse unter
dem Gefieder**

**flauschige Daunen
zum Vorschein
kamen. Enten- und
Gänsedaunen nutzt
der Mensch zur
Herstellung von
Kopfkissen und
Bettdecken.**

**Zwischen den
winzigen Daunen
ist Luft
eingeschlossen und**

**kann sich nicht
bewegen. Begibt
sich der Mensch
zur Nachtruhe ins
kalte Bett, dann
wärmt er mit
seiner Körperwärme
die Bettdecke auf
und erzeugt ein
dem Schlaf
bekömmliches
Bettklima. Die**

**Bettdecke wärmt
nicht, ebenso
wenig wie ein
Mantel.**

**Das Bekleiden von
Adam und Eva mit
„Fellen“ war ein
lebensnotwendiger
Gnadenakt, der es
dem Menschen
ermöglichte, die**

**ganze Welt zu
besiedeln und sich
dem jeweiligen
Temperatur-Milieu
anzupassen.**

**Besonders in den
polaren Klimazonen
waren „Felle“
unverzichtbar.**

**Pelze, vor allem
die aus**

Winterfellen, sind

**wegen des hohen
Wärmeschutzes
beliebt. Die Inuit
aus Grönland
nutzen Robben- und
Seehundfelle, in
Lappland sind es
Rentierfelle, in
Sibirien Felle von
Polarfuchs,
Schneehase.
Sibirische Tiger**

**sind vor Kälte bis
-45 °C geschützt.
Eisiger Kälte
angepasst haben
sich auch die
Hanuman-Languren,
eine in Nepal
lebende
Affenspezies.**

Der

Mensch

ist ein

Kraftwerk

**, eine
Verbrennu
ngsmaschi
ne**

Der

**Mensch
ist wie
alle
Säugetier
e
vergleich**

bar mit

einem

„Ofen“,

der

allerding

s immer

beheizt

werden

muss,

allein um

die

Betriebst

**temperatur
zu wahren
und den
ständigen
Wärmeverl
ust durch**

**Strahlung
, Leitung
wie
Konvektio
n
auszuglei**

chen .

Hört mit

dem Tode

die

Verbrennu

ng auf ,

**dann
kühlt der
Körper
ab, bis
auf die
jeweilige**

**Umgebungs
temperatu
r. Wird
in einem
Raum ein
toter**

gefunden ,

dann

berechnet

man den

Todeszeit

punkt mit

**Hilfe des
Newton'schen**

**Abkühlung
sgesetzes**

■

**Beheizt
wird der
„Ofen“
mit
Sonnenene-
rgie, die**

**über die
grünen
Pflanzen
bei der
Fotosynth
ese in**

die

Nahrungsk

ette

eingespei

st wird.

Die

Pflanzen

liefern

auch

gleichzei

tig den

Sauerstof

**f, ohne
den wir
die
Nahrung
nicht im
Körper**

**verbrenne
n**

könnten.

Eine

**Energieei
nsparung**

**ist
unmöglich
, weil
jeder
Körper in
Abhängigk**

eit von

seiner

Temperatu

r Wärme

abstrahlt

. Dies

**betrifft
ausnahmsl
os alle
festen
und
flüssigen**

**Körper
auf der
Erde.**

**Jeder
Stein,
jede**

**Pflanze,
alles
sendet
Wärmestra-
hlung aus
und kühlt**

sich ab.

Die

Körper

werden

nicht

abgekühlt

**durch das
Weltall,
nein sie
selbst
sind die
Objekte,**

welche in

die

Umgebung

Wärme

ausstrahl

en. Die

**Erde
dreht
sich vor
der
Sonne,
damit**

„Licht“

immer

wieder

die

Abkühlung

unterbrec

**hen , der
Erde
frische
Energie
zuführen
und sie**

**dadurch
erwärmen
kann. Ein
davon
unabhängi
ger**

**Vorgang
ist die
Abkühlung
oder
Erwärmung
über den**

**Wind,
durch die
Advektion
kalter
oder
warmer**

**Luftmasse
n.**

**Insbesond
ere die
Schwankun
gen der**

**Tagestemp
eraturen
gehen auf
Änderunge
n der
Windricht**

**ung
zurück,
wobei
heute
Tropikluf
t und**

morgen

Polarluft

herantran

sportiert

werden

kann .

Die von

den

Körpern

je nach

deren

Temperatu

r

ausgehend

e

Wärmestra

hlung ist

in der

**Regel
unsichtba
r.**

**Sichtbar
werden
Wärmestra**

**h1len
erst,
wenn die
Herdplatt
e beginnt
rot zu**

glühen.
Strahlen
größerer
Wellenlän
ge sind
für das

**menschliche
Augen
unsichtbar;
sie
liegen
jenseits**

**des roten
Lichts.**

**Deswegen
spricht
man auch
von**

**infrarote
r**

Strahlung

**. Hat man
entsprech
ende**

**Infrarot-
Kameras ,
so kann
man diese
unsichtba
re**

**Wärmestra-
hlung
erfassen
und somit
selbst
bei**

**tieftster
Finsterni
s jeden
Körper
fotografi
eren und**

**sichtbar
machen.**

**Dies kann
ein**

**Mensch,
ein Wild,**

ein Baum,

ein Haus

oder ein

getarnter

Panzer

sein. Die

**Wärmestra-
hlung**

verrät

alles!

Die

Wärmestra

hlung

erniedrig

t die

Temperatu

r des

strahlend

en

Objektes

und

erhöht

die

Temperatu

**r des
empfangen
den
Objektes,
wenn
dieses**

mehr

Wärme

empfangt

als es

selbst

ausstrahlt

t.

Die

Erdoberfl

äche

empfängt

**extrem
unterschi
edliche
Wärmemeng
en von
der**

**Sonne,
weil sie
eine
rotierend
e „Kugel“
ist und**

**keine
senkrecht
zur Sonne
stehende
„Scheibe“
. Da die**

**Erdachse
nicht
senkrecht
auf der
Sonnenuml
aufbahn**

**steht,
sondern
um 23,5
Grad
geneigt
ist,**

**haben wie
die vier
Jahreszei
ten
Frühling,
Sommer,**

Herbst

und

Winter.

Hat die

Sonne bei

23,5 °S

**den
südlichen
Wendekrei
s am 21.
Dezember
erreicht,**

**dann
beginnt
der
Winter.**

**Dann
haben wir**

in 50 °N

die

Längste

Nacht (16

h) und

den

kürzesten

Tag (8

h), bei

einer

Sonnenhö

e von

**16,5 Grad
über dem
Horizont.
Wir sehen
es an der
Länge**

unserer

Schatten.

Die

Beleuchtungsstärke

der

**Sonnenstrahlen und ihre
Wärmewirkung auf der Haut**

**sind
spürbar
geringer
als am
21. Juni
zur**

**Sommerson
nenwende
am 21.**

**Juni. An
diesem**

Tag steht

**die Sonne
63,5 Grad
über dem
Horizont,
sind die
Tage 16**

Stunden

Lang und

die

Nächte 8

Stunden

kurz. Die

**höheren
Temperatu
ren im
Sommer
sind
einzig**

**Folge der
höheren
Beleuchtungsstärke
und der
längeren**

**Beleuchtungszeiten
, der
Sonneneinstrahlungsdauer.**

Seit

Nikolaus

Koperniku

s

(1473 - 154

3) das

**heliocentrische
Weltbild
schuf und
Johannes
Keppler**

(1571-1630) die Planetengesetze formuliert hatte,

gibt es

eine

völlig

natürlich

e

Begründun

**g sowohl
für den
Tagesgang
der
Temperatu
ren wie**

deren

Jahresgan

g. Dieser

natürlich

en

Rhythmik

hat sich

alles

Leben auf

der Erde

angepasst

. Es ist

einzig

und

allein

die Kraft

der

Sonne,

**die das
Leben in
seiner
Vielfalt
bestimmt.**

Die Sonne

versorgt

im

Frühjahr

die Natur

mit der

notwendig

en

Lebensene

rgie und

entzieht

ihr diese

Energie

**im Herbst
wieder.**

**Dies
zeigt
sich an
der**

**Vegetatio
nsperiode
, vom
zarten
Grün der
Bäume im**

**Frühling
bis zum
Laubabwurf
im
Herbst.
Bei aller**

wetterbed
ingten
Veränderl
ichkeit
der
täglichen

**Temperatu
ren, die
jährliche
Temperatu
rkurve
folgt**

**eindeutig
dem Stand
der Sonne
wie der
Länge von
Tag und**

Nacht.

Das

Spurengas

CO₂ mit

einem

Luftanteil

1 von

0,04

Prozent

hat

keinen

messbaren

**Einfluss
auf die
Körpertem
peraturen
wie die
Lufttempe**

raturen .

CO₂ dient

den

Pflanzen

als

Nahrung

**zum
Aufbau
von
Nahrung
für
Mensch**

und Tier.

Was

nun

ist

Temp

erat

ur?

Wärm

e

ist

imme

**ran
stof
flic**

he

Mass

e

gebu

nden

. Je

mehr

Mass

e

man

hat,

dest

o

mehr

Wärm

e

kann

man

spei

cher

n.

Mit

5000

Lite

rn

heiß

em

Wass

er

kann

man

mehr

heiz

en

als

mit

fünf

Lite

rn

glei

cher

Temp

erat

ur.

Es

war

ein

sehr

Lang

wier

iger

Proz

ess,

die

Begr

iffe

„Tem

pera

tur“

und

„Wär

me“,

zuma

1

man

Wärm

e

und

Kält

e

für

vers

chie

dene

Subs

tanz

en

und

die

Luft

für

eine

unsi

chtb

are

Flüs

siggk

eit

hiet

t.

Der

Begr

iff

KaLo

rie

weis

t

noch

auf

die

Vors

tell

ung

von

Wärm

e

als

„Ka1

orik

um“

hin.

**Bei
der
Wett**

ervo

rher

sage

werd

en

**·
imme**

r

die

Luft

strö

mun

g

mit

Hilf

e

von

hydr

odyn

amī

chen

Bewe

gung

sgle

ichu

ngen

bere

chne

t.

Im

17.

Jahr

hund

ert

beg

nen

Natu

rfor

sche

r

wie

Robe

rt

Boyl

e

(162

7 - 16

91) ,

Robe

rt

Hook

e

(163

5 - 17

03)

und

Isaa

C

Newt

on

(164

2 - 17

26)

die

Mein

ung

zu

vert

rete

n,

dass

Wärm

e

mit

mech

an¹is

chen

Bewe

gung

en

zusa

mmen

hääng

e.

Vor

ihne

n

hatt

en

scho

n

Phil

osop

hen

wie

Fran

cis

Baco

n

(156

1 - 16

26) ,

Thom

as

Hobb

es

(158

8 - 16

79)

und

John

**Lock
e
(162**

3-17

04)

dies

e

Ansi

cht

vert

rete

n. ■

Erst

e

quan

tita

tive

Form

ulie

rung

en

gehe

n

auf

Leon

hard

Eule

r

(170

7-17

83)

und

Dani

et

Bern

oull

i

(170

0-17

82)

zurü

ck.

Eule

r

schä

tzte

die

Gesc

hwin

digk

eit

der

Gast

eilc

hen

auf

477

m/s.

Bei

0 °C

lieg

t

die

mitt

lere

Gesc

hwin

digk

eit

der

Luft

mole

kütle

bei

400

m/s

(144

0

km/h

),

bei

20

°C

sind

es

500

m/s

(180

0

km/h

)

■

Die

Scha

ulge

schw

iñdi

gkei

t

bei

15

°C

betr

ägt

nur

340

m/s

(122

4

km / h

) .

Also

Lang

e

vor

Jame

S

Maxw

erl

(183

1-18

79)

wur d

e

der

Grun

ds te

in

für

die

kine

tisc

he

Gas t

he o r

i e

gele

gt.

Als

Gebu

rtsj

ahr

für

die

Theo

rie

der

„Bew

egun

g

durc

h

Wärm

e“

gilt

1824

, in

dem

Sadi

Carn

ot

(179

6-18

32)

sein

e

„Ged

anke

n

über

die

bewe

gend

e

Kraf

t

des

Feue

rs

und

über

Masc

hine

n,

die

dies

e

Kraf

t

ausn

utze

n

könn

en“

vort

egte

. Er

begr

ünde

te

damí

t

zwar

eine

n

neue

n

Zwei

g

der

Phys

ik,

die

Ther

mody

namí

k,

fand

aber

Zeit

Lebe

ns

kein

en

Wilde

rhat

1.

1834

arbe

itet

e

Benno

it

clap

eyro

n

(179

9 - 18

64)

die

Arbe

it

von

Carn

ot

um

und

vers

chaf

fte

der

Ther

mody

namī

k

zum

Durc

hb ru

ch .

Robe

rt

Julia

us

Maye

r

(181

4 - 18

78)

best

imm

e

den

Wert

des

mech

anis

chen

wärm

eäqu

ival

ents

. Er

wies

auch

nach

,

dass

sich

Bewe

gung

sene

rgie

vol

stän

dig

in

wärm

e

umwa

ndel

n

Läss

t

und

verk

ünde

te

1845

den

Ener

giee

rhaɿ

tung

ssat

z.

Aber

Maye

r

wurd

e

die

Aner

kenn

ung

verw

eigē

rt,

er

sah

sich

gehä

ssig

en

Angr

iff e

n

ausg

eset

zt

und

verb

rach

te

zehn

Jahr

e im

Irre

nhau

S. ■

Er

wurd

e

auch

verl

acht

ob

der

Erkl

är un

g

sein

er

Beob

acht

ung,

dass

sich

bei

eine

m

Stur

m

das

Wass

er

erwä

rmt.

Es

war

dama

1s

schw

ier

g zu

vers

tehe

n,

dass

Ener

gie

nich

t

vers

chwi

nden

kann



Das

Para

doxo

n

wurd

e

erst

aufg

elös

t,

als

man

vers

tand

,

dass

Wärm

e

mit

der

unge

ordn

eten

**Bewe
gung
von**

Möle

küle

n

verb

unde

n

ist

und

dass

sich

die

„ver

schw

unde

ne

**Ener
gie“
in**

der

Ener

gie

dies

er

Mole

küßb

eweg

unge

n

wied

erfi

ndet

. Es

war

auch

sehr

schw

ieri

g zu

vers

tehe

n,

dass

man

aus

dem

Endz

usta

nd

eine

s

System

ems

auf

kein

e

Weiß

e

scht

ieße

n

kann

,

woher

r

das

System

em

sein

e

Ener

gie

beka

m:

auf

Kost

en

von

Wärm

e

oder

von

Arbe

it.

Arbe

it

und

Wärm

e

sind

Proz

essg

röße

n,

kein

e

zust

ands

größ

en

wie

Druc

k,

**Temp
erat
ur,**

volu

men ,

inne

re

Ener

gie.

Es

wuch

s

auch

die

Erke

nn tn

is,

dass

,

wenn

zwei

Körper

er

die

glei

che

Temp

erat

ur

hatt

en,

nich

t

dara

us

folg

te,

dass

sie

dies

elbe

Ener

gie

besa

ßen.

Wärm

e

ist

nich

t

glei

ch

Temp

erat

ur,

auch

wenn

gesa

gt

wird

,

dass

es

20

Grad

warm

ist!

Es

war

dann

will

i am

Thom

son

(182

4 - 19

07)

oder

„Lor

d

Kelv

in“ ,

der

die

ther

mody

namī

sche

Temp

erat

ursk

ala

entd

eckt

e.

wurd

en

f r ü h

er

zwei

Punk

te -

der

Schm

elzp

unkt

des

Eiße

s

und

der

Sied

epun

kt

des

Wass

ers

—

gew

ählt

,

und

dere

n

Abst

and

wie

bei

der

Celts

ius -

Skat

a in

100

Teil

e

gete

ist,

so

geht

man

heut

e

vom

Trip

elpu

nkt

des

Wass

ers

aus,

wo

die

drei

Phas

en

Damp

f,

Wass

er

und

Eis

mitte

in an

der

koex

isti

eren

■

Sein

e

Temp

erat

ur

in

kelv

in

bet r

äg t

exak

t

273,

16 K

oder

exak

t

0,01

°C.

Der

Über

gang

zur

neue

n

Skat

a

mit

dem

Trip

elpu

nkt

des

Wass

ers

als

einz

igem

fixp

unkt

ges c

hah

f a s t

unbe

merk

t.

Dies

e

Über

eink

unft

wurd

e im

Jahr

e

1954

getr

offe

n.

Dass

beid

e

Temp

erat

ur sk

al en

, ob

in

Cels

ius -

Grad

oder

Kelv

in,

exak

t

über

eins

tim

en

wurd

e

1990

inte

rnat

iona

l

fest

gele

gt.

Über

die

Bean

two r

tung

der

**Frag
e,
wie**

die

Mole

kühlg

esch

wind

igke

iten

den

Gasd

ruck

und

wie

die

Mole

kühle

nerg

ien

die

**Temp
erat
ur**

best

**·
imme**

n

und

die

Glei

chun

g

m/2

$v^2 =$

$3/2$

kT

ergä

bt

sich

,

dass

die

**Temp
erat
ur**

ein

Maß

für

die

kine

tisc

he

Ener

gie

der

Mole

kühle

ist.

Fall

s

man

irge

ndei

n

Mole

kühl

Lang

e

genu

g

verf

olge

n

könn

te,

wü rd

e

man

sehe

n ,

dass

es

mal

schn

ette

r,

mal

Lang

same

r

flie

gt,

wobe

i

aber

das

Quad

rat

der

Gesc

hwin

digk

eit

im

Mitt

el

glei

chb

eibt

■

Wenn

sich

ein

Teek

esse

in

eine

m

Zimm

er

abkü

hzt

und

die

Luft

erwä

rmt,

kann

man

spät

er

nich

t

fest

stel

len,

waru

m

sich

die

Luft

erwä

rmt

hat.

In

Gase

n

herr

scht

hat

„Cha

os“ .

Ande

rs

ist

es

mit

elek

trom

agne

tisc

hen

Feld

ern.

Lich

t

tran

spor

tier

t

Info

rmatt

ione

n

von

der

Fläc

he!

Eine

n

Teek

esse

1

oder

ein

Haus

kann

man

als

Foto

mit

Hilf

e

eine

r

Infr

arot

kame

ra

„seh

en“.

Die

Infr

arot

stra

hlun

g

best

eht

aus

geri

chte

ten

elek

trom

agne

tisc

hen

welt

en,

die

sich

nich

t im

„the

rmis

chen

Glei

chge

wich

t

mit

der

Luft

“

be fi

nden

■

■
Sie

werd

en

von

den

Atom

en

nich

t

gest

reut

,

„beh

alte

n“

daru

m

die

Gest

alt

des

Teek

esse

Is

und

könn

en

sie

über

trag

en.

Die

chao

tisc

he

Mole

kuLa

rbew

egun

g

kann

kein

e

„Bil

der“

über

trag

en

und

abb*i*

Iden

!

Der

Proz

ess

des

Temp

erat

urau

sgle

ichs

ist

irre

vers

ibel

,

unum

kehr

bar.

Er

ist

imme

r

mit

eine

r

Zuna

hme

von

Entr

opie

verb

unde

n.

Die

Entr

opie

wurd

e

von

Rudo

uf

clau

sius

(182

2 - 18

88)

theo

reti

sch

entd

eckt



Sie

ist

eine

zur

Temp

erat

ur

zusa

mmen

häng

ende

Größ

e,

dere

n

Zuna

hme,

mult

impli

zier

t

mit

der

Temp

erat

ur,

die

von

eine

m

Körper

er

reve

rsib

el

aufg

enom

mene

Wärm

e -

ener

gie

best

immmt



Die

Gase

ntro

pie

läss

t

sich

in

Tabe

Ulen

find

en,

aber

es

gibt

kein

Gerä

t,

ähnt

ich

eine

m

Baro

mete

r

oder

Ther

mome

ter,

das

den

Entr

opie

wert

anze

igt.

Kons

equa

nz

ist:

Es

gibt

kein

en

Proz

ess,

dess

en

einzel-

iges

Ergebnis

bnis

die

Kühl

ung

eine

s

Körper

ers

und

das

verr

icht

en

von

mech

anis

cher

Arbe

it

wäre

.

Diff

usio

n,

Reib

ung,

Wärm

elei

tung

,

Zäh*i*

gk*e*i

t,

jout

sche

Wärm

e,

das

sind

eini

ge

der

Haupt

tmec

hani

smen

,

die

die

Entr

pie

erhö

hen.

Das

Prin

zip

des

Entr

opie

zuwa

chse

s

ist

eine

Eiße

nsch

aft

unse

rer

Welt

, in

der

alle

makr

osko

pisc

hen

st

eme

aus

unvo

erste

Ulba

r

viel

en

Teil

chen

(102

3 =

100

Trial

Liar

den)

best

ehen



Die

Entr

opie

zuna

hme

defi

nier

t

die

zeit

rich

tung

,

best

**·
immt**

den

„zei

tpfe

in“.

Di

e

Te

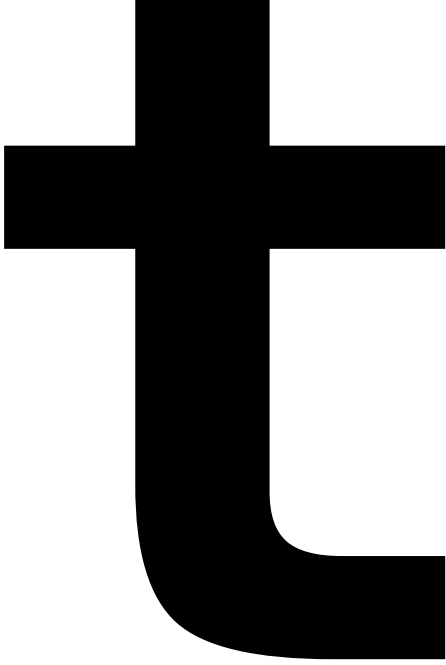
mp

er

at

ur

i's

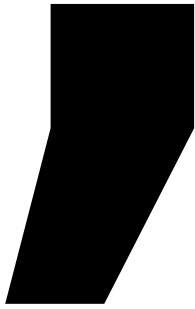


no

ch

vi

el



se

hr

vi

el

ko

mp

Li

zi

er

te

r!

Di

e

Wä

rm

el

eh

re

en

tw

ic

ke

l

t

e

Si

ch

zu

ei

ne

m

Te

il

ge

bi

et

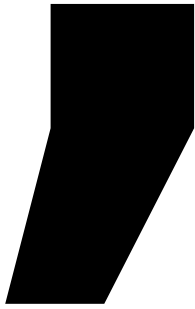
de

r

Ph

***y*s**

ik



al

S

kl

ar

wa

r

,

da

SS

di

e

Wä

rm

e

e.i.

ne

Fo

rm

vo

n

En

er

gi

e

un

d

di

e

Te

mp

er

at

ur

e.i.

n

Ma

RS

fü

r

di

e

En

er

gi

e

de

r

Wä

rm

eb

ew

eg

un

g

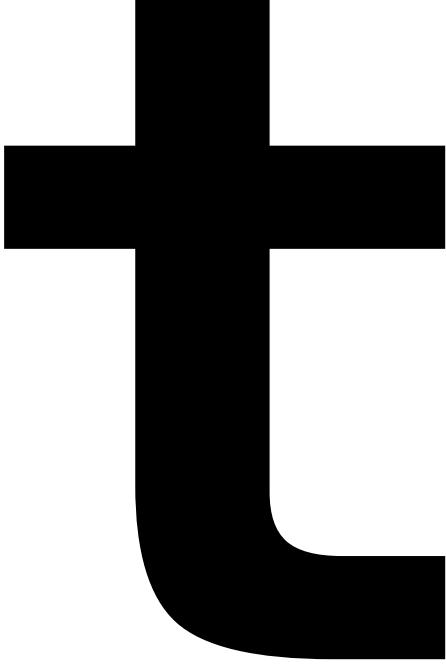
i's

七

。

ES

i's



di

e

vo

n

Lu

dw

ig

Bo

l

t

zm

an

n

(

1

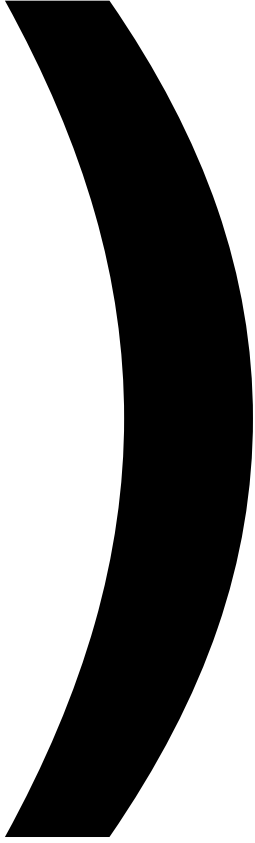
84

4

4

19

06



en

tw

ic

ke

l

t

e

Bo

l

t

zm

an

n

-

Ko

ns

ta

nt

e

K

,

di

e

de

n

七 立

ef

en

zu

sa

mm

en

ha

ng

zw

i's

ch

en

Me

ch

an

ik

un

d

Wä

rm

el

eh

re

al

S

“

E

ne

rg

ie



Te

mp

er

at

ur



Ää

ui

va

le

nt



wi

de

rs

p

i

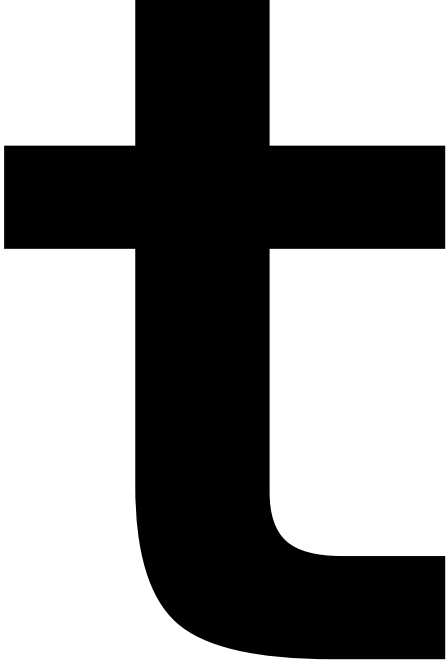
eg

el

七

。

Ha



ei

n

Kö

rp

er

di

e

Te

mp

er

at

ur

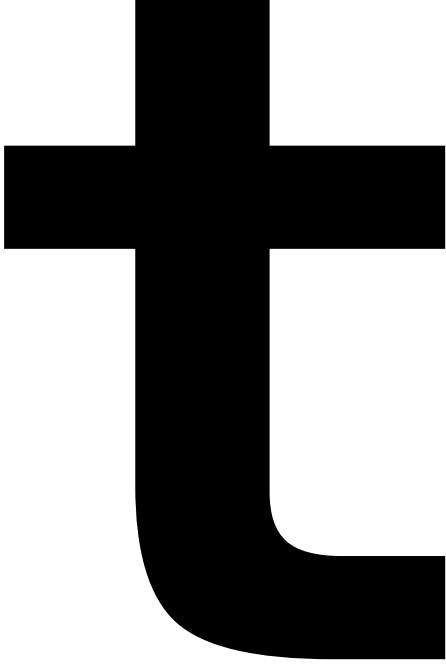
T

7

da

nn

i's



K T

ei

n

Ma

RS

fü

r

di

e

mi

七

七

le

re

En

er

gi

e

je

de

S

se

in

er

mi

kr

OS

ko

pi

sc

he

n

Fr

ei

he

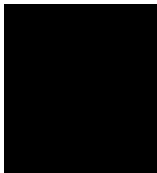
い

ち

sg

ra

de



De

r

un

ge

fä

hr

e

We

rt

de

S

En

er

gi

e -

Te

mp

er

at

ur



Um

re

ch

nu

ng

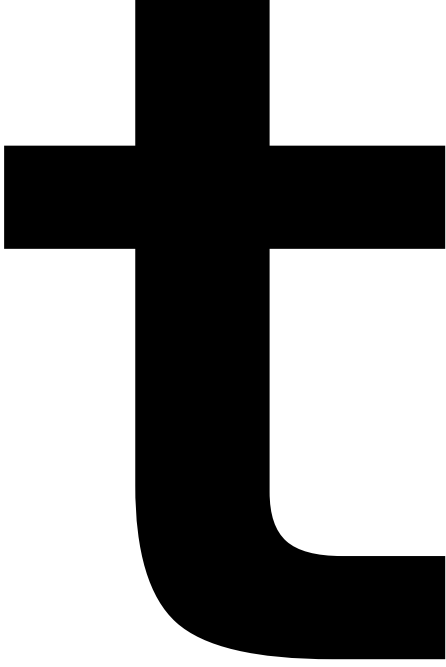
S f

ak

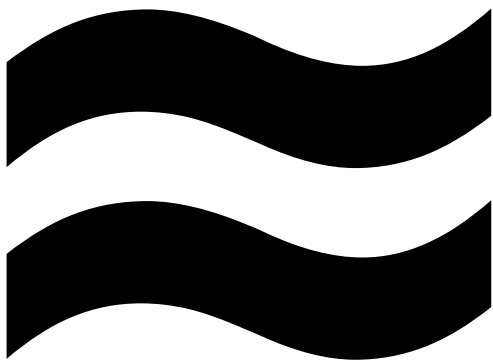
to

rs

i's



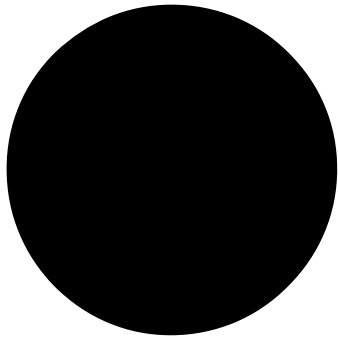
K



1

,

4



10

-2

3

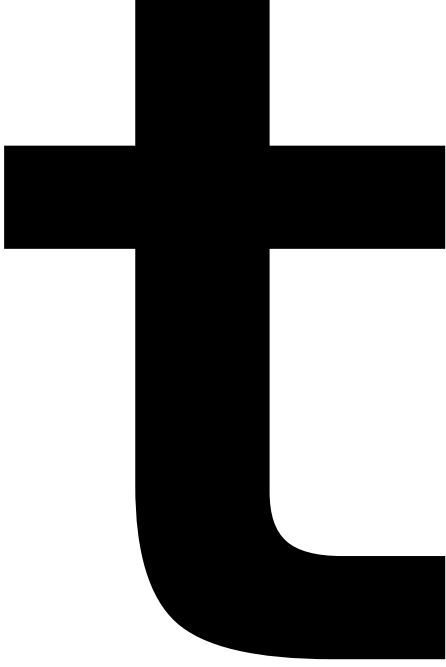
J

/

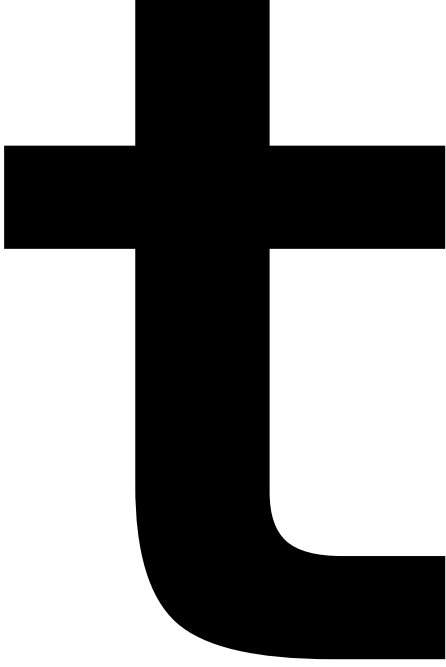
K.

Da

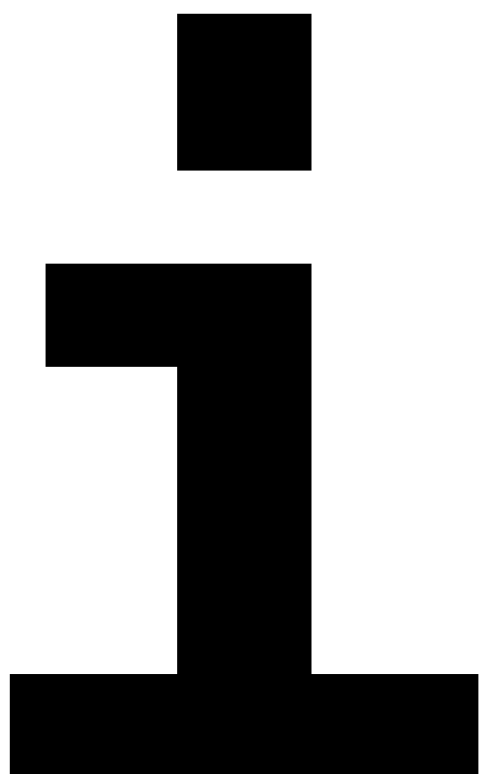
mi



i's

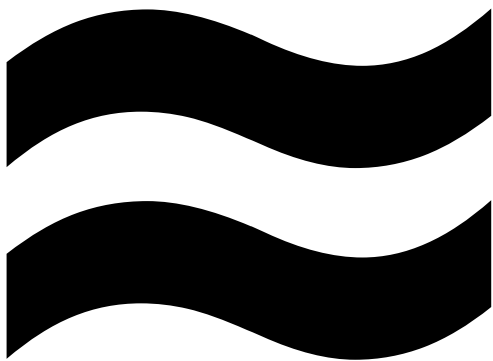


be



1

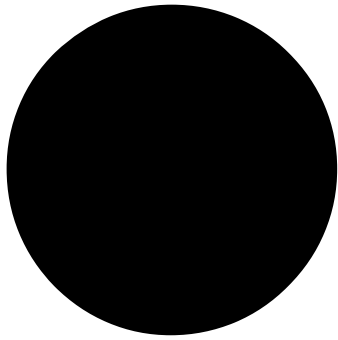
5



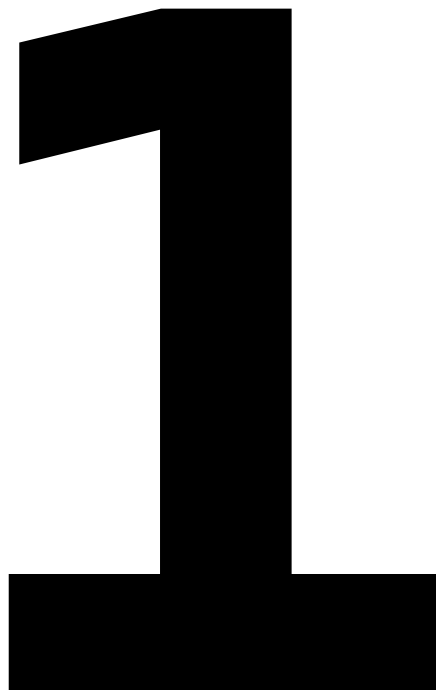
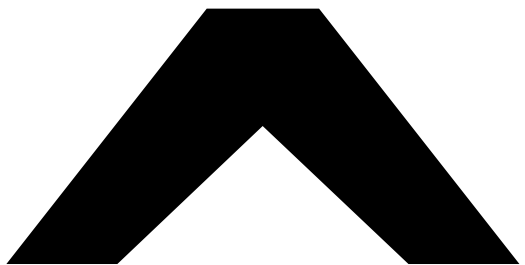
6

,

2



10



8

ev

ä å

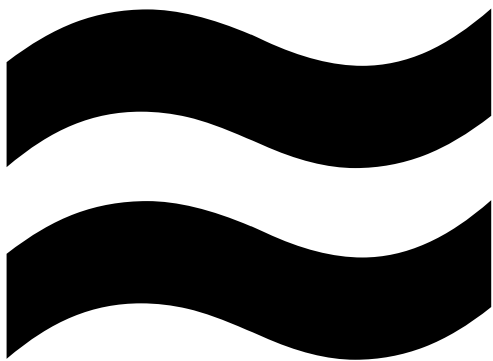
ui

va

le

nt

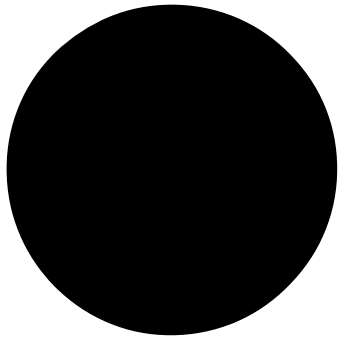
K



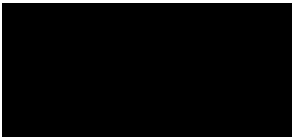
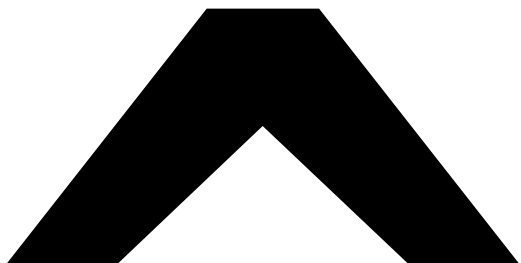
8

,

5



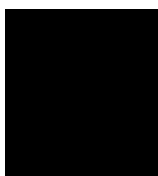
10



5

ev

AK



1

5

en

ts

pr

ic

ht

al

so

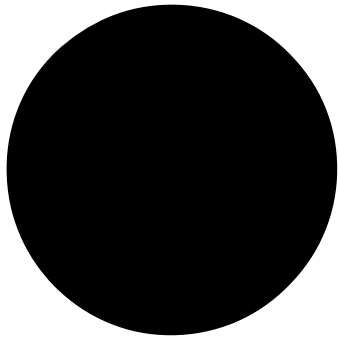
et

wa

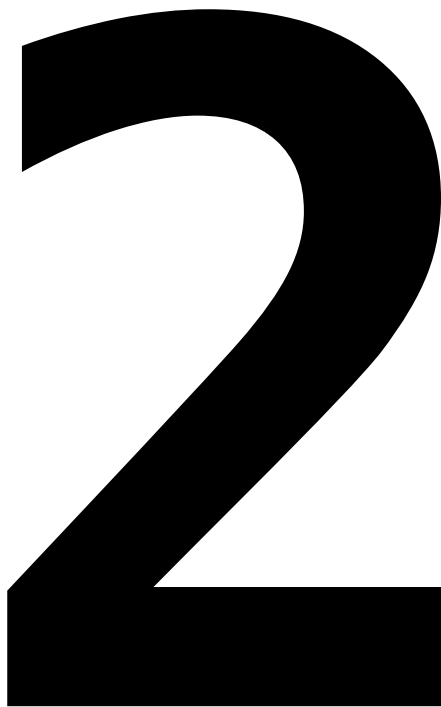
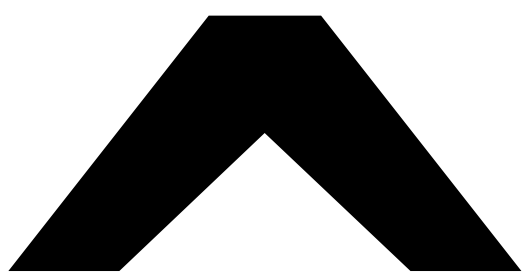
0

,

72



10



3

K

un

d

1

ev

en

ts

pr

ic

ht

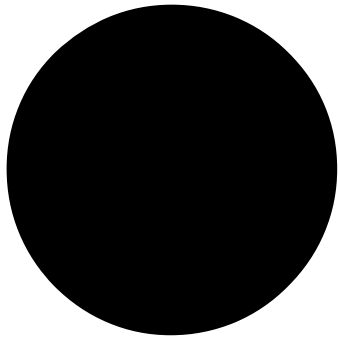
et

wa

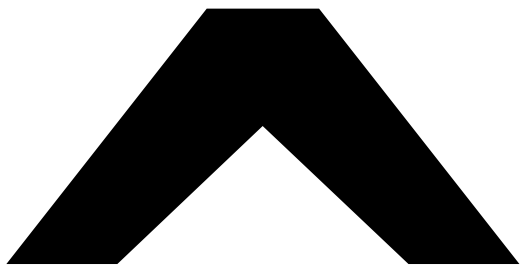
1

,

2



10



K.

Ku

rz

al

S

Me

rk

re

ge

U



1

ev

en

ts

pr

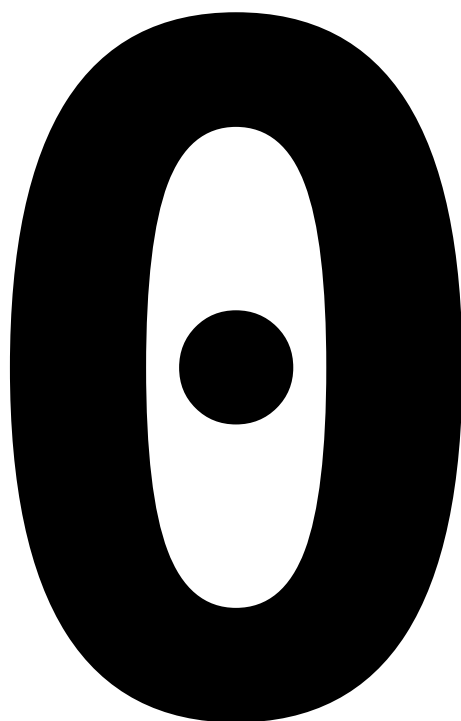
ic

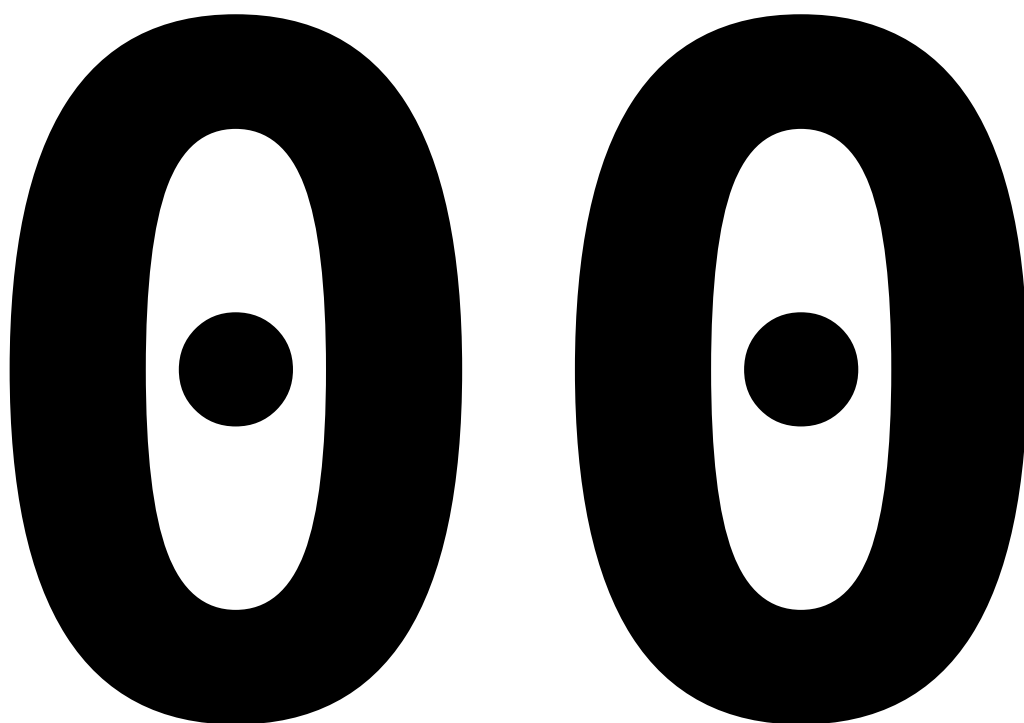
ht

et

wa

10





K

!

Da

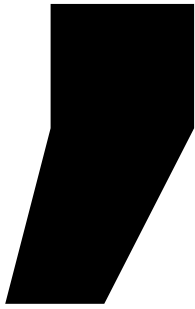
S

be

de

ut

et



da

SS

ma

n

di

e

An

ga

be

de

r

Te

mp

er

at

ur

ei

ne

S

ge

su

nd

en

Me

ns

ch

en

al

S

36

6,

o

c

au

ch

au

sd

rü

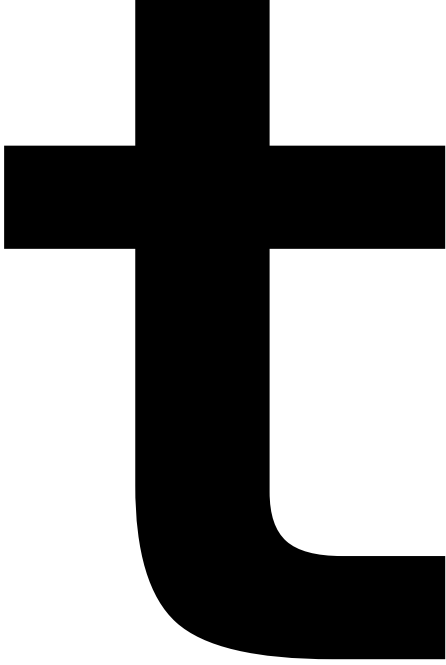
ck

en

ka

nn

mi



30

9

,

8

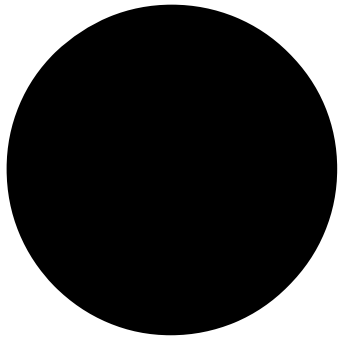
K

od

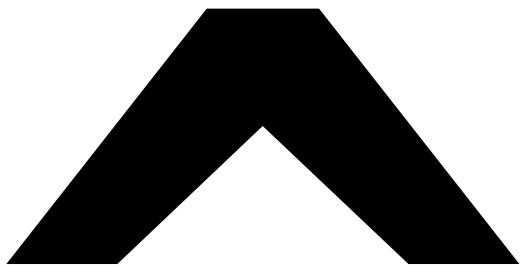
er

4,

28



10



21

5

od

er

27

me

V



Di

es

e

An

ga

be

n

Si

nd

zw

ar

ä å

ui

va

le

nt

un

d

ko

rr

ek

セ

、

ab

er

un

ub

Li

ch

un

d

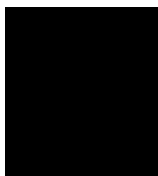
zu

ab

st

ra

kt



Ic

h

de

nk

e,

wi

r

we

rd

en

no

ch

La

ng

e

an

de

n

Ce

LS

iu

S.



Gr

ad

en

fe

st

ha

l

t

en

od

er

in

de

n

us

A

de

n

Fa

hr

en

he

い

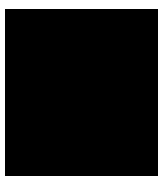
て



Gr

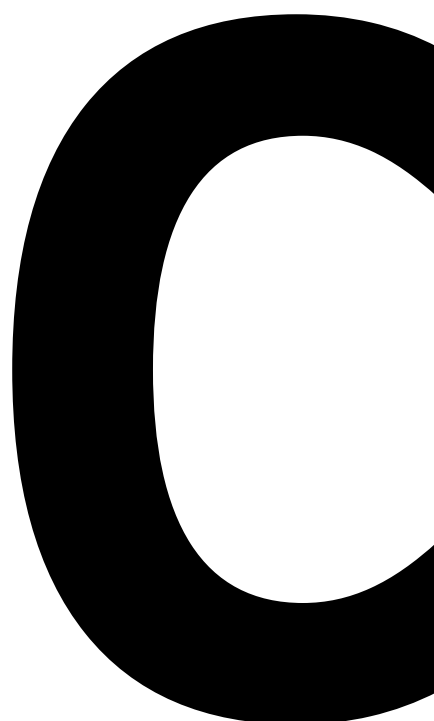
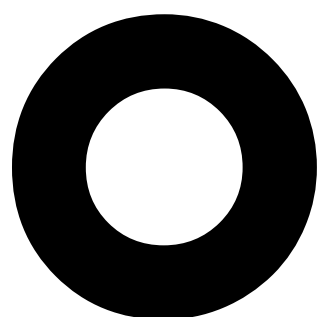
ad

en



36

6,



en

ts

pr

ec

he

n

97

9,

O

F



Ei

ne

Te

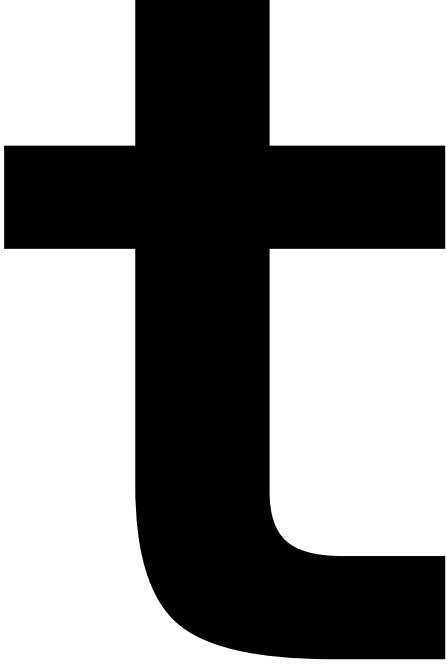
mp

er

at

ur

i's



ei

n

Ma

RS

fü

r

di

e

mi

七

七

le

re

Ki

ne

七 立

sc

he

En

er

gi

e

de

r

Lu

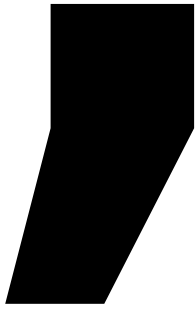
ft

mo

le

кү

le



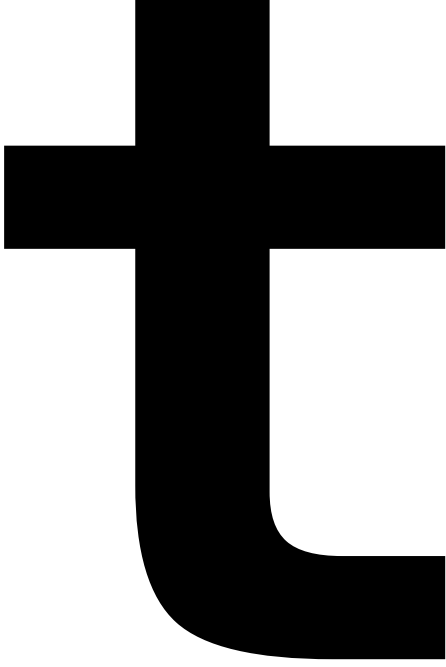
ab

er

wa

S

i's



ei

ne

Mi

七

七

el

te

mp

er

at

ur



Di

e

Te

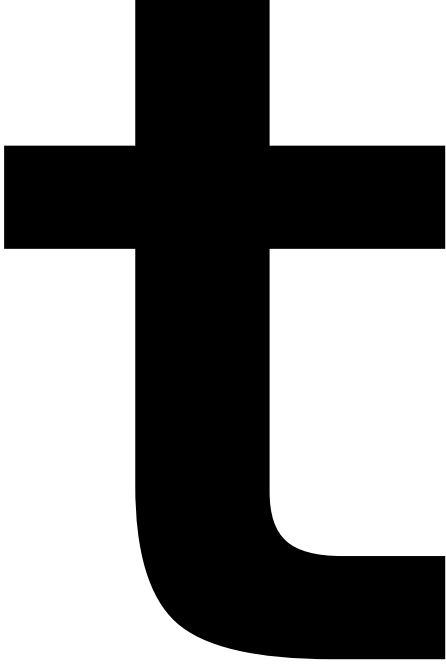
mp

er

at

ur

i's



e.i.

ne

Qu

al

い

て

ät

sg

rö

Re

wo

hi

ng

eg

en

di

e

Wä

rm

e

e.i.

ne

Qu

an

七

一

tä

ts

gr

ö ß

e

i's

七

。

Je

me

hr

Ma

SS

e

vo

rh

an

de

n

i's

セ

、

de

st

O

me

hr

Wä

rm

e

ka

nn

ma

n

Sp

e.i.

ch

er

n



FL

ūs

Si

ge

Ma

SS

en

ka

nn

ma

n

ve

rm

i's

ch

en

un

d

au

S

he

is

em

un

d

ka

l

t

em

Wa

SS

er

wo

htl

te

mp

er

ie

rt

es

Ba

de

wa

SS

er

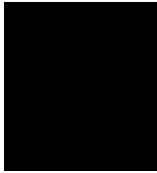
he

rs

te

ll

en



Di

es

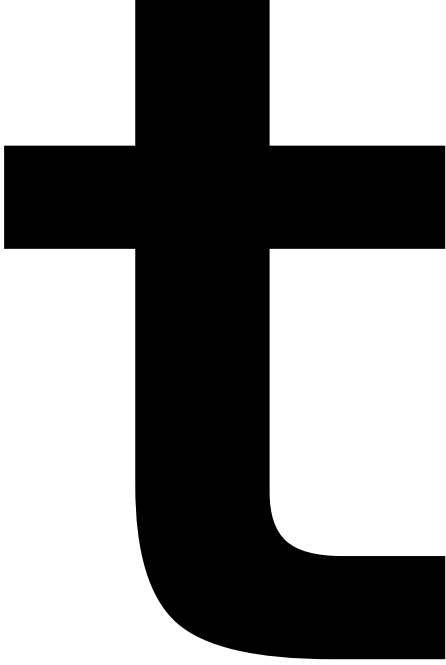
ge

ht

au

ch

mi



ka

l

t

er

un

d

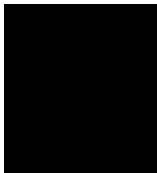
wa

rm

er

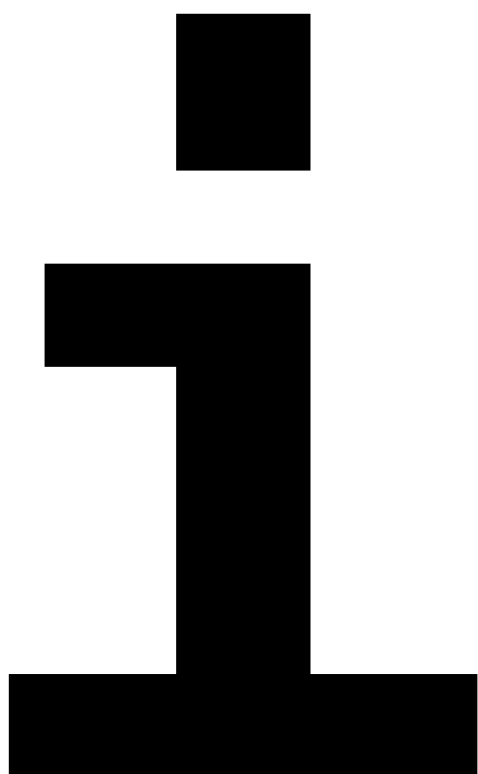
Lu

ft



Da

be



en

ts

te

he

n

T

i

ef

dr

wc

K

k

ge

bi

et

e,

in

de

ne

n

da

nn

du

rc

h

ve

rm

i's

ch

un

g

ei

n

Te

mp

er

at

ur

au

sg

le

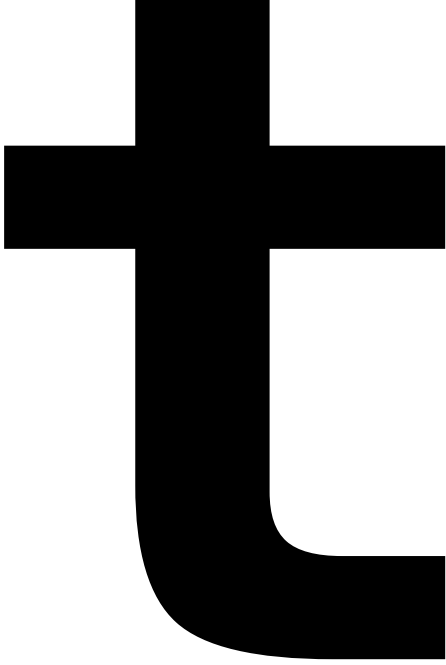
ic

h

er

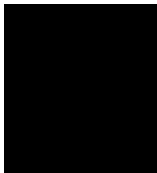
ze

wg



wi

rd



Ab

er

wa

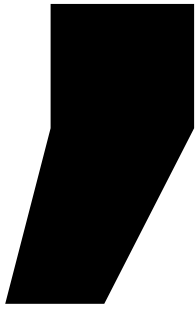
S

pa

SS

ie

rt



we

nn

ma

n

Te

mp

er

at

ur

en

mi

七

七

el

t

?

Ni

ch

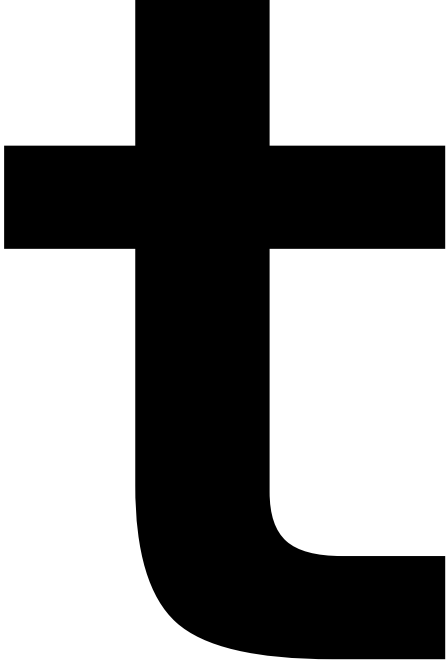
ts



Di

es

i's



ei

n

ga

n z

ei

nf

ac

he

r

Re

ch

en

vo

rg

an

g.

de

r

ni

ch

ts

be

wi

rk

七

。

We

nn

ma

n

Te

mp

er

at

ur

en

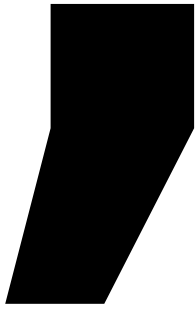
vo

n

Lo

nd

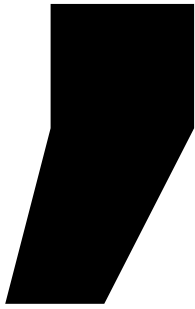
on



Be

rtl

in



Ma

dr

id

un

d

A

t

he

n

mi

七

七

el

セ

、

da

nn

er

h ä

l

t

ma

n

ei

ne

MM

い

て

te

l

t

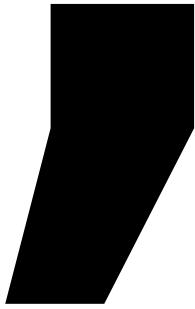
em

pe

ra

tu

r“



di

e

ei

n

”S

p i

el

we

rt



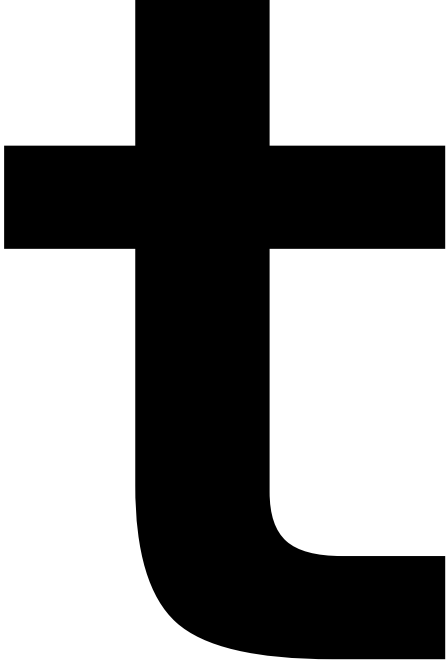
da

rs

te

U

U



un

d

im

Gr

un

de

ni

ch

ts

au

SS

ag

七

。

No

ch

vi

el

sc

htl

im

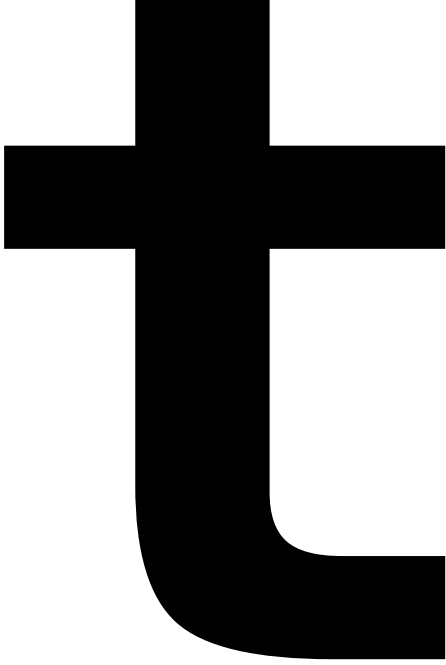
me

r

ve

rh

äl

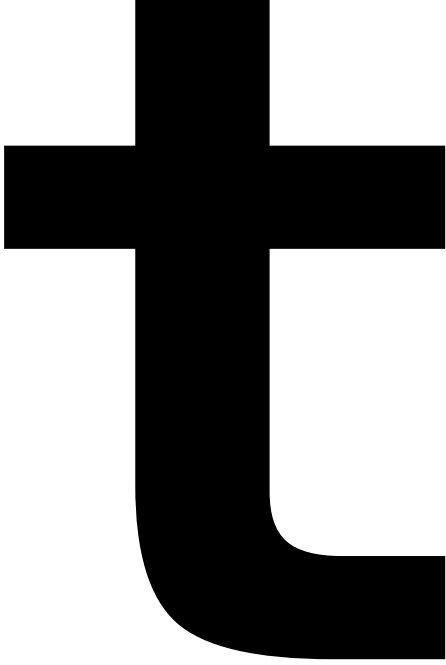


es

Si

ch

mi



de

r

W

el

tm

い

て

te

l

t

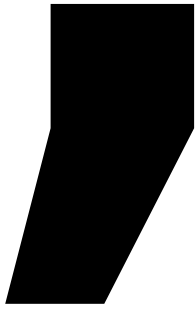
em

pe

ra

tu

r“



ge

rn

e

“G

to

ba

l

t

em

pe

ra

tu

r“

ge

na

nn

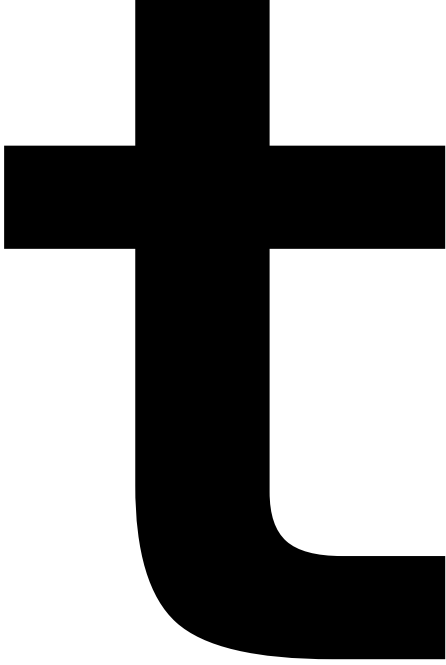
七

。

Da

S

i's



e.i.

ne

fi

kt

iv

e

Te

mp

er

at

ur

eb

en

so

wi

e

da

S

da

vo

n

ab

ge

le

い

て

et

e

“G

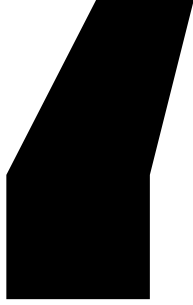
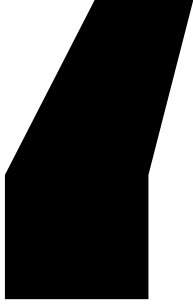
to

ba

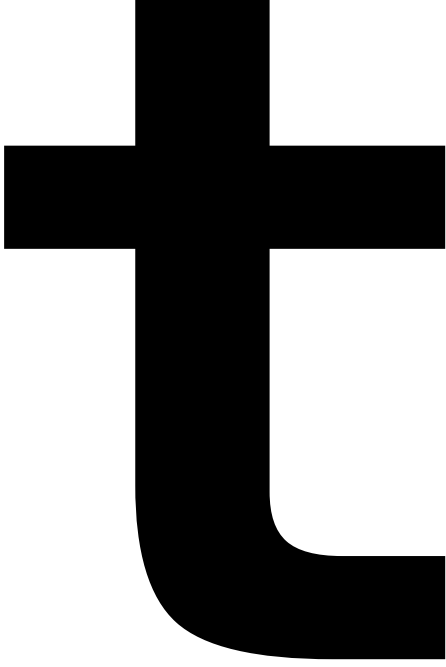
lk

Li

ma



Mi



Mi

七

七

el

te

mp

er

at

ur

en

ka

nn

ma

n

ni

ch

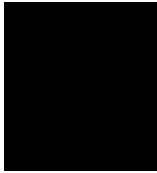
ts

an

fa

ng

en



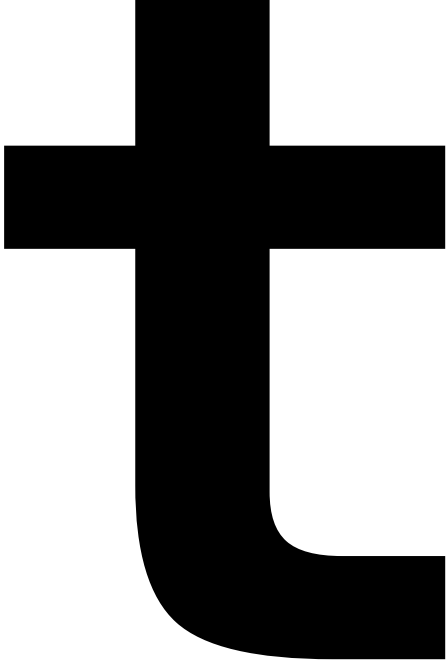
Di

es

be

gi

nn



be

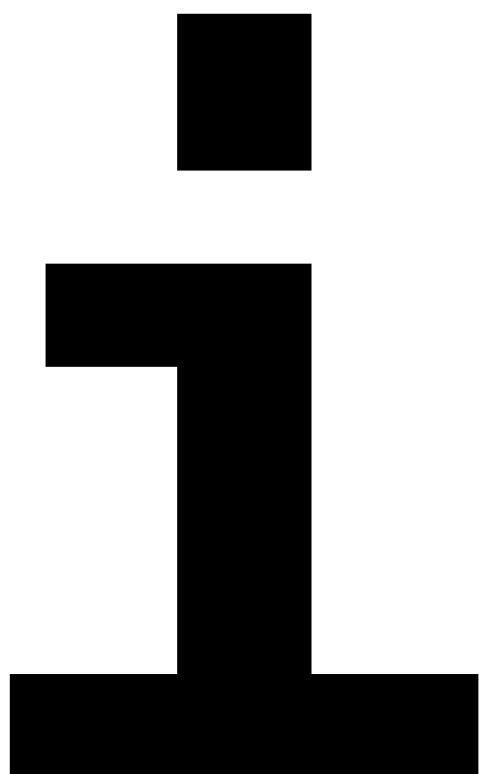
re

い

ち

S

be



de

r

Be

re

ch

nu

ng

de

r

Ta

ge

Sm

い

て

te

l

t

em

pe

ra

tu

r

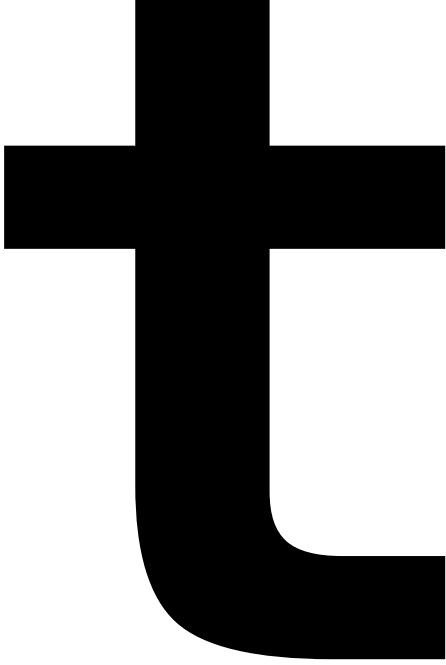
,

di

e

ni

ch



e.i.

nm

al

e.i.

nh

ei

丸七

ic

h

na

ch

de

n

MM

an

nh

ei

me

r

St

un

de

n”

er

fo

lg

七

。

Di

e

Ta

ge

Sm

い

ち

te

l

t

em

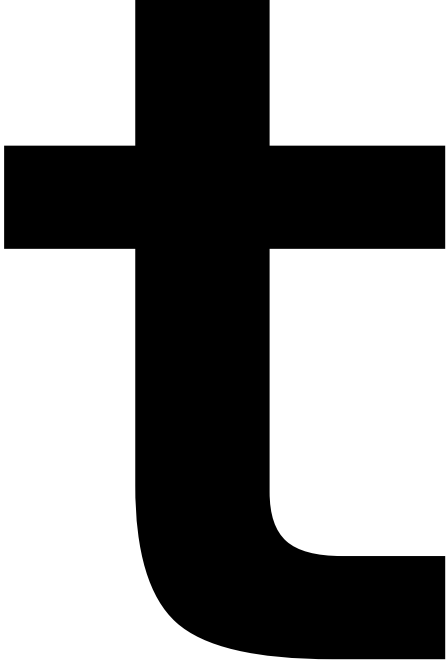
pe

ra

tu

r

i's



ei

ne

ei

nf

ac

he

Re

ch

en

gr

ö ß

e,

ke

in

ph

***y*s**

ik

al

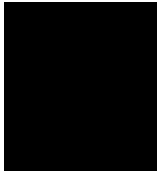
i's

ch

er

We

rt



wi

r

Sp

ür

en

un

d

fü

htl

en

ke

in

e

Mi

七

七

el

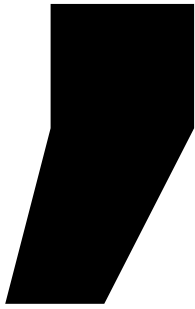
te

mp

er

at

ur



so

nd

er

n

nu

r

de

n

Ga

ng

de

r

re

al

en

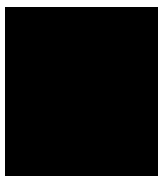
Te

mp

er

at

ur



De

SW

eg

en

we

rd

en

in

al

le

n

We

七

七

er

be

ri

ch

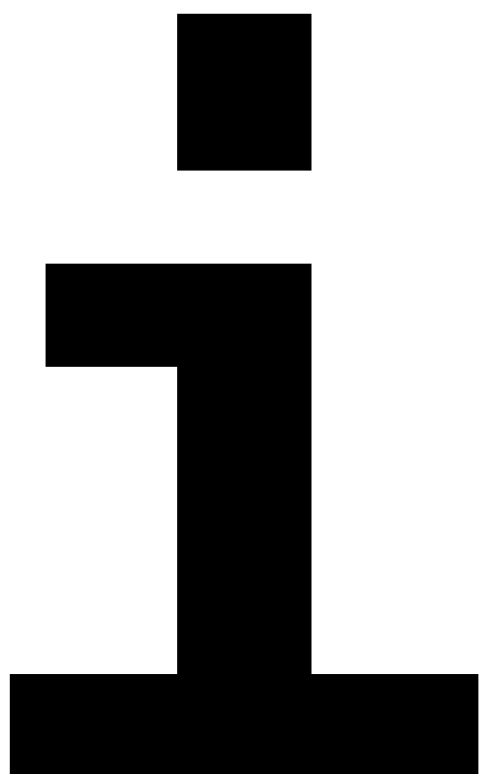
te

n

un

d

be



al

le

n

We

七

七

er

vo

rh

er

Sa

ge

n

im

me

r

zw

ei

Te

mp

er

at

ur

en

an

ge

ge

be

n

,

da

S

mo

rg

en

dl

ic

he

Mi

ni

mu

m

wi

e

da

S

mi

七

七

ä g

Li

ch

e

Ma

X

i

mu

m



Be

id

e

An

ga

be

n

ge

be

n

e.i.

n

Ge

fü

htl

fü

r

de

n

ve

rt

au

f

de

S

Ta

ge

sg

an

ge

S

de

r

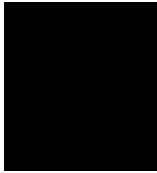
Te

mp

er

at

ur



Di

e

IN

at

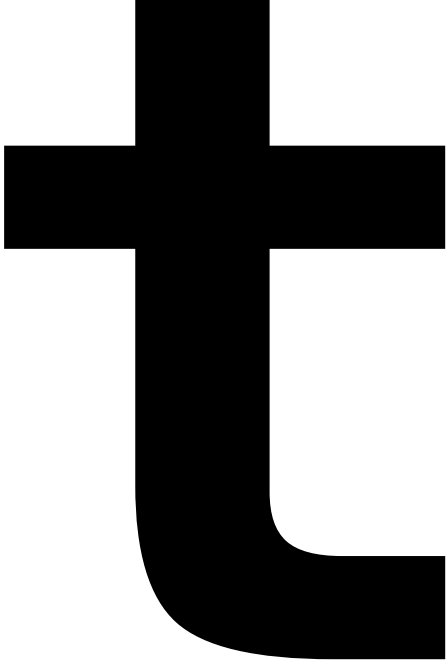
ur

“

ri

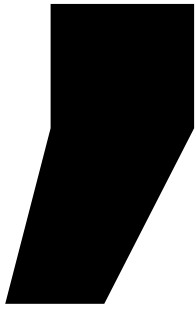
ch

te



Si

ch



wi

e

au

ch

de

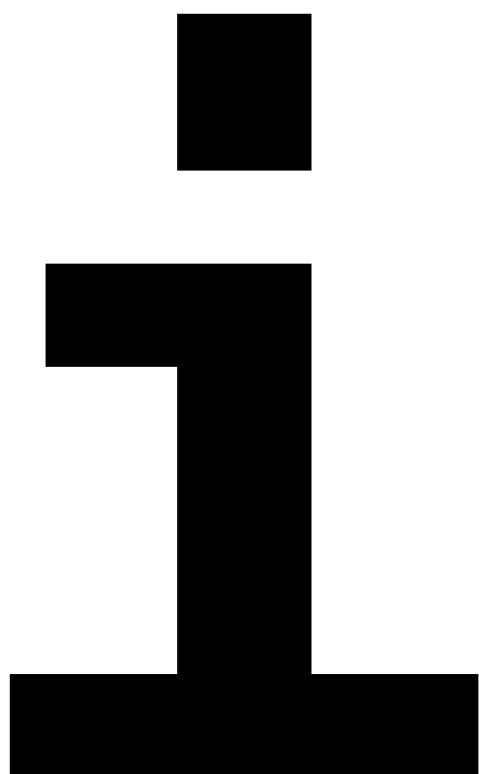
r

Me

ns

ch

be



de

r

Wa

htl

de

r

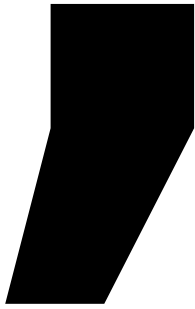
Be

kl

ei

du

ng



im

me

r

na

ch

de

n

wi

rk

Li

ch

en

Te

mp

er

at

ur

en



We

nn

Si

e

Si

ch

un

d

ih

re

n

Fr

eu

nd

en

et

wa

S

Gu

te

S

tu

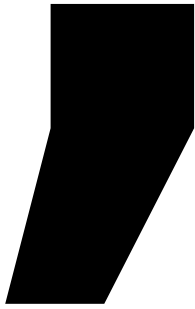
n

wo

U

U

en



da

nn

ge

hö

rt

au

f

de

n

Ga

be

nt

i's

ch

da

S

Bu

ch

”P

ro

ph

et

en

im

Ka

mp

f

um

de

n

KL

im

at

hr

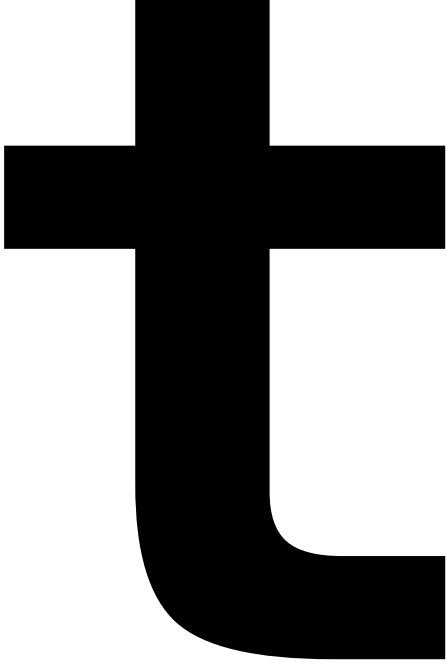
on



wi

e

mi



Än

gs

te

n

um

Ge

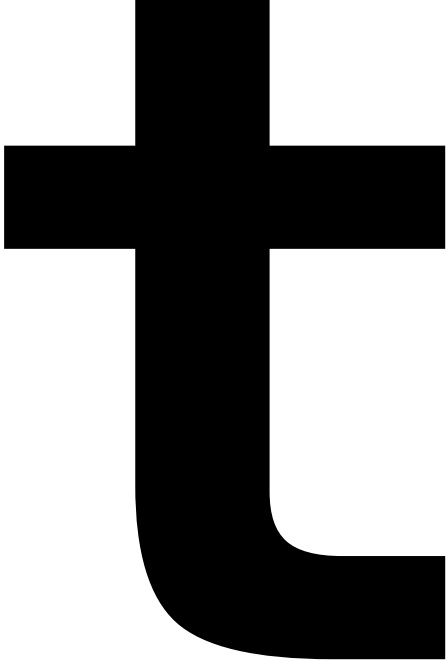
Id

un

d

Ma

ch



ge

Kä

mp

ft

wi

rd

“

”

In

di

es

em

Si

nn

e

Ih

ne

n

al

le

n

e.i.

n

fr

öh

Li

ch

es

un

d

ge

se

gn

et

es

We

ih

na

ch

ts

fe

st

un

d

al

le

S

Gu

te

im

ko

mm

en

de

n

Ja

hr



Dipl.-Met. Dr. phil. Wolfgang Thüne