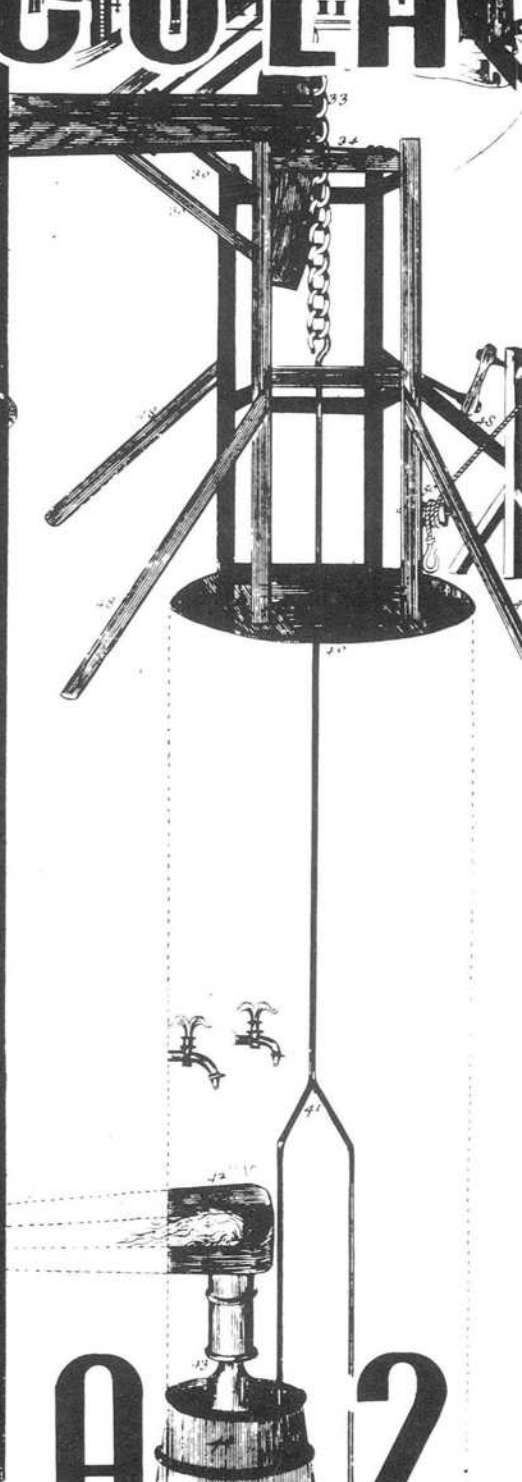
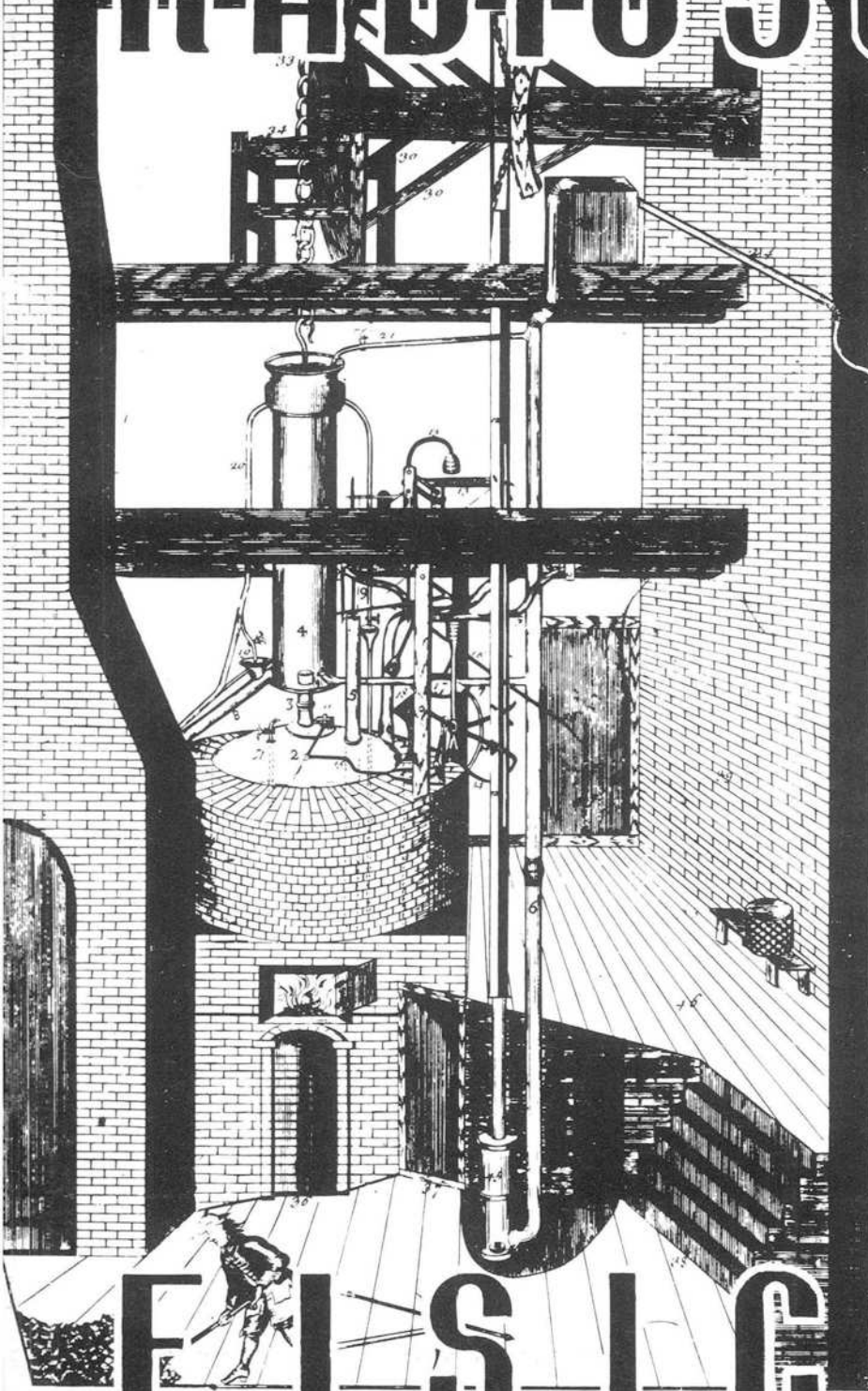


The STEAM ENGINE
near Dudley-Castle Invented by
Capt: Savery, & M^r Newcomen

R-AD-I-O-S-C-O-L-A



F-I-S-I-C-A 2

Fisica experimentala

PER SCOLAS REALAS E SECUNDARAS

Elaborada da

Boris Novak

P. Flurin Maissen

Redacziun e realisaziun
Alfons Maissen

Alfons Maissen

Desegns: Boris Novak

Legendas: P. Fl. Maissen

Versiun romontscha: A. Maissen

PREZII LECTURS

Il cudischet RS: *Fisica 1*, ha purschiu en 56 paginas, 60 capetels, 98 maletgs marginals e 5 paginals, ina survesta della «Mehanica». — Il present cudischet: *Fisica 2*, tracta la «Calorica». El cumpeggia 28 capetels, 36 desegns e plirs maletgs de pagina entira, preparai da Boris Novak. Els illustreschan entgins capetels ord la historia della fisica.

Las empremas treis emissiuns de fisica ein vargadas. P. Flurin Maissen ei sespruau de presentar ils problems fisicals en fuorma schi semplia e clara sco pusseivel. Ellas han denton mo saviu exemplificar entgins capetels dai egl emprem cudischet. Per part ein ellas idas lur atgnas vias, correspundentas allas pusseivladads de recepziun spirontamein auditiva.

Las differentas concorrenzas stadas messas en rocla han giu pretendiu la lectura de certs capetels digl emprem cudischet, mo era l'audiziun dellas emissiuns sezzas. Da quels dus facturs de materia e preparaziun, ensemen cun ina duida preparaziun davart nos magisters, ein arrivai ina partida resultats che dattan perdetga d'intensiva lavur scolastica e de grond interess per in rom en nossas scolas forsa beinduras onz ferm negligius. Ils premis che han saviu vegnir cumpartgi deigien gidar in tec ad allarmar vinavon igl interess.

La tematica dellas treis emissiuns d'atun resta la medema: *Fisica experimentala*, cullas materias: *calorica*, *undica* ed *electric*a. Las emissiuns vargadas han demussau che memia biars experiments simultans vegnan buca tgunsch dumignai, anzi, agiteschan ed altereschan ils scolars. Quella ga vegn sespruau d'explicar tut intensivamein, sinaquei ch'ins sappi far ils experiments en tutta cumadeivladad suenter las emissiuns. Aschia resta era temps e peda de seprocurar il material necessari.

Era culla concorrenza sezza vein nus saviu far entginas experiencias. Per semplificar las lutas digl atun 1976 vegn ediu in feigl dubel che cuntegn explicaziuns ed indicaziuns de lavur cumina, stabiliu damondas e pretensiuns de concorrenza. Era ils premis vegnan ad esser empau differentes. Scolas cun buns resultats astgan giavischar ch'ei vegni fatg en lur classas enzacontas lecziuns d'experiments cun ils pli moderns ed interessants apparats etc. En quella moda ei de sperar che bein biaras scolas secundaras e realas prendien part de quella interessanta ed instructiva lavur communabla.

Cuera, ils 29 de matg 1976

Il redactor: Alfons Maissen, Cuera

Maletg davon de cuviarta:

Emprema maschina de vapor de Newcoumen dagl onn 1712

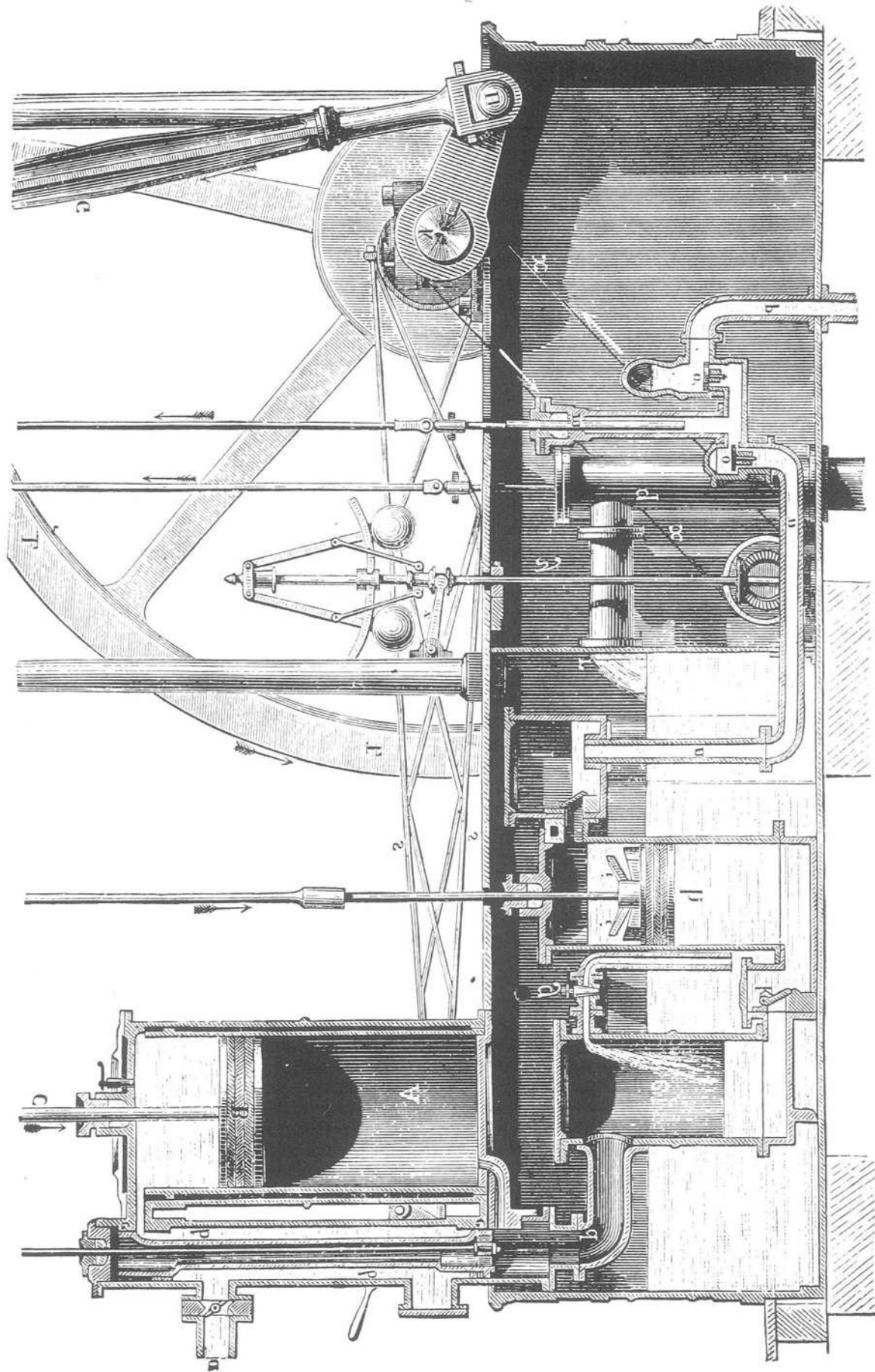
Maletg davos de cuviarta:

Cul catsch de vent ed aua saveva quella maschina alzar e cargar 60 m³ sablun en bastiments (18. tschantaner a Bremen)

TABLA DELLAS MATERIAS INHALTSVERZEICHNIS

B. CALORICA – WÄRMELEHRE

9.	La calira e siu esser Die Wärme und ihr Wesen	61	9.5.2	Vaporisar Verdunsten	72
9.1	La mesiraziun de temperatura Temperaturmessung	61	9.5.3	Buglir Sieden	72
9.2	La dilataziun lineara e spaziala Die Längen- und Raumausdehnung	62	9.5.4	Separaziun – destillaziun Entmischung – Destillation	73
9.2.1	Exempel Beispiel	63	9.5.5	Humiditad Feuchtigkeit	73
9.2.2	Stagiuns e dilataziun Jahreszeiten und Ausdehnung	64	9.5.6	Expansiun Ausdehnung	73
9.2.3	Bimetal Bimetall	64	9.6	Las maschinas de calira (termicas) Die Wärmemaschinen	74
9.2.4	Dilataziun dils gas Ausdehnung der Gase	64	9.6.1	La maschina de vapor Die Dampfmaschine	74
9.2.5	Anomalia dell'aua Anomalie des Wassers	64	9.6.2	La turbina de vapor Die Dampfturbine	76
9.3	Transport dil cauld Die Wärmeübertragung	64	9.6.3	Motors d'explosiun a combustiun Die Verbrennungsmotoren	76
9.3.1	Conducziun de calira Die Wärmeleitung	65	9.6.4	Maschinas dil futur Zukunftsmaschinen	76
9.3.2	Il current termic Die Wärmeströmung	65	9.7	Il secund principi dell'energia Der zweite Hauptsatz der Energie	76
9.3.3	Radiaziun dil cauld Wärmestrahlung	65	9.8	L'aura Das Wettergeschehen	77
9.4	Calira ed energia Wärme und Energie	66	9.8.1	Ils vents Die Winde	77
9.4.1	Exempel 1 Beispiel 1	67	9.8.2	La temperatura Die Temperatur	78
9.4.2	Exempel 2 Beispiel 2	67	9.8.3	La humiditad Die Feuchtigkeit	78
9.4.3	Exempel 3 Beispiel 3	68	9.8.4	La pressiuin dell'aria Der Luftdruck	80
9.4.4	Energia dil sulegl Sonnenenergie	68	9.8.5	Nibels – Nebla Wolken – Nebel	80
9.5	Stadi d'aggregaziun – moviment molecular Die Aggregatzustände – Die Molekularbewegung	68	9.8.6	Las precipitaziuns Die Niederschläge	81
9.5.1	Calira de fricziun Reibungswärme	72	9.8.7	L'insolaziun Die Insolation	82
			Annexa: Cuoze de sulegliada Anhang: Sonnenscheindauer	82/83	



Tagl a travers ina maschina de vapor de bassa pressiuin dal tempentsuorn 1860

B. CALORICA – WÄRMELEHRE

9. La calira e siu esser

9.1 La mesiraziun de temperatura

In fenomen tut special ei il «cauld», respectivamein il «freid», che nus essan ei cass de sentir cun las extremitads de gnarva de nies tgerp. Igl ei il «stadi de calira» ni de «temperatura» dil mund che circumdescha nus. Sche nus designein in object per caulds u freids sche ei quei fetg relativ, sco quei che l'emprova suandonta muossa: Nus catschein il maun dretg en aua caulda, il senier en freida. Suenten in'uriala targein nus neuado omisdus mauns e mettein els en ina mischeida ded aua tievgia. Il maun dretg senta pli freida la mischeida tievgia ch'il senier, e quei ei naturalmein sentiü falliu. Nus lein denton mesirar en moda precisa, q. v. d. paregliar. Perquei encurin nus in indrez che gida nus a davenar independents dal sentiment subjectiv de calira.

Numerusas observaziuns muossan, che corps s'expandan cun scaldar.

Ils suandonts experiments dueigien perschader nus de quei: Nus prendein ina gliesta de metal, ina stanga satella u bischel. Ina fin fixe in nus, mettein ella p. ex. encunter in impediment. Sut l'autra fin mettein nus in rispli rodund, ni ina gliesta rodonda. Vid quella zuola che survescha da rolla, fermein nus ina penda de pupi sco indicader, il péz dil paliet engiuviars per che la gravitaziun sappi buca influenzar igl indicader. Sche nus scaldein la gliesta cun ina candeila u flomma de spret, sevolva la zuola e cun ella igl indisch, v. d. pia, che la gliesta seigi vegnida pli liunga.

Era liquids e gas s'expandan cun scaldar. Nus emplen in butteglia cun aua, serrein giu ella cun in stapun furaus tras. Cun scaldar il cuntegn, p. ex. cun sfunsar la butteglia en aua caulda, cula empau aua siado

9. Die Wärme und ihr Wesen

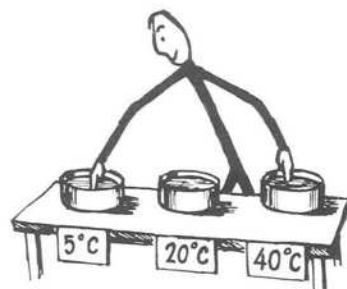
9.1 Temperaturmessung

Eine besondere Erscheinungswelt, die wir mit den Nervenenden unseres Körpers empfinden können, ist die Wärme, beziehungsweise die Kälte. Es ist der «Wärmezustand» oder die «Temperatur» der uns umgebenden Welt. Wenn wir einen Gegenstand als warm oder kalt bezeichnen, so ist dies sehr relativ, wie folgender Versuch zeigt: Wir stecken die rechte Hand in heisses Wasser, die linke in kaltes. Nach einer Weile ziehen wir beide Hände heraus und tauchen sie in eine lauwarme Mischung. Die rechte Hand empfindet die lauwarme Mischung kälter als die linke, was eindeutig unrichtig ist. Wir wollen aber genau messen, d. h. vergleichen. Wir suchen nach einer Einrichtung, die uns dazu hilft und von unserer subjektiven Wärmeempfindung unabhängig ist.

Zahlreiche Beobachtungen zeigen uns, dass die Körper bei Erwärmung sich ausdehnen.

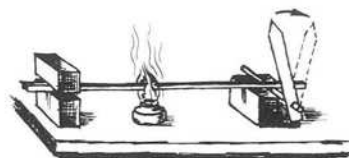
Folgende Versuche sollen uns davon überzeugen: Wir nehmen einen Metallstab, eine dünne Stange oder Röhre. Das eine Ende fixieren wir, stellen es z. B. gegen ein Hindernis. Unter das andere Ende legen wir einen runden Bleistift oder ein rundes Stäbchen. An diese, als Walze dienende Rolle, befestigen wir einen Papierstreifen als Zeiger, die Spitze nach unten, damit die Schwerkraft den Zeiger nicht beeinflussen kann. Wenn wir nun den Metallstab mit einer Kerze oder Spiritusflamme erwärmen, dreht sich die Walze und mit ihr der Zeiger, d. h. also, der Stab hat sich verlängert.

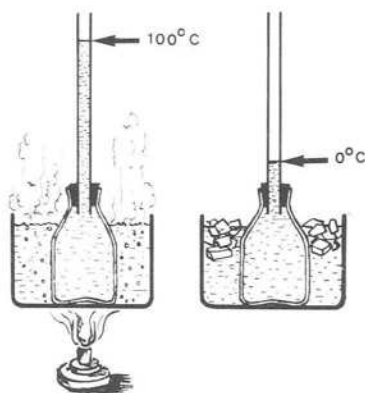
Auch Flüssigkeiten und Gase dehnen sich bei Erwärmung aus. Wir füllen ein Fläschchen mit Wasser, verschliessen es mit einem durchbohrten Zapfen. Beim Erwärmen des Inhaltes, z. B. durch Eintauchen in ein



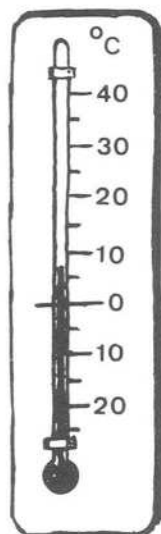
Enstagl de treis vischals cun aua, prendein nus quater. Ils dus amiez han la medema temperatura de 20° ils dus dalla vart, ca. 5° C e 50° C. In pèr minutas tenin nus ils dus mauns els vischals de mintga vart e lu en quels amiez. La damonda ei lu: Qual vischi ha l'aua pli caulda? La risposta ei adina: l'aua dil vischi sper quel de 5° C.

Ina gliesta de metal vegn fermada dad in maun e da l'auter tschentada sin in rispli rodund u ina guota. Vid quella ei taccau in toc pupi per indisch. Enten scaldar il metal sevolva igl indisch ed indichescha aschia l'expansiun della gliesta.





Per scalar in thermometer, vul dir marcar ils puncts fundamentals, tschentan ins el igl emprem en aua de neiv u aua cun glatsch. L'altezia dil fil d'alcohol u d'argienviv marche in nus cun 0°C . Lu scalde in nus l'aua tochen ch'ella buglia e marche in cun 100°C . En altezias pli aultas sur mar mo cun 98°C ! Denteren vegn la scala partida si en 100 marcas egualas.



Termometers pil diever de mintga di ston tonscher ensi mo tochen ca. 40°C , denton engiu ston ins prolungir la scala era per grads sut nul.

tras la ruosna el stapun. Quei vegn aunc pli clar sche nus mette in ella ruosna-stapun in bishel satel e sche nus colure in l'aua. La dilataziun dell'aria save in nus mussar cun metter la butteglia vita e sferdentada sutsu giuaden ell'aua cauda e cun scaldar la part della butteglia che varga neuado dall'aua. Las cullas d'aria che vegnan siado tras l'aua demuossan che l'aria ella butteglia ei s'expandida. Per tals experiments ein recipients de plastic buca adattai.

Il fatg della dilataziun drovan ins per far indrez de mesirar la temperatura. Termometers fetg sensibels obtegnan ins sch'ins scaulda ina pli gronda quantita de liquid e meina il carschament de volumen atras in fetg satel bishel de glas. Per liquid drovan ins il bia argienviv u alcohol colurau. Dall'altezia dil fil de liquid san ins concluder silla temperatura, sch'ins ha determinau in unitad de mesira. Per mesirar l'altezia geografica partan ins arbitrariamein dal nivel de mar e dalla mesira metrica. Aschia fan ins era culla temperatura ina convegnientscha. Il fisicist Celsius ha fatg la proposta de marcar la temperatura dell'aua che schela cun «0 grads» (0°C) e quella che buglia cun «100 grads» (100°C). La tenda denter quels «puncts fundamentals» ein vegni repartgi in 100 parts ulivas. Sut e sura ei quella scala vegnida slargiada uniformamein.

9.2 La dilataziun lineara e spaziala

Experiments cun pliras materias muossan che la dilataziun ei buca tutta gronda per tut las materias. Ei dat in factor proporzional ch'ei agens a mintga specia de material. Sco quei che nus essan sedumandai en caussa della peisa specifica, con grevs che mintga tgierp de medem volumen seigi, aschia lessen nus saver per la contavla part in tgierp sestanda. Nus prende in p.ex. ina glie-

warmes Wasserbad, fliesst etwas Wasser aus der Zapfenöffnung. Dies wird noch deutlicher, wenn wir in das Loch eine dünne Röhre stecken und das Wasser färben. Die Ausdehnung der Luft zeigen wir, indem wir das leere und abgekühlte Fläschchen mit der Öffnung nach unten in warmes Wasser tauchen und den hinausragenden Teil erwärmen. Die aufsteigenden Luftbläschen beweisen, dass die Luft im Gefäß sich ausgedehnt hat. Für diese Experimente sind Plastikgefäße nicht geeignet.

Die Tatsache der Ausdehnung verwendet man, um Temperaturmesser herzustellen. Sehr empfindliche Thermometer erhält man, wenn man eine grössere Menge Flüssigkeit erwärmt und den Volumen-Zuwachs in eine sehr feine Glasröhre leitet. Als Flüssigkeit verwendet man meistens Quecksilber oder gefärbten Alkohol. Aus der Höhe des Flüssigkeitsfadens kann man auf die Temperatur schliessen, wenn man eine Masseinheit bestimmt hat. Wie man bei der Höhenmessung willkürlich von der Meereshöhe und vom willkürlich gewählten Meterstab ausgeht, so macht man es auch bei der Temperatur. Der Physiker Celsius hat vorgeschlagen, die Temperatur beim Gefrieren des Wassers mit «0 Grad» (0°C) und beim Sieden des Wassers mit «100 Grad» (100°C) zu bezeichnen. Die Strecke zwischen diesen «Fundamentalpuncten» wurde in 100 gleiche Teile eingeteilt. Nach unten und nach oben wurde diese Skala gleichmässig erweitert.

9.2 Die Längen- und Raumausdehnung

Versuche mit verschiedenen Stoffen zeigen, dass die Ausdehnung nicht für alle Stoffe gleich gross ist. Es gibt eine Verhältniszahl, die für jedes Material eigentümlich ist. Wie wir beim spezifischen Gewicht gefragt haben, wie schwer jeder Körper bei gleichem Volumen ist, so möchten wir wissen, um den wievielten Teil ein Körper pro Grad sich ausdehnt. Wir nehmen z.B. einen Kupferstab

sta ded irom della lunghezza de 40 cm, scaldein ella da 20° sin 90° C, il meglier en in bogn ded aua che nus savein scaldar reguladamein. Ina mesiraziun exacta dat la nova lunghezza de 40,05 cm. Il carschament de lunghezza per 70 grads differenza ed ina lunghezza originala de 40 cm ei 40,05–40,00 = 0,05 cm. La dilataziun per in grad ed in centimeter ei 40 ga 70 ga pli pintga, q.e.: $0,05 : 2800 = 0,0000178$. Quella cefra resta era tuttina sche nus quintein cun mm ni m. Ins numna ella il coefficient de dilataziun e designescha ella culla letra greca α . Ei suonan cheu ils coefficients per entginas materias:

Entgins coefficients de dilataziun:

Alumini	0,000024	Aluminium
Mesch	0,000019	Messing
Irom	0,000016	Kupfer
Fier	0,000013	Eisen

von der Länge 40 cm, erwärmen ihn von 20° auf 90° C, am besten in einem Wasserbad. Eine genaue Messung gibt die neue Länge von 40,05 cm an. Der Längenzuwachs für den Temperaturunterschied von 70 Grad bei einer ursprünglichen Länge von 40,00 cm beträgt 40,05 cm–40,00 cm = 0,05 cm. Die Ausdehnung pro Grad und cm ist 40 mal 70 mal kleiner, d.h. $0,05 \text{ cm} : 2800 = 0,0000178$. Diese Zahl bleibt auch gleich, wenn wir mit mm oder m rechnen. Sie ist konstant für Kupfer. Deshalb nennt man sie den Ausdehnungskoeffizienten des Kupfers und bezeichnet sie mit dem griechischen Buchstaben α . Es folgen die Ausdehnungskoeffizienten für einige Stoffe:

Einige Ausdehnungskoeffizienten:

Veider	0,000008	Glas
Porcellana	0,000003	Porzellan
Quarz	0,0000006	Quarzglas
Invar	0,000001	Invar*)

*) Ina lega de 0,5% carvun, 35,5% nichel, 64,0% fier

Eine Legierung aus 0,5% Kohlenstoff, 35,5% Nickel, 64,0% Eisen.

9.2.1 Exempel: Ina punt de viafier ord fier ei 65 m liunga. Igl unviern eis ella pli cuorta che la stad. Tgei differenza de lunghezza dat ei sche nus prendein la temperatura minimala de –20° e la maximala de 30° C? La differenza de temperatura ei $30 - (-20) = 50$ grads. Il coefficient d'expansiun per fier ei 0,000013. Tenor nossa remarca capetel 4.2 schein nus: Il carschament s'augmenta cun la lunghezza originala, cugi alzament de temperatura e cul coefficient d'extensiun. El ei directamein proporzional a quellas treis grondezias. Pia ein quellas de multiplicar ina cun l'autra:

Carschament = $65 \text{ m} \times 50 \text{ grads} \times 0,000013/\text{grad} = 0,042 \text{ m} = 4,2 \text{ cm}$. Per che la punt sestorschi buc, e ch'ils mirs de sparun vegnien buca catschai da part, vegn la punt messa d'ina vart sin zuolas.

9.2.1 Beispiel: Eine Eisenbahnbrücke ist 65 m lang. Im Winter ist sie kürzer als im Sommer. Welcher Unterschied ergibt sich, wenn wir als tiefste Temperatur –20° C und als höchste 30° C annehmen? Der Temperaturunterschied ist $30 - (-20) = 50$ Grad. Der Ausdehnungskoeffizient für Eisen ist 0,000013. Gemäss unserer Bemerkung 4.2 sagen wir: Der Zuwachs nimmt mit der ursprünglichen Länge, mit der Temperaturerhöhung und mit dem Ausdehnungskoeffizienten zu. Er ist diesen drei Grössen direkt proportional. Also sind sie miteinander zu multiplizieren. Zuwachs = $65 \text{ m} \times 50 \text{ Grad} \times 0,000013/\text{Grad} = 0,042 \text{ m} = 4,2 \text{ cm}$. – Damit die Brücke sich nicht verbiege oder die Widerlager auseinandertriebe, wird sie auf einer Seite auf Walzen gelagert (Rollenlager).



Il coefficient de dilataziun per liquids san ins eruir cun scaldar els en in bischel satel de glas ded in cert profil combinaus cun in recipient d'in volumen enconuscent. Quel vegn scaldaus cun aua. Il volumen augmentau partius entras il volumen primar ed entras ils grads della temperatura augmentada, dat il coefficient.



La punt de fier ei purtada dad in maun (R) da zuolas fermas. Punts de beton armau han quasi il medem coefficient sco fier e greppa.



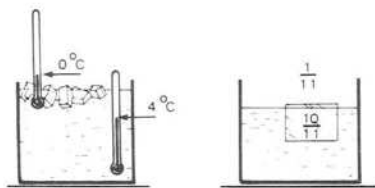
In bimetel ei ina combinaziun de dus metals satels cun in different coefficient de dilataziun. Bugli u fermaì in vid l'auter cun guotas rebattidas, sestorschan els cun midar temperatura.

9.2.2 Pervia della dilataziun entras calira pendan era ils fildiròms de lingia la stad pli bass che igl unviern, ed ils cals denter las rodaias della lingia de viafier sesiaran meglier en temps de gronda calira. Sch'ins drova differents materials de baghegiar ferm taccai in cun l'auter, ston ins dar adatg che lur coefficients d'extensiun seigien buca memia differents, aschia p.ex. enten betonar cun fier.

9.2.3 Rebattan ins u lutegian ins ensemen duas differentas sdremas de metal, p.ex. irom e fier, sestorscha quella combinaziun sch'ins mida la temperatura dil contuorn. Quei fenomen de bimetel lubescha de construir termometers de metal ed interrupturs electricis (bimetel).

9.2.4 Per ils gas constat, che tuts han il medem coefficient numnadamain $\frac{1}{273}$. Impedeschan ins durant il scaldament la dilataziun dil gas, sche s'augmenta la pressiu. Quella pressiu vegn p.ex. duvrada per las maschinas a vapor.

9.2.5 Aua dilatescha da 4°C ensi en moda regulara. Cun 4° contonscha ella la pli gronda densitad. Sur e sut la marca de 4°C temperatura sesminuescha la densitad, q.v.d., il volumen vegn pli gronds e la peisa specifica sesminuescha. Perquei senoda glatsch sill'aua, e perquei schela in lag igl imprem suren. Fuss quei buc il cass, vegness l'aua, ch'ei sferdentada a sia surfatscha tochen a 0°C , a sfundrar e schelar ella profunditad. Il lag fuss aschia a sia surfatscha senza schurmetg. Nus vesen prest ina nova glaciaziun.



L'aua de 4°C ei pli greva che quella de 0°C . Perquei ei l'aua el profund ded in lag mai meins che 4°C . Mo in puoz de pintga altezia po schelar tocca fons. Glatsch ei in tec pli lev che aua. Peisa specifica ca. 0.9.

9.2.2 Wegen der Wärmeausdehnung hängen auch die Leitungsdrähte im Sommer weiter herunter als im Winter, und die Fugen der Eisenbahnschienen schliessen bei grosser Wärme besser. Bei Verwendung von verschiedenen Baumaterialien, die miteinander fest verbunden werden sollen, muss man darauf achten, dass ihre Ausdehnungskoeffizienten nicht allzu verschieden sind, so z.B. beim Betonieren mit Eisen.

9.2.3 Vernietet oder verlötet man zwei verschiedene Metallstreifen, z.B. Kupfer und Eisen, so biegt sich das Ganze, wenn man die Umgebungstemperatur ändert. Damit kann man Thermometer oder elektrische Schalter bauen (Bimetall).

9.2.4 Für Gase gilt, dass sie alle den gleichen Ausdehnungskoeffizienten haben, nämlich $\frac{1}{273}$. Verhindert man während der Erwärmung die Ausdehnung des Gases, so steigt der Druck. Dieser Druck wird z.B. bei der Dampfmaschine angewandt.

9.2.5 Wasser hat bei 4°C die grösste Dichte, d.h. unterhalb und oberhalb dieser Temperatur nimmt die Dichte ab, d.h. das Volumen wird grösser und das spezifische Gewicht kleiner. Deshalb schwimmt Eis auf dem Wasser und deshalb gefriert ein See zuerst oben. Würde dies nicht so sein, würde das Wasser, das an der Oberfläche bis zu 0°C abgekühlt ist, hinuntersinken und in der Tiefe gefrieren. Der See wäre oben ungeschützt der Kälte ausgesetzt. Damit hätten wir bald eine Eiszeit.

9.3. Transport dil cauld

Empleneschan ins ina scadiola cun latg cauld sche vegn era la scadiola caulda. Calira ei pia vegnida transferida dal liquid latg vi silla scadiola. Ina scadiola de metal vegness bia pli caulda. La calira sa vegnir transportada en pliras modas:

9.3 Die Wärmeübertragung

Füllt man eine kalte Tasse mit heisser Milch, so wird auch die Tasse warm, sowohl innen wie aussen. Es wurde also Wärme von der Flüssigkeit auf die Tasse übertragen. Eine Metalltasse wird dabei viel heisser. Die Wärme kann auf drei Arten übertragen werden:

9.3.1 Conducziun de calira. – Tegnans ins ina buccada metal dad in maun el fiug, vegn era tschei maun plaun a plaun caulds, tier irom p.ex. bia pli spert che tier fier. Nus schein pia: irom e fier meinan la calira, mo buca tuttina bein. En contrast cun metals ein p.ex. lenn, pupi, launa e materias sinteticas schliats conduiders dil cauld. Gas transportan aunc mender la calira. Il meglier isolatur de calira ei il vacuum. Da medema temperatura sentan ins meglier la calira vid buns conducturs che vid schliats; ils buns meinan pli spert la calira a nies tgierp. Mo els meinan era pli spert naven la calira e paran da freidas temperaturas pli freidas. Ei semuossa vinavon, che il cauld cula adina dal tgierp de pli aulta temperatura vi sin quel de pli bassa, semeglientamein sco l'aua cuora d'in nivel elevau ad in pli bass.

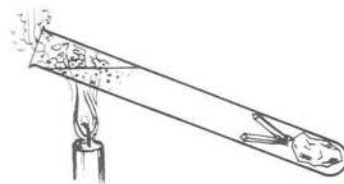
9.3.2 Il current termic. – Scauldan ins liquids u gas, sche vegnan els entras expansiun specificamein pli levs. Aschia tendeschan las parts pli cauldas ad ault ed en lur stagl culan las parts freidas engiuviars. Ei sere-sulta in current, il current termic, era numnaus convecziun. La calira vegn atgnamein purtada, transportada dal current. Quei fenomen explichescha ils currents de mar, ils vents ed ils or-cans. Igl ei clar che era ina sferden-tada sa caschunar in current de gas e liquids en direcziun cuntraria. Ella cazzetta cula il liquid da sutensi, ton che tut il liquid vegn plaun a plaun en contact cun la spunda calirada della cazzetta, e sa prender a sei de sia calira. Ina buglia memia dira bri-scha si vid la cazzetta, perquei ch'el-la sa buc fluir; ins sto turschar ella.

9.3.3 Radiaziun dil cauld. – Nus ha-vein allegau che il vacuum d'aria sei-gi il meglier isolatur. Denter sulegl e tiara ei in vast vit. Auncallura pene-trescha la calira dil sulegl tochen tier nus, e quei buc entras conducziuns, mobein entras radiaziun. Il sulegl tarmetta a nus ses radis de glisch e

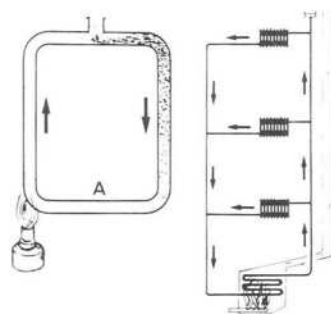
9.3.1 Die Wärmeleitung. – Hält man ein Stück Metall mit einem Ende ins Feuer, wird auch das andere Ende nach und nach heiss, bei Kupfer z. B. viel rascher als bei Eisen. Wir sagen: Kupfer und Eisen leiten die Wärme, jedoch nicht gleich gut. Im Vergleich zu den Metallen sind z. B. Holz, Papier, Wolle, Kunststoffe schlechte Leiter. Gase leiten noch schlechter. Der beste Wärmeisolator ist die Luft-leere. Bei gleich hoher Temperatur fühlen sich gute Leiter wärmer an als schlechte, weil sie dem Körper die Wärme rascher zuführen. Ebenso leiten sie die Wärme schneller ab und fühlen sich bei kalten Tempera-turen kälter an. Es zeigt sich auch, dass Wärme immer vom Körper grösserer Temperatur zum Körper niedrigerer Temperatur fliesst, ähn-lich wie Wasser vom höheren Niveau zum niedrigeren strebt.

9.3.2 Die Wärmeströmung. – Er-wärmt man Flüssigkeiten oder Gase, so werden sie durch Ausdehnung spezifisch leichter. Damit streben die wärmeren Teile nach oben und an ihrer Stelle fliessen kältere Teile nach unten. Es entsteht eine Strö-mung, die Wärmeströmung, auch Konvektion genannt. Die Wärme wird eigentlich von der Strömung getragen, transportiert. Diese Er-scheinung erklärt die Meeresströ-mungen, die Winde und die Orkane. Es ist klar, dass auch eine Abküh-lung einen Strom der Gase und Flüs-sigkeiten in umgekehrter Richtung erzeugt. Im Kochkessel strömt die Flüssigkeit von unten nach oben, so-dass die ganze Flüssigkeit nach und nach die erhitzte Pfannenwand be-rührt und von ihr Wärme aufnehmen kann. Eine zu dicke Brühe brennt in der Pfanne an, weil sie nicht strömen kann; man muss sie rühren.

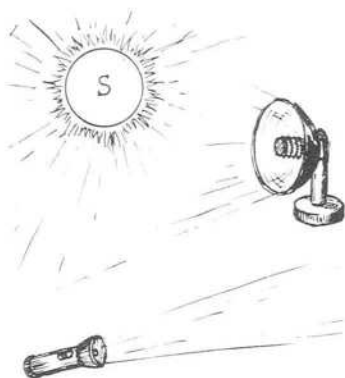
9.3.3 Die Wärmestrahlung. – Wir • haben erwähnt, dass der beste Wär-meisolator der luftleere Raum sei. Zwischen Sonne und Erde ist ein ausgedehnter luftleerer Raum. Trotzdem dringt die Sonnenwärme zu uns, und dies nicht durch Lei-tung, sondern durch Strahlung. Die



Metals ein buns conducts de ca-lira, liquids schliats e gas che se-mueantan buca transporteschan fetg pauc calira. – En in glas de reagenza tegnan ins afuns in toc glatsch cun in crapet u enzatzgei pli grev che aua. Sisum san ins far buglir l'aua senza che l'aua meini bia calira. Ins ha aschia in sperg l'auter 0° e 100° C.

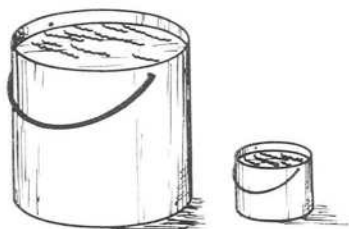


Il current termic sefa valer daper-tut nua ch'ei dat differenzas de temperatura en liquids e gas. En ina baselgia aulta scaldada, ein currents d'aria malemperneivels. Il scaldament central funzionava pli baul grazia a quei fenomen. Ozildi segidan ins cun pumpas.



Il sulegl tarmetta ses radis atras il vacuum denter tschiel e tiara, senza negin purtader materialic, en fuorma de radis. Quels ein in atgna energia nunveseivla. Veseivla vegn la glisch pèr cura ch'ella dat encunter enzatgei. Era ina cazzola radiescha cun tar-metter ora undas de glisch e de cauld. La differenza denter glisch e cauld ei mo quella ch'ins vesa quei che vegn sclariu e senta quei che vegn cauld entras quel-las undas.

Ina gronda pegna renda pli bia cauld che ina pintga de medema temperatura. Il quantum (Q) de calira dependa dalla massa scaldada e dalla temperatura epi aunc ded ina cefra che indichescha la qualitad dil tgierp, che di con cauld in kg della massa po tschaffar. La fuormia per il cuntegn ded energia calorica ei $Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$; c ei la calira specifica, m la massa scaldada, e t_1 la temperatura primara, t_2 la temperatura finala. Sch'ins scaulda aua da 10 grads sin 90 grads han ins scaldau mo 80 grads. Ins sto pia subtrahar la temperatura t_1 dalla temperatura t_2 .



25 l H_2O

1 l H_2O

En in vischi cun 1 liter aua de $100^\circ C$ eis ei tonta energia calorica sco en in vischi de 25 liters de $4^\circ C$ sch'ins lai sferdar omisdus sin nul grad.

de calira. Quels vegnan surpri dals corps. Radis de calira penetreschan era l'aria e perfin corps solids, p.ex. veider, Envidan ins per cuort mu-ment in'ampia electrica freida, sche sentan ins immediat la calira el con-tuorn, e quei senza che il veider ve-gni caulds. Ins sa fastisar cun egls serrai e fatscha viulta naven, sche ina ampla arda u buc, tenend in pèr sper la vesta u sper il dies d'in maun.

Exponan ins als radis dil sulegl in tgierp ner ed in alv sche sentan ins che il tgierp ner absorbescha de pli calira che igl alv. Ins di: corps stgirs absorbeschan pli bia calira che clars. Perquei ston corps stgirs, per buca barschar, dar giu q.v.d. radiar pli bia calira. Corps clars reflecte-schan ils radis e corps transparents laian atras glisch e calira; omisdus vegnan strusch caulds. Ellas siaras d'iert cuvretgas cun veider, penetre-schan ils radis de calira (e glisch) viaden. Entras absorpziun della tiara nera, daventan ils radis calira de pi-giamment. Ils radis ord la tiara de siara cuvretga, ein transformai de maniera ch'els san buca penetrar schi leva-mein il veider. Aschia resta l'energia calorica «pegliada» ella siara cuvretga.

9.4 Calira ed energia

Mintgin che ha zacu fatg buglir aua sa che bia aua cun medema flomma drovu pli bia temps per rabbitschar a temperatura de bugl che pouca aua. Fetg bein savein nus paregliar quei cugl emplenir cun aua dus recipients de different diameter. Per il recipient pli gries drov'ei de pli aua per con-tonscher la medema altezia che per il satel. Sche nus plidein de «pli», se-tract'ei en omisdus cass d'ina quan-titad. La quantitad calorica sediffe-renziescha denton tuttina d'ina quantitad ded aua, l'emprema ei in'energia e quella ina massa. Per unitad de quantitad calorica ha la scienza naturala elegiu la kilocalo-

Sonne sendet uns ihre Licht- und Wärmestrahlen zu. Diese werden von den Körpern aufgenommen. Wärmestrahlen durchdringen auch die Luft und sogar feste Körper, z. B. Glas. Schaltet man ganz kurz eine noch kalte elektrische Lampe an, so spürt man die Wärme in der Umge-bung, ohne dass das Glas warm wird. Man kann mit geschlossenen Augen und abgewandtem Gesicht leicht erkennen, ob eine Lampe brennt oder nicht, indem man sie na-he an die Wange oder an den Han-drücken hält.

Setzt man einen schwarzen und einen weissen Körper den Sonnen-strahlen aus, so merkt man, dass der dunkle Gegenstand mehr Wärme aufnimmt als der helle. Dunkle Kör-per absorbieren mehr Wärme als helle. Deshalb müssen dunkle Kör-per, um nicht zu verbrennen, auch mehr Wärme abgeben, d.h. aus-strahlen. Helle Körper werfen die Strahlen zurück, licht- und wärme-durchlässige Körper lassen sie durch, beide werden kaum erwärmt. In den glasbedeckten Treibhäusern dringen die Wärme-(und Lichtstrah-len) ein. Durch Absorption der dun-ken Erde werden die Strahlen zu Bodenwärme. Die von der Treib-hauserde ausgehenden Strahlen sind so verändert, dass sie das Glas nicht so leicht durchdringen kön-nen. So bleibt die Wärmeenergie im Treibhaus «gefangen».

9.4 Wärme und Energie

Jeder der einmal Wasser zum Sieden gebracht hat, weiss, dass eine grö-sere Menge Wasser bei gleicher Flamme mehr Zeit braucht, um die Siedetemperatur zu erreichen als wenig. Ganz nahe liegt der Vergleich mit dem Einfüllen von Wasser in zwei runde Gefässe verschiedener Durchmesser. Für das dickere Ge-fäss braucht es mehr Wasser um die gleiche Höhe wie im dünneren zu er-halten. Wenn wir also von «mehr» reden, handelt es sich in beiden Fäl-len um eine Menge. Die Wärmemen-ge unterscheidet sich allerdings von einer Wassermenge, sie ist eine Energie und diese eine Masse. Als

ria (kcal). Igl ei quella quantitat de calira ch'ei necessaria per scaldar 1 kg aua per in grad. La quantitat calorica ei pia dependenta dalla differenza de temperatura e dalla quantitat della materia ch'ei de scaldar e, cun quei che buca mintga materia drova tuttina bia calira, era dalla constanta specifica dils materials, dalla schinumnada calira specifica.

9.4.1 Exempel 1. – Treis liters aua dueigien vegnir scaldai da 18° C sin 98° C. La differenza de temperatura ei 80 grads. 1 liter drova 80 kcal; 3 liters treis ga de pli, quei ein 240 kcal. In'otra materia, p.ex. ieli drova pli pauc. Igl ei remarcabel che da tuttas materias naturalas l'aua ha la pli aulta calira specifica. Alumini ha mo 0,2; plum 0,03; fier 0,1; irom 0,01. Per magasinar calira dat ei negina materia pli adattada che l'aua. Per l'economia calorica della natira ei quei de gronda muntada. Las mars ed ils lags han ina gronda influenza sil clima, mars e lags uliveschan ils gronds contrasts ch'ins entaupa schiglioc en tiaras continentalas ed ella muntogna.

9.4.2 Exempel 2. – Ina pegna de scalegl ha la massa $m = 700$ kg ed ina calira spec. $c = 0,35$ kcal/kg · grad e vegn sferdentada da $t_1 = 70^\circ$ sin $t_2 = 18^\circ$. Tgei quantitat Q sa ella dar giu?

$$Q = c \cdot m \cdot (t_1 - t_2) = 0,35 \cdot 700 \cdot 52 = 12740 \text{ kcal.}$$

Igl ei interessant per nus da saver con biara calira in material de brisch sa render. Ins plaidda della valor calorifica dil lenn, della cotgla etc.

Einheit der Wärmemenge hat die Naturwissenschaft die Kilokalorie gewählt. Es ist jene Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg Wasser um 1 Grad zu erwärmen. Die Wärmemenge ist also vom Temperaturunterschied und von der Menge des zu erwärmenden Stoffes abhängig, und, da nicht jeder Stoff gleichviel Wärme braucht, auch von einer Materialkonstante, von der sogenannten spezifischen Wärme.

9.4.1 Beispiel 1. – 3 Liter Wasser sollen von 18° C auf 98° erwärmt werden. Der Temperaturunterschied ist also 80 Grad. 1 Liter braucht 80 kcal, 3 Liter dreimal mehr, das sind 240 kcal. Ein anderer Stoff, z. B. Öl braucht weniger. Es ist merkwürdig, dass von den natürlichen Stoffen Wasser die höchste spezifische Wärme hat. Aluminium hat nur 0,2; Blei 0,03; Eisen 0,1; Kupfer 0,01. Um Wärme zu speichern gibt es also keinen geeigneteren Stoff als Wasser. Für den Wärmehaushalt der Natur ist dies sehr wichtig. Die Meere und die Seen haben einen grossen Einfluss auf das Klima, sie gleichen die schroffen Gegensätze aus, die man im Innern des Landes oder in den Bergen findet.

9.4.2 Beispiel 2. – Ein Specksteinofen hat die Masse $m = 700$ kg und eine spezifische Wärme $c = 0,35$ kcal/kg · Grad und wird von $t_1 = 70^\circ$ auf $t_2 = 18^\circ$ abgekühlt. Welche Wärmemenge Q kann er abgegeben? $Q = c \cdot m \cdot (t_1 - t_2) = 0,35 \cdot 700 \cdot 52 = 12740 \text{ kcal.}$

Es interessiert uns auch, wieviel Wärme ein Brennstoff abgeben kann. Man spricht vom Heizwert des Holzes, der Kohle usw.

Legenda per 9.4.1–9.4.3

Il scaldar ina casa dependa fetg dalla grondezia, dalla temperatura ordaviert e dalla izolaziun. Fetg bia cauld va a piarder, cunzun cun buca isolar bein e cun ventilar faulsamein ella. Nus havein viu che la calira setransporta era entras radiaziun. Perquei ein era finiastras memia grondas pauc adattadas de retener en casa il cauld. La buna izolaziun entscheiva cun las finiastras e lu cul material de baghegiar. Las preits della casa duessen haver pliras rasadas e buca per exempel crappa de mir u ziaghels che van atras, dagl interieur directamein agl exteriur. Preits exteriuras alvas reflecteschan glisch e cauld, preits de lenn brin prendan si bia pli bia cauld. Insumma ei lenn aunc adina in dils megliers materials per baghegiar. Ins sa buna-mein dir, tgi che spargna lenn de baghegiar drova il dubel de barschar. Il beton drova immens bia energia tochen ch'el ei fabricaus. Il lenn crescha cul cauld dil sulegl e drova pauc energia per survir al baghetg.

Gronds sbagls vegnan era fatgs enten luftgiar u ventilar las stanzas duront igl unviern. Sch'ins sto ventilar perquei ch'igl ei memia cauld, ei quei ina enzenza ch'ins scaulda memia. Scumiar aria scomiar ins per haver aria frestga surtut, ed era per reglar la humiditad. Luftgiar ston ins dabot e ferm. Ins arva ton sco pusseivel las finiastras e quei mument duein ins far moviments per buca pegliar freid, quei ei in bien mument per far in tec gimnastica. Mintg'ura scumiar aria ei en general avunda, era per scolas. Falliu eis ei ded arver mo in tec las finiastras. Quellas lain ir atras bia cauld ed ei dat adina in current d'aria che fa freid ils peis u outras parts dil tgierp exponidas al current d'aria. Sch'ins arva pauc e ditg, vegnan era ils mirs e las preits sferdentadas e quei drova bia cauld per dar puspei la temperatura. Arvan ins fetg e cuortamein, midan ins mo l'aria. La nova ei schetga e sescaulda bia pli dabot che la humida. Sch'igl ei memia schetg, san ins rasar ora enzanua in stratsch humid. Igl

Valetas scaldontas:

Heizwerte:

Lenn	3000 kcal/kg	Holz
Brichet	4000 kcal/kg	Brikett
Cotgla-crap	8000 kcal/kg	Brikett
Spret	10000 kcal/kg	Weingeist

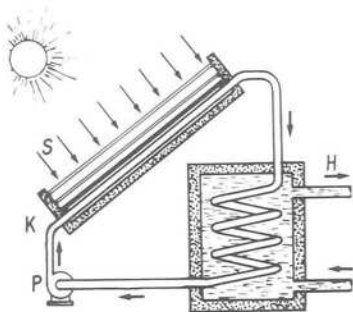
esch cuschina duessen ins serrar sch'el va directamein en stiva, schiglioc han ins aria humida e pauc frestga.

Pli baul scaldavan ins sin 16 e 18 grads, oz van ins sin vegn tochen 24 grads. Ins ha emblidau ch'il s'endirir ei la megliera medischina preventiva encunter malsognas. La megliera pegna ei il moviment e la dretga maglia che renda cauld. (Continuaziun p. 69)

L'ungla dil det mussader ha ina surfatscha da ca. 1 cm^2 . E quella surfatscha retscheiva en ina minuta 2 cal dal sulegl. In m^2 ha 10 000 pli bia surfatscha. Practicamein ein ins gia oz el stan de gudignar da mintga m^2 ina prestaziun ded 1 kWatt dis clars, stad ed unviern. Cun 10 m^2 ha ina famiglia gia avunda aua caulda igl entir onn.



Igl indrez per gudignar energia solara ei en sesez fetg sempels. Il fons ded ina scaffa curclada cun glas ei ners ed en contact cun bishels ded aua. Quella aua vegn scaldada dal sulegl e circuleschia tier in scumiader, vul dir in vischi pli grond che dat giu quella calira ad ina autra aua che vegn duvrada en cuschina, en bogen e per il scaldament central. Cun quei indrez san ins spargnar 1000 tochen 2000 liters ieli ad onn.



9.4.3 Exempel 3. – Conta lenna drovan ins per scaldar 2 liters aua da 12°C sin 97° ? Cunquei che la calira specifica ded aua ei 1, fuss la quantitat de calira:

$$Q = 1 \text{ kcal/grad} \cdot 2 \text{ kg} \cdot (97-12) \text{ grads} = 170 \text{ kcal.}$$

Cun ina platta de fiug ordinaria vadenton la gronda part della calira «a piarder» tras il tgamin ed en cuschina. Per cuschnar restan mo circa 5%. Il lenn sto pia dar 20 ga pli bia calorias, numnadamein 3 400 kcal. 1 kg lenna renda 3 000 kcal. La quantitat de lenna ch'ins drova ei $3\,400 : 3\,000 = 1,13 \text{ kg}$ lenna.

9.4.4 La pli gronda quantitat de calira che stat a nus a disposiziun ei l'energia dil sulegl. Sia «valor calorica» munta a $2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{minutas}$ ni ca. $300 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$. Quintau ellas grondezias usitadas fa quei $1,4 \text{ kWatt/m}^2$. Per paregliaziun seigi allegau ch'ina pegna electrica ni reflectur hagi ina prestaziun de $1-2 \text{ kW}$.

La forza dil sulegl retschevein nus gratuitamein. Stuessen nus p.ex. pagar l'energia calorica che in kg paun includa e retscheiva dal sulegl, vegness quei paun a custar pli che 100 frs. 1 kg carn consequentamein custass 1 000–10 000 frs.

Ins ei gest ussa occupaus de far dievier practicamein de 10–20% de questa energia solara. Per l'entira tiara settractei d'in'energia de 20 milliardas kWatt. Quei ei 100 ga pli bia energia che quella ch'ins vegn a duvrar igl onn 2000.

9.5 Stadi d'aggregaziun – Moviment molecular

La materia aua ei en fuorma de glatsch: solida, sco aua: liquida e sco vapor: gasusa. Ils biars corps san prender tut quels stadis, numnai stadis d'aggregaziun. Entgins corps tralain sut circumstanzias la fasa de liquid e van directamein dal stadi solid al gasus e contrari. Quei fenomen numn'ins sublimaziun. Aschia sa vapor ded aua daventar directamein glatsch (flurs de glatsch vid la finia-

9.4.3 Beispiel 3 – Wieviel Holz braucht man, um 2 Liter Wasser von 12°C auf 97° zu erwärmen? Da die spezifische Wärme von Wasser 1 ist, würde die Wärmemenge lauten:

$$Q = 1 \text{ kcal/Grad} \cdot 2 \text{ kg} \cdot (97-12) \text{ Grad} = 170 \text{ kcal.}$$

Bei einem gewöhnlichen Herd geht aber der grösste Teil der Wärme durch das Kamin und in den Küchenraum «verloren». Es bleiben für das Kochen nur etwa 5% übrig. Das Holz muss also 20 mal mehr Kalorien abgeben, nämlich 3 400 kcal. 1 kg Holz erzeugt 3 000 kcal. Die benötigte Holzmenge ist $3\,400 : 3\,000 = 1,13 \text{ kg}$ Holz.

9.4.4 Die grösste Wärmemenge, die uns zur Verfügung steht, ist die Sonnenenergie. Ihr «Heizwert» beträgt $2 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, oder ca. $300 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{sec}$. In den uns gebräuchlichen Grössen umgerechnet sind dies $1,4 \text{ kWatt/m}^2$. Als Vergleich sei erwähnt, dass ein elektrischer Ofen oder Strahler eine Leistung von $1-2 \text{ kW}$ hat.

Die Sonnenwärme erhalten wir gratis. Müssten wir z.B. die Wärmeenergie bezahlen, die ein kg Brot in sich schliesst und von der Sonne erhalten hat, würde dieses Brot über 100 Franken kosten. 1 kg Fleisch käme dementsprechend auf 1 000 bis 10 000 Franken zu stehen.

Praktisch ist man gegenwärtig daran, etwa 10–20% dieser Sonnenenergie auszunützen. Für die ganze Erde heisst dies eine Energie von 20 Milliarden kWatt. Das ist 100 mal mehr Energie als man im Jahre 2 000 brauchen wird.

9.5 Die Aggregatzustände – Die Molekularbewegung

Der Stoff Wasser ist als Eis fest, als Wasser flüssig und als Dampf gasförmig. Die meisten Körper können diese drei Zustände, Aggregatzustände genannt, annehmen. Einige Körper lassen unter Umständen die Flüssigkeitsphase aus und gehen direkt vom festen zum gasförmigen Zustand über und umgekehrt. Diese Erscheinung nennt man Sublimation. So kann Wasserdampf direkt zu

stra freida) e glatsch sa era s'evapurar senza daventar igl emprem aua. En notgs freidas s'evapurescha neiv ed il vapor ded aua daventa gronds cristals plats de glatsch, che dat ina neiv smulusa. Auters corps daventan insumma mai liquids, sch'ins pren buca specialas mesiras. Lenn vegn cun scaldar gasus e brischa en fuorma de gas.

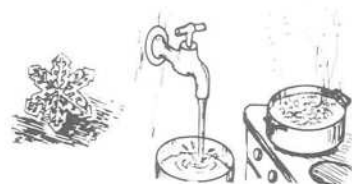
Tgei ei atgnamein la caratteristica de quels stadis d'aggregaziun? Quella damonda meina nus alla noziun della calira insumma, alla damonda tgei che la calira seigi. El capitel 7.1 vein nus menzionau la structura de reit spaciala dellas materias. En corps solids ein ils «nuvs dil garter» quei ein ils atoms, tuttavia buca en ruaus, els semovan continuadamein, bandunan denton buca lur «liug». Els ballontschan entuorn ina posiziun de ruaus imaginada, midan denton buca lur plaz, demai che las forzas molecularas tegnan ensemen ellas sco cun in gummilastic. Pli gronda che la temperatura dil tgierp stagn ei, ton pli gronda il moviment. Tenor il scuvider vegn quel numaus «moviment de Brown», mo era «moviment molecular». Tier ina certa temperatura sut 0°C cala quest moviment. Quei «punct miert» vegn contonschius cun -273°C . Quella temperatura numnan ins il «punct nul absolut». Schegie ch'ins ei arrivaus a quei punct tochen sin mellia vels grads, san ins ch'ins po mai contonscher el. Ins sa era, che da questa temperatura tut moviment molecular tschessa. Ella scienza naturala refereschan ins las temperaturas a quei «punct absolut» e numna ellas buca «grad Celsius», mobein «grad Kelvin», tenor il fisicist Kelvin (1824–1907). Aschia ei: $0^{\circ}\text{Kelvin} = -273^{\circ}\text{Celsius}$, $0^{\circ}\text{Celsius} = +273^{\circ}\text{Kelvin}$, $20^{\circ}\text{C} = 293^{\circ}\text{K}$ etc.

Sche nus scaldein in tgierp solid pli e pli fetg, vegn il moviment molecular ina ga ad esser schi ferm che las forzas molecularas che tegnan ensemen vegnan surventschidas. Ellas tonschan buca pli de tener ensemen il garter spazial. Il garter sballuna pia

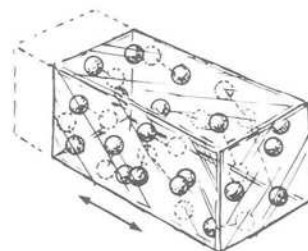
Eis werden (Eisblumen am kalten Fenster) und Eis kann auch direkt verdampfen. In kalten Nächten verdunstet Schnee und der Wasserdampf wird zu grossen flachen Eiskristallen (Pulverschnee). Andere Körper werden überhaupt nie flüssig, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden. Holz wird bei Erhitzung gasförmig und verbrennt als Gas.

Was ist nun das charakteristische dieser Aggregatzustände? Diese Frage führt zum Begriff der Wärme, zur Frage, was ist überhaupt Wärme. Im Kapitel 7.1. haben wir den raumgitterartigen Aufbau der Stoffe erwähnt. Die Gitterpunkte (Atome) sind bei festen Körpern nicht etwa in Ruhe, sie bewegen sich beständig, verlassen aber ihren «Ort» nicht. Sie schwingen um eine gedachte Ruhelage, wechseln jedoch ihren Platz nicht, weil die Molekularkräfte sie wie mit einem Gummiband zusammenhalten. Je grösser die Temperatur des festen Körpers ist, desto grösser die Bewegung. Nach dem Entdecker wird sie «Brown'sche Bewegung», sonst auch «Molekularbewegung» genannt. Bei einer bestimmten Temperatur unter 0°C hört diese Bewegung auf. Dieser «Tote-Punkt» ist bei -273°C . Diese Temperatur nennt man den «absoluten Nullpunkt». Obwohl man bis auf tausendstel Grad nahe an diesen Punkt herangekommen ist, weiss man, dass man ihn nie erreichen kann. Man weiss auch, dass bei dieser Temperatur jede Molekularbewegung aufhört. In der Naturwissenschaft bezieht man die Temperaturen auf diesen Nullpunkt und nennt sie nicht «Grad Celsius», sondern «Grad Kelvin», nach dem Physiker Kelvin (1824–1907). Es ist $0^{\circ}\text{Kelvin} = -273^{\circ}\text{Celsius}$, $0^{\circ}\text{Celsius} = +273^{\circ}\text{Kelvin}$, $20^{\circ}\text{C} = 293^{\circ}\text{K}$, u.s.w.

Wenn wir einen festen Körper immer mehr erwärmen, wird die Molekularbewegung einmal so stark sein, dass die zusammenhaltenden Kräfte überwunden werden. Sie reichen nicht mehr aus, das Raumgitter zusammenzuhalten. Das Gitter zerfällt



Ils biars corps san haver 3 stadis agregatics, els san esser solids, liquids u gasus. La temperatura decida, en qual stadi ina substanza sesanfla. Aua sa esser in corp solid sut 0°C sco glatsch e neiv en fuorma de cristals, sa esser in liquid denter 0 e 100°C ed in gas sur 100°C .

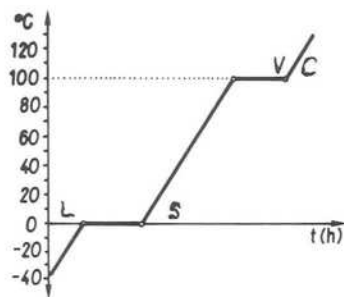


Il cauld consista en in moviment dil molecules. Grond moviment molecular vul dir gronda temperatura. In moviment pli grond drova pli bia plaz, perquei eis ei clar che il scaldar in tgierp solid fa ch'el vegn pli gronds.

Continuaziun: Legenda p. 68

La maglia vegn duvrada per baghegiar si en nies tgierp quei che isa giu e per mantener il cauld dil tgierp. Quei basegns fundamental munta sin 2400 kcal per di. Per lavur leva ston ins aunc quintar vitier per mintga ura 75 kcal, per mesauna lavur 75–150, per greva lavur 150–300, e per fetg greva lavur pli che 300 kcal per mintga ura de lavur. Aschia vegn ina persuna che lavura sin total 3000 tochen 4800 kcal a di. Per paregliar san ins tener endamen che in kg paun renda 2500 kcal. Quei che pertucca las calorias pudess pia 1 kg tochen 2 kg paun esser avunda. Denton fetg impurtont ei era ch'ins hagi las vitaminas adattadas. En quei grau ein ils fretgs naturals de gronda impurtonza. Quels san ins magliar en

pli grondas quantitats, senza vegnir gross e malsaus. Ord la quantitat de calorias ch'il carstgaun drova a di, san ins era calcolar cons carstgauns ch'il mund cun ses praus ed ers savess nutrìr. Tener animals e viver de quei che deriva dals animals, latg e carn, drova 8–10 gada de pli prau che de far ordlunder in er ed iert. L'agricultura ei daventada ina «carnicultura» e quella meina tuts ils pievels alla finala a fomar. Ei drova gronda sabientscha per applicar l'energia calorica pil beinstar dils pievels. Cheu sto la fisica seunir cun las autras scienziass, surtut la biologia e nutrilogia.



Quella grafica muossa il decours de temperatura ded in tgierp che sesanfla igl'emprem ad ina temperatura de -40°C . El vegn scaldaus e drova energia calorica. Cura ch'el ei arrivaus ad ina certa temperatura, el dessegn 0°C liua el. Quella temperatura numnan ins il punct de luentaziun. Duront che la substanza liua, sesaulza la temperatura buca, ella resta constanta. L'energia vegn duvrada per luentar, quei ei l'energia de luentaziun. Cura che tut ei luentau entscheiva la temperatura a crescer tochen alla temperatura de vaporisaziun. Era cheu resta la temperatura constanta tochen che tut ei vaporisau. Leutier drova ei l'energia calorica de vaporisaziun. Ussa vegn era il vapor scaldaus vinavon e la temperatura sesaulza. Cun sesferdendar dat la substanza scaldada puspei giu la calira retscharta. Igl'emprem secondensescha ella da vapor a liquid, e lu schela ella da liquid ad in corp solid. Nus havein pia

tier ina temperatura determinada tiel, schinumnu «punct de fusiun». Pil glatsch ei quel, sco secunvegniu, 0°C , per fier ca. 1500°C . Enstagl d'in ferm garter solid vein nus ussa ina massa cun parts che sedeplazzan levamein ina encunter l'autra; nus havein in liquid. La forza attractiva dils molecules ein aunc aschi gronda ch'ei exista ina aschinumna da uniun liquida, las forzas stgisan per ex. per formar daguots ni per schar taccar ina cun l'autra duas surfatschas glischas e bletschas. Cun in ulteriur scaldament vegn il moviment schi grond, che las forzas d'attracziun han quasi negina peisa pli. Ils molecules «sgolan» in ord l'auter, e quei per ina certa temperatura, tiel punct de bugl dil liquid. La materia ei ussa gasusa. Cun augmentar la calira daventa pia in liquid vapor e gas. Quel sa vegnir scaldaus vinavon.

Nus savein mussar cun experiments ch'ei drova calira buca mo per augmentar la temperatura entras scaldament, mobein era per la luentaziun e buglida sezza. Sch'ei constat che il pugn de fusiun de glatsch ei 0°C , sche vul quei buca dir, che in toc glatsch daventi cun quella temperatura senz'auter liquids. Ins sto menar neutier calira per midar il glatsch de 0°C en aua de 0°C . Quella calira de luentaziun ei per aua 80 cal/g . Ei drova semeglientamein energia calorica sch'ins vul transformar aua de 100°C en vapor de 100°C . La calira d'evaporaziun per aua fa schizun 539 cal/g . Sch'ins vul p.ex. luentar glatsch de -20°C , ston ins igl'emprem scaldar el sin 0°C . Lu resta la temperatura constanta 0°C tochen che tut il glatsch ei luaus. Pér ussa sesaulza puspei la temperatura. Cull'evaporaziun eis ei tuttina. Aua de 0°C ei pia cargada cun pli bia energia che glatsch de 0°C , numnadamein per 80 cal/g de pli. Ina mischeida de neiv ed aua ha, sco gia detg, adina la temperatura 0°C . Fuss ella pli aulta, vegness de pli neiv a luar, fuss ella pli bassa, vegness il glatsch a s'augmentar. Ina mischeida de neiv ed aua sa pia ve-

also bei einer ganz bestimmten Temperatur, dem sog. Schmelzpunkt. Für Eis ist dieser Punkt nach Abmächung bei 0°C , für Eisen bei ca. 1500°C . Statt eines festen Gitters haben wir eine Masse, deren Teile sich leicht gegeneinander verschieben lassen, wir haben eine Flüssigkeit. Die Anziehungskräfte der Moleküle sind noch so gross, dass ein sog. Flüssigkeitsverband besteht, die Kräfte reichen noch aus, um z.B. Tropfen zu bilden oder zwei glatte, nasse Flächen aneinander haften zu lassen. Bei weiterer Erwärmung wird die Bewegung so gross, dass die Anziehungskräfte kaum mehr ins Gewicht fallen. Die Moleküle «fliegen» auseinander, und dies auch bei einer bestimmten Temperatur, dem Siedepunkt der Flüssigkeit. Der Stoff ist nun gasförmig. Durch Zuführung von Wärme wird also eine Flüssigkeit zu Dampf, zu einem Gas. Dieses kann noch weiter erhitzt werden.

Wir können durch Versuche zeigen, dass nicht nur das Steigern der Temperatur durch Erwärmen eines Stoffes Wärme braucht, sondern auch der Schmelz- und Siedevorgang selber. Wenn feststeht, dass der Schmelzpunkt des Eises 0°C ist, so heisst dies nicht, dass ein Stück Eis bei dieser Temperatur ohne weiteres flüssig wird. Man muss Wärme zuführen um das Eis von 0°C in Wasser von 0°C zu verwandeln. Diese Schmelzwärme beträgt bei Wasser 80 cal/g . Ebenso braucht es Wärmeenergie, wenn man Wasser von 100°C in Dampf von 100°C überführen will. Die Verdampfungswärme für Wasser beträgt sogar 539 cal/g . Wenn man also Eis von z.B. -20°C schmelzen will, muss man es zuerst auf 0°C erwärmen. Dann bleibt die Temperatur konstant null Grad Celsius, bis alles Eis geschmolzen ist. Erst jetzt steigt die Temperatur wieder. Beim Verdampfen ist dies ebenso. Es ist also Wasser von 0°C energiereicher als Eis von 0°C , nämlich um 80 cal/g . Ein Gemisch von Schnee (Eis) und Wasser hat nach dem Gesagten immer die Temperatur 0°C . Wäre sie höher, würde mehr Schnee schmelzen,

gnir duvrada per controllar l'exactadad d'in thermometer sil punct nulla.

Vid in exempel lein nus far clar numericamein l'economia calorica: 3 kg glatsch de -20°C dueigien vegnir transformai en vapor de 120°C . Per far quei duvrein nus las suandontas indicaziuns:

Calira specifica de glatsch	}	0,5 kcal/kg
Spezifische Wärme von Eis		
Calira de luentada dil glatsch	}	80 kcal/kg
Schmelzwärme von Eis		
Calira specifica ded aua	}	1 kcal/kg
Spezifische Wärme von Wasser		
Calira de vaporisaziun	}	539 kcal/kg
Verdampfungswärme		
Calira specifica de vapor	}	0,48 kcal/kg
Spezifische Wärme von Wasserdampf		

Igl entir impundament secompona da:

Der ganze Wärmeaufwand setzt sich zusammen aus:

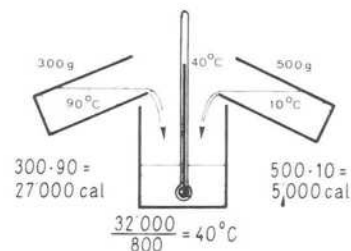
$Q_1 =$	Scaldament dil glatsch Erwärmung des Eises	}	$= 3 \cdot 0,5 \cdot 20$	$= 30 \text{ kcal}$
$Q_2 =$	Luentada dil glatsch Schmelzen des Eises		$= 3 \cdot 80$	$= 240 \text{ kcal}$
$Q_3 =$	Scaldament dell'aua Erwärmung des Wassers	}	$= 3 \cdot 1 \cdot 100$	$= 300 \text{ kcal}$
$Q_4 =$	Vaporisaziun Verdampfung		$= 3 \cdot 539$	$= 1637 \text{ kcal}$
$Q_5 =$	Scaldament dil vapor Erwärmung des Dampfes	}	$= 3 \cdot 0,48 \cdot 20$	$= 29 \text{ kcal}$
Consum total ded energia calorica Wärmeenergieverbrauch			}	$= 2225 \text{ kcal}$

Quell'energia duvrada vegn puspei libra ni reacquistada sche vapor daventa puspei glatsch. Cura che il vapor daventa in liquid, plaidan ins de condensaziun, cura ch'in liquid daventa in tgierp solid, eis ei ina marventada u schelada. Duront la luada ed evaporaziun resta la temperatura

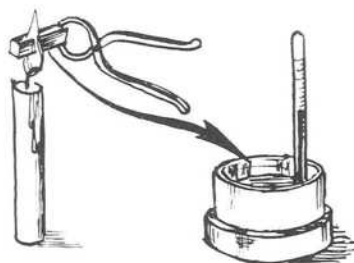
wäre sie niedriger, würde mehr Eis entstehen. Eine Schnee/Wasser-Mischung kann also verwendet werden, um ein Thermometer auf die Genauigkeit des Nullpunktes zu kontrollieren.

An einem Beispiel wollen wir den zahlenmässigen Haushalt der Wärme nochmals klar machen: Es sollen 3 kg Eis von -20°C in Dampf von 120°C verwandelt werden. Dazu brauchen wir folgende Angaben:

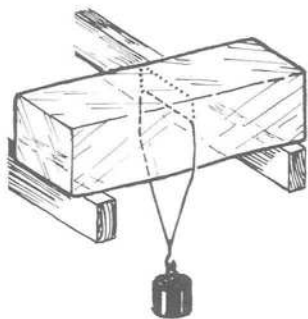
quater interessants puncts: Il punct de luentaziun (L), de vaporisaziun (V), il punct de condensaziun (C) e de schelaziun (S). Mintgamai dus de quels han la medema temperatura. L ed S ein denton buca identics, ed era buca V e C. El punct S e C ha il tgierp pli bia energia en sesez che els puncts correspondents L e V.



Cun mischedar dus liquids ed era corps solids de differenta temperatura obtegnan ins ina temperatura de mischeida. La part caulda dat giu gest tonta calira sco quei che la freida part pren si. La summa d'energia calorica della mischeida ei la medema sco la summa dellas parts.



Cun quei experiment san ins calcular la calira specifica ded in tgierp, per ex. ded in toc fier. Quel vegn scaldaus e lu mess en in liquid. Ord la temperatura dil fier, sia grondezia ed igl alzament della temperatura ell'aua san ins far il gest quen. – Era la temperatura della flomma san ins mesurar, sch'ins enconuscha la calira specifica dil fier.



L'aua muossa ina anomalia entuorn 4°C . Da leu engiu crescha il volumen puspei. Perquei san ins luentar glatsch cun augmentar la pressiuin. Ina peisa de plirs kp vegn ligiada cun fildirom satel entuorn in blic de glatsch. Sut la pressiuin dil fildirom liua il glatsch, l'aua luentada schela immediat puspei sur il fildirom. Lez va aschia plaunsiu atras il glatsch, senza sparter el. En semeglionta maniera liua entras sia atgna peisa il glatscher sil funs e cula plaunsiu engiu. Ils scursalets luentan in tec il glatsch suten aschia ch'ins seleischna buc.

Entras fricziun che pretenda lavur mehanica, san ins transformar quella energia entiramein en calira. Cun il giug de buobs «castra la brentina» cartevan ins pli baul de saver scatschar la nebla.



costanta sco quei che nus vein viu; e quei daventa era durent la marventada e condensaziun. Per quella raschun ei era il pugn de luentaziun allegaus ella figura buc identics cun il pugn de marventada, il pugn de bugl buca aduals al pugn de condensaziun. Els schaian «energeticamein», v.d. partenend il cuntegn d'energia in ord l'auter.

Entginas substanzas solidas sco patgna, glas e materias sinteticas han buca in cert pugn de luada. Ellas daventan in tec alla ga lomas, lu viscusas epi liquidas. Quellas materias han era buca in garter cristallin, ellas ein amorfes. Ins numna ellas era liquids «sutsferdentai». Ins sa pia pretendere: Tuts ils corps solids ein cristallins, v.d. han in garter spazial cristallin. – La teoria dil moviment molecular, prius per igl essenzial dil fenomen «cauld» explichescha en sempla maniera bia auters fenomenes calorics della natira.

9.5.1 Calira de fricziun. – Fruschan ins ils mauns, ni dus objects in vid l'auter, sche dat ei calira, perquei ch'ins metta ils moleculs en grond moviment.

9.5.2 Vaporisar. – Tier corps fluids e solids dat ei alla surfatscha adina entgins moleculs, che han energia gronda avunda per bandunar l'uniun liquida u il tgierp solid, demai che al confin denter aria e materia ils moleculs vegnan buca teni ensemen schi fetg sco egl intern. Senza scaldar pli fetg scappan els dalla ligiaziun e daventan gas. Perquei che gest ils pli sperts v.d. ils moleculs ils pli energetics sbrigan, vegn il tgierp cun se vaporisar pli freids. Ins sesferdenta pia tgunsch, sche il tgierp bletsch ni suentau vegn exponius all'aria.

9.5.3 Buglir. – Vegn in liquid scaldaus da sutensi, sche vegn il moviment dils moleculs cun ina temperatura determinada schi gronds che la pressiuin dil liquid surpostau ei pli pintga che la pressiuin dil vapor che

und dies geschieht nun auch beim Erstarren. Die gleiche Erscheinung haben wir beim Verdampfen und Kondensieren. Somit ist auch der in der Figur angegebene Schmelzpunkt nicht identisch mit dem Erstarrungspunkt, der Siedepunkt nicht gleich dem Kondensationspunkt. Sie liegen «energetisch», d.h. dem Energieinhalt nach auseinander.

Einige feste Substanzen, wie Wachs, Glas und viele Kunststoffe haben keinen bestimmten Schmelzpunkt. Sie werden nach und nach weich, zähflüssig und flüssig. Diese Stoffe haben auch kein Kristallgitter, sie sind amorph («gestaltlos»). Man nennt sie auch «unterkühlte» Flüssigkeiten. So kann man behaupten: Alle festen Stoffe sind kristallin, d.h., sie haben ein Kristallgitter.

Die Theorie der Molekularbewegung, als Wesen der Wärme genommen, erklärt auf einfachste Art viele Naturerscheinungen:

9.5.1 Reibungswärme. – Reibt man sich die Hände, oder zwei Gegenstände aneinander, so entsteht Wärme, weil man die Moleküle an der Oberfläche in grosse Bewegung versetzt.

9.5.2 Verdunsten. – Bei flüssigen und festen Körpern gibt es an der Oberfläche immer einige Moleküle, die eine genügend grosse Energie besitzen, um den festen oder flüssigen Verband zu verlassen, da sie ja an der Grenzfläche Luft/Stoff nicht so stark angezogen werden wie im Innern. Ohne besondere Erhitzung entfliehen sie dem Verband und werden zu Gas. Da nun gerade die schnellsten, d.h. die energiereichsten Moleküle wegfliegen, wird der Körper beim Verdunsten kälter. So erkaltet sich der Mensch leicht, wenn sein nasser oder verschwitzter Körper dem Luftzug ausgesetzt wird.

9.5.3 Sieden – Wird eine Flüssigkeit von unten her erwärmt, so wird die Bewegung der Moleküle bei einer bestimmten Temperatur so gross, dass der Druck der überlastenden Flüssigkeit kleiner ist als der

nescha. Scufas de gas sesaulzan, ei sgarguglia. Cun quei eis ei era declarau pertgei il punct de bugl vegn al-
zaus entras la pressiu.

9.5.4 Separaziun – destillaziun. – Liquids cun differents puncts de sbugl muossan che lur massas mole-
cularas ein differentas e secunte-
gnan perquei era en differenta moda
visavi allas forzas molecularas. Quei
lubescha de separar liquids mische-
da, de «destillar» els. Cun fermentar
fretgs dat ei alcohol en fuorma rarifi-
cada. Alcohol buglia cun $74,4^{\circ}\text{C}$,
aia pèr cun 100°C . Per extrer
dall'aia igl alcohol pur scauldan ins
la mischeida sin 80°C . Igl alcohol
buglia e siu vapor vegn menaus en
in bischel sferdentau e daventa li-
quids entras condensaziun. Adina
denton va era in tec vapor d'aia cun
quel digl alcohol. Perquei sto la de-
stillaziun vegnir repetida tochen che
la concentrasiun giavischada digl
alcohol ei contonschida.

9.5.5 Humiditad. – Ell'atmosfera
sesanfla adina in tec aia en fuorma
de gas. Tier ina certa temperatura sa
l'aia contener mo ina determinada
quantitad d'aia en fuorma de vapor,
cun 20°C persemeglia sil pli ca.
 20 mg/m^3 , cun 10°C denton sil pli
ca. 10 mg/m^3 . Ei quella valur con-
tentschida, dian ins che l'aria seigi
saziada. Resta quella valur sut la ma-
ximala pusseivladad, ei l'aria pli u
meins schetga. Il grad de humiditad
vegn daus en procents. Ha per ex.
l'aria de 20°C mo 10 mg/m^3 aia en
fuorma de vapor, sch'ei sia schinum-
nada fiehtiadad relativa 50%. Aria
normala ha circa 70% humiditad.
Vegn ina gronda quantitad d'aria
cun 100% fiehtiadad penetrada d'in
current freid d'aria, sa ella pervia
della sferdentada buca vertir ton va-
pur; il surpli sto curdar en fuorma de
plievgia, plievgia de nebla, neiv u
garniala.

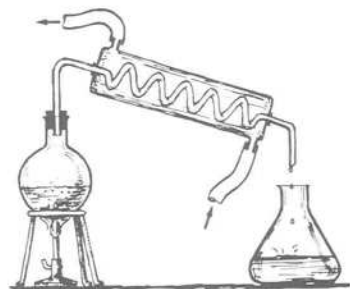
9.5.6 Expansiun. – Igl ei clar che
corps scaldai s'extendan; ils movi-

Druck des entstehenden Dampfes.
Gasbläschen steigen auf, es spru-
delt. Damit ist auch erklärt, warum
der Siedepunkt durch Druck erhöht
wird.

9.5.4 Entmischung – Destillation. –
Flüssigkeiten mit verschiedenem
Siedepunkt zeigen an, dass ihre Mo-
lekülmassen verschieden sind und
deshalb sich auch den Molekular-
kräften gegenüber verschieden ver-
halten. Dies erlaubt, gemischte Flüs-
sigkeiten zu trennen, zu «destillie-
ren». Beim Gären von Früchten ent-
steht Alkohol in wässriger Verdün-
nung. Alkohol siedet bei $74,4^{\circ}\text{C}$,
Wasser erst bei 100°C . Um dem
Wasser den reinen Alkohol zu ent-
ziehen, erwärmt man das Gemisch
auf etwa 80°C . Der Alkohol siedet,
und sein Dampf wird in eine Röhre
geleitet und durch Abkühlung wie-
der verflüssigt. Da aber immer etwas
Wasserdampf mitgeht, muss man die
Destillation wiederholen, bis die ge-
wünschte Konzentration des Alko-
hols erreicht ist.

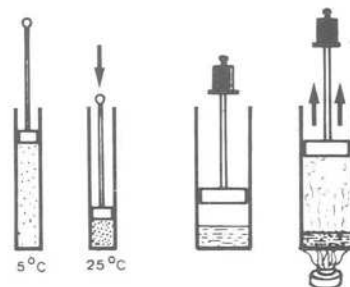
9.5.5 Feuchtigkeit. – In der Atmo-
sphäre befindet sich immer etwas
Wasser in Gasform. Bei jeder Tem-
peraturgrösse kann die Luft nur eine
ganz bestimmte Menge Wasser als
Dampf enthalten, bei hoher Tempe-
ratur mehr, bei tiefer weniger; bei
 20°C z.B. höchstens ca. 20 mg/m^3 ,
bei 10°C aber höchstens ca.
 10 mg/m^3 . Ist dieser Wert erreicht,
so sagt man, dass die Luft mit
Feuchtigkeit gesättigt sei. Bleibt der
Wert darunter, so ist die Luft mehr
oder weniger trocken. Man gibt den
Feuchtigkeitsgrad in Prozenten an.
Hat z.B. die Luft von 20°C nur
 10 mg/m^3 Wasser in Dampfform, so
ist ihre sog. relative Feuchtigkeit
50%. Normale Luft hat ungefähr
70% Feuchtigkeit. Wenn eine Luft-
masse mit 100% Feuchtigkeit von
einem kalten Windstrom durchsetzt
wird, so kann sie wegen der Abküh-
lung nicht mehr so viel Dampf ertra-
gen, der Überschuss muss in Form
von Regen, Nebelregen, Schnee
oder Hagel ausfallen.

9.5.6 Ausdehnung. – Es ist klar,
dass Körper bei Erwärmung sich



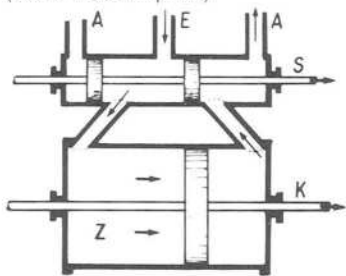
Destillar in liquid vul dir, separar
in liquid dad in auter, per exem-
pel alcohol dad aia. Quei reusse-
scha cun calira mo sche ils
puncts de vaporisaziun ein iffe-
rents. La mischeida ded aia ed
alcohol vegn scaldada sin ca.
 80°C . Igl alcohol sevapurescha e
vegn lu sferdentaus cun aia frei-
da, aschia ch'el secondensescha
e daguota en in vischi. In tec va-
pur d'aia va era cugl alcohol.
Perquei repetan ins il bugl pliras
gadas.

Cun pressiu san ins augmentar
la temperatura. Quei secapescha,
perquei che la medema quantiad
de calira vegn concentrada sin in
volumen pli pign e cun quei vegn
il moviment molecular pli grond.
Cun scaldar in gas san ins cun-
trariamein effectuar ina pressiu,
ina peisa vegn alzada, quei vul
dir, ei seresulta ina forza. Quels
dus fenomens ein il fundament
per la schinumnada pumpa calo-
rica che sa far ord aia tievgia aia
caulda e per las maschinas de
forza mehanica, la turbina a gas
ed il motor d'explosiu.



Entropia (per ils cap. 9.6 e 9.7)

Sco menzionau en cap. 8.11 eis ei buca pusseivel de construir ina maschina che dat giu pli bia energia che quei ch'ella drova, ei dat buca in perpetuum mobile. Igl emprend principi fundamental d'energia secloma: La summa della energia digl univers resta constanta. Nus havein viu entginas gadas ch'igl ei bein pusseivel de transformar entiramein ina energia en energia calorica, mo buca de transformar l'entira calira en ina autra energia. Ei dat adina ina part calira che resta calira. Ei setracta il bia de calira de fricziun. Perquei eis ei era buca pusseivel de construir ina maschina che va en perpeten da seze senza succuors ord ina autra fontauna d'energia, era sche quella maschina sto buca luvrar. Quei fenomen ei quasi realisau els planets che van entuorn il suleagl. Mo ins sa che era els piardan plaun a plaun in ton de lur energia en fuorma de calira, che se spiarda egl univers. Tier mintga transformaziun ded ina energia sefuorma adina in ton calira nundeducibla. Cul temps sto pia quella sort d'energia prender tier sin cuost de tuttas autras. Ei sto inagada vegnir adaquella che tut-



La maschina a vapor ha in generatur de vapor, ina caldera scaldada il bia cun cotgla. Il vapor entra el bischel E ed empleina cun siu catsch il zilinder Z. Il piston cun l'asta K semova a dretg. Cura ch'el ei videm vegn l'auter piston vid l'asta S tuschaus da maun dretg, aschia ch'il vapor che vegn da E po penetrar da maun dretg dil cilender Z. Il piston vegn puspai stuschaus anavos e lu entscheiva il giug danovamein. Il dubel piston pign fermaus vid S dat mintgamai lartg al vapor duvraus, per ch'el sappi sortir dal bischel A.

ments pli vehements dils moleculs drovan de pli plaz. Per consequenza ei p.ex. plum liquid specificamein pli levs ch'il solid, il qual sfundra el plum luentau. L'aua fa en quei grau in'exceptiun. Ella ha la pli gronda densitad cun 4°C . Sur e sut quella marca eis ella pli leva. Cun schelar drova il glatsch solid bunamein 10% de pli spazi che el stadi de 0°C . Cun schelar sa au a p.ex. siglientar conducts, ni fender greppa cun au a ellas fessas.

Auters fenomens atmosferics mira capetel 9.8

9.6 Las maschinass de calira (termicas)

Applicaziun dell'energia calorica:

Numerus ein ils indrezs e cundrezs che surveschan a producir en quantitat giavischada ed el liug vuliu calira e ferdaglia, v.d., che reguleschan tenor mesira la temperatura. Tals indrezs numnan ins climatisaders. Tier quels auda era la reglaziun della humiditad dell'aria.

Maschinass caloricas ein denton per regla tals indrezs che midan energia termica en energias mecanicas ed electricas. Per quei intent vegn applicau quasi spirontamein la dilataziun de gas scaldau, surtut la transformaziun de liquids en gas e lur inflammasiun. Daventa quei en in spazi serrau, sche dat ei ina gronda pressiu. Las maschinass caloricas sesprovan de schar agir quei squetsch per liung d'ina via entras ina adattada resistenza efficienta. Ina tala forza en uniu culla via munta en nies cass ina lavur.

9.6.1 La maschina de vapor. – En ina caldera serrada vegn produciu vapor. Il vapor vegn menaus sut squetsch en in cilinder, enten il qual in piston sa semover vi e neu. Il piston vegn stuschaus envi in tschancun entras la pressiu, epi, entras tgamunadi automatic menaus ana-

ausdehnen, da die heftigere Bewegung der Moleküle mehr Platz beansprucht. So ist z.B. flüssiges Blei spezifisch leichter als festes, das feste Blei sinkt im geschmolzenen unter. Bei Wasser aber finden wir hierin eine Ausnahme. Es hat die grösste Dichte bei 4°C . Darunter und darüber ist es leichter. Beim Gefrieren beansprucht das feste Eis fast 10% mehr Raum als im flüssigen Zustand bei 0°C . Beim Gefrieren kann also Wasser z.B. Leitungen sprengen, oder Felsen, in deren Spalten sich Wasser angesammelt hat, auseinander treiben.

Weitere Erscheinungen sind unter «Wetter» angeführt.

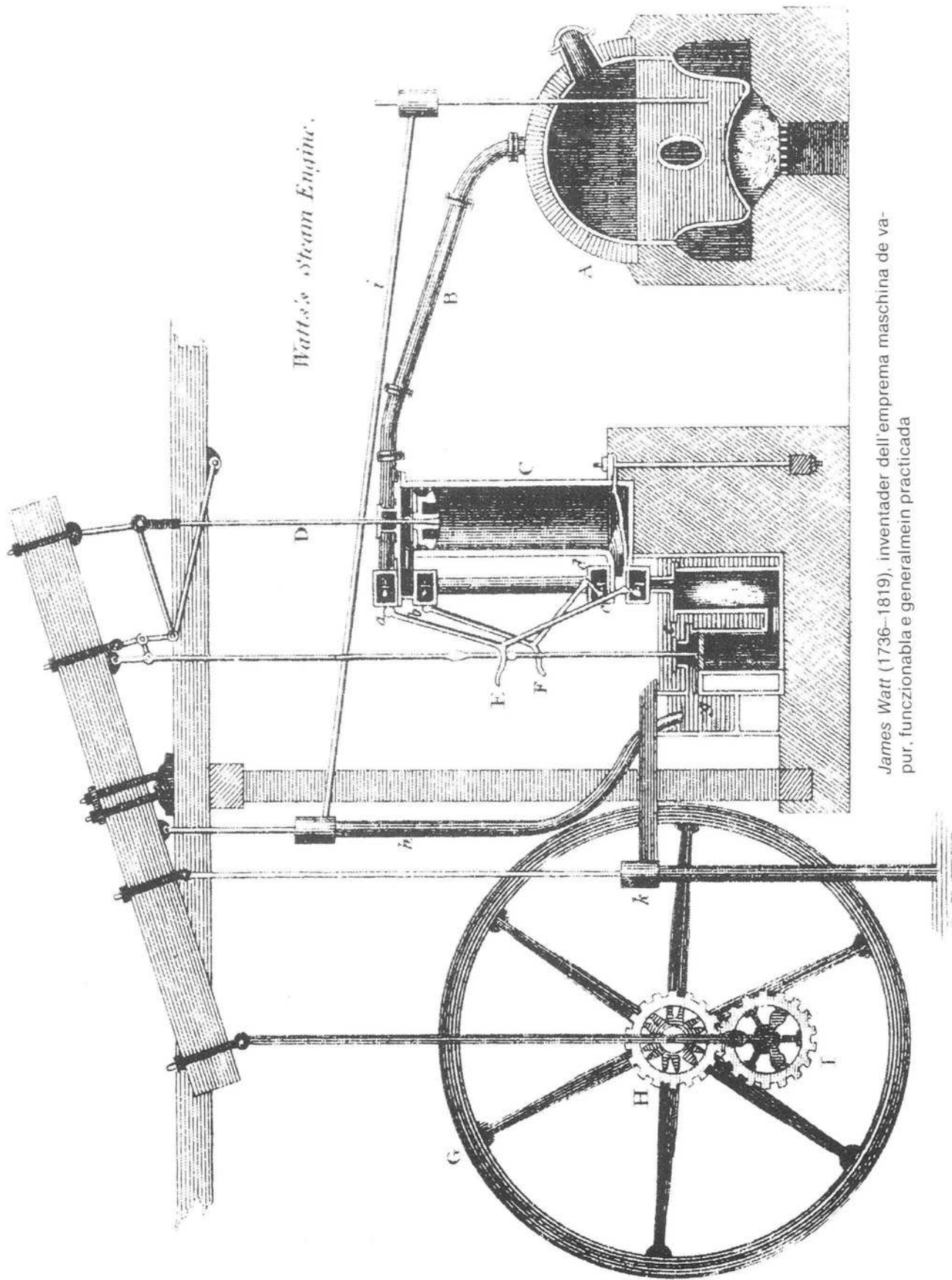
9.6 Die Wärmemaschinen

Anwendungen der Wärmeenergie:

Zahlreich sind die Einrichtungen, die dazu dienen, Wärme und Kälte im gewünschten Masse und am richtigen Ort zu erzeugen, d.h. die Temperatur nach Mass zu regeln. Solche Einrichtungen nennt man Klimaanlage, zu denen auch die Regelung der Feuchtigkeit gehört. Bei Höhenflügen wird im Passagierraum sogar der Luftdruck geregelt.

Unter Wärmemaschinen versteht man jedoch meistens jene Einrichtungen, die die Wärmeenergie in mechanische und in elektrische umwandeln. Dabei wird fast ausschliesslich die Ausdehnung der Gase bei Erhitzung verwendet, insbesondere die Überführung von Flüssigkeiten in Gase und ihre Entzündung. Geschieht dies in einem geschlossenen Raum, so entsteht ein grosser Druck. Die Wärmemaschinen suchen durch einen geeigneten Widerstand längs eines Weges diesen Druck wirken zu lassen. Damit haben wir eine Kraft und einen Weg zu einer Arbeit vereint.

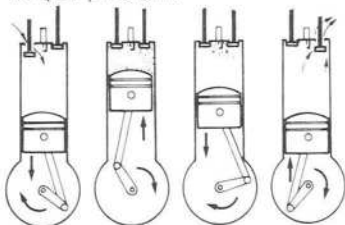
9.6.1 Die Dampfmaschine. – In einem Kessel wird Dampf erzeugt. Der Dampf wird unter Druck in einen Zylinder geleitet, in welchem ein Kolben sich hin und her bewegen kann. Der Kolben wird durch den Druck eine Strecke hingeschoben und dann durch automatische Steuerung



Watt's Steam Engine.

James Watt (1736—1819), inventader dell'empresa maschina de vapor, funzionabla e generalmein praticada

ta energia existenta ei daventada energia calorica, quei vul dir tuttas differenzas de temperatura s'uliveschan plaun a plaun. Senza la differenza de cauld e freid dat ei negina veta pli. Ins numna quei stadi la mort dil cauld ulivau. Igl ei clar che quei drova in immens temps, denton buca in temps infinit. Per ils scientists naturfilosofics ei quei in grond problem ch'ei el cass de sparter ils sperts. Ha igl univers priu ina entschatta u buc? Quei ei la domanda. Il fatg che l'energia calorica ei il resultat final de nies univers, quei vul dir l'ulivaziun de tuttas temperaturas, quei resultat ch'ins ei logicamein obligaus d'acceptar, damonda stringentamein ch'il mund hagi enzacu entschiet e seigi buca da perpeten enneu. Fuss el da perpeten enneu, stuess quei stadi della mort dil cauld ulivau gia esser contonschius. Nus havein denton aunc grondas differenzas de cauld e freid, pia ei igl univers buca da perpeten enneu. La probabilitad de quei svilup enviars ina suletta fuorma d'energia numna ins «entropia», ed ins di: tuts fenomens muossan che l'entropia crescha cun mintga transformaziun d'energias. La fin dil mund fuss pia buca ina fin della materia, mobein ina fin della energia transformabla. Tochen ussa ha negin anflau ina outra sligiazium de quei problem.



La funcziun dil motor d'explosiun: El va en 4 tacts. 1) Il piston va engiu e tschetscha el cilender in gas de benzin ed aria. 2) Quei gas vegn comprimius e sescaldu aunc pli fetg. 3) El mument ch'el ei comprimius il pli fetg, vegn el envidaus. L'explosiun catscha cun forza il piston engiu 4). Cul medem catsch stauscha il piston giuado il gas barschau ed ha aunc energia per ils dus emprems tacts. Nus distinguin pia il tact de tschetsch, de compressiun, de lavur e de sbuf.

vos da tschella vart. Quei vi e neu vegn transmess vi sin ina roda entras in'asta.

9.6.2 La turbina de vapor. – Il vapor vegn menaus cun pressiu vi sin ina roda girabla pressapauc sco l'aua che sederscha silla roda d'aua. Quei daventa en pliras etappas. Ei constat che la maximala explotaziun dell'energia ei contonschida lu, cura che las palas della turbina han la mesa spertadad dil current de vapor. Quei current vegn pia frenaus entras las palas mo per la mesadad e per quei tratgs a nez mo a mesas. La mesadad dell'energia va a piarder. Per gudignar vinavon quella, meinan ins il rest dil current sin ina retscha de palas che semeina pli plaun. Ella ei colligiada cul medem ischel, ha denton in pli pign radius e per quei ina pli pintga spertadad periferica. Ei suondan aunc autras rodas d'em-palms, che mettan en ovra adina pusppei la mesa energia de rest della precedentia.

9.6.3 Motors d'explosiun a combustiu. – Tier quellas maschinas vegn la pressiu buca realisada cun vaporisar aua en ina vanaun, mobein ins envida en in cilinder materia che brischa, liquids u gas. Ins contonscha aschia pli aultas temperaturas e cheutras ina pli perfetga explota-zium.

9.6.4 Maschinas dil futur. – Emprovas de transformar calira en electricitad ein en plein svilup. In problem de prioritad ei ussa era il diever economic della radiazium solara per il scaldament ded aua sco reservuar d'energia. Tals svilupps savessen far svanir l'impestaziun de nies ambient entras il motors ad explosiun.

9.7 Il secund principi dell'energia

Igl emprem principi dell'energia di che energia vegni ni scaffida ni disfatga. Consequentamein savessen ins crer ch'ei seigi pusseivel de retransformar l'energia calorica com-

von der andern Seite wieder zurückbewegt. Diese Hin- und Herbewegung wird durch eine Pleuelstange auf ein Rad übertragen.

9.6.2 Die Dampfturbine. – Der Dampf wird mit Druck auf ein Lauf-rad geleitet, ähnlich wie das Wasser auf ein Wasserrad. Dies geschieht in mehreren Stufen. Es steht fest, dass die maximale Ausbeute der Energie dann erreicht wird, wenn die Turbinenschaufeln die halbe Geschwindigkeit des Dampfstromes haben. Dieser Strom wird von den Schaufeln also nur zur Hälfte abgebremst und damit nur halb ausgenützt. So geht die halbe Energie verloren. Um diese dennoch zu gewinnen, leitet man den langsam gewordenen Reststrom auf eine Schaufelreihe, die sich langsamer dreht. Sie ist an der gleichen Achse angeschlossen, hat jedoch einen kleineren Radius und damit eine kleinere Umfangsgeschwindigkeit. Es folgen noch weitere Schaufelräder, die immer wieder die halbe Restenergie der vorhergehenden umsetzen.

9.6.3 Die Verbrennungsmotoren. – Der Druck wird bei diesen Maschinen nicht durch Verdampfen von Wasser in einem Kessel erreicht, sondern es wird in einem Zylinder ein brennbarer Stoff, Flüssigkeit oder Gas, entzündet. Man erreicht damit höhere Temperaturen und somit eine bessere Ausbeute.

9.6.4 Zukunftsmaschinen. – In voller Entwicklung steht der Versuch, Wärme direkt in Elektrizität umzuwandeln. Ebenso steht jetzt im Vordergrund die wirtschaftliche Benützung der Sonnenstrahlen zur Heizung von Wasser als Energiespeicher. Diese Entwicklungen könnten die Umweltverschmutzung durch die heutigen Verbrennungsmotoren beseitigen.

9.7 Der zweite Hauptsatz der Energie

Der erste Hauptsatz der Energie (Vergl. 8.11.) besagt, dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann. Man könnte demnach er-

pletamein en energia mehanica, sco quei ch'ins sa transformar energia mehanica dil tutt'fatg en energia calorica. Denter omisduas energias stat la relaziun statuida da Robert Mayer (1814-1878), che 427 kpm dattan in kcal. Culla viulta denton, pia tier mintga transformaziun d'energia calorica en in'autra, dat ei ina «sperdita» en quei senn che ina part dell'energia calorica ch'ei de transformar, setransformescha pusppei en calira. Ina part, savens ina gronda, ei buca pli de retransformar ell'energia dalla quala ella deriva. Quella «calira restonta» s'augmenta pia cun mintga transformaziun d'energia. Igl univers vegn plaun a plaun a s'ulivar en sia temperatura, tochen ch'ei exista dapertut la medema temperatura. Quei meina alla schinumnada «mort de calira», in stadi enten il qual neginas energias ein pli transformablas. Da cheu sere-sulta igl impurtont principi filosofic della scienza naturala: Igl univers sa buc esser staus da perpeten enneu, schiglioc fuss quei stadi gia entraus. Quei ei buc il cass, pia ha igl univers zacu ei temps stuiu entscheiver. Il secund principi principal dell'energia secloma consequentamein: Energia calorica sa mai vegnir trasformada entiramein en autras fuor-mas d'energia.

9.8 L'aura

lils elements dell'aura u facturs dell'aura ein bunamein tuts de sclairir cun reflexiuns de caracter termic: lils vents, la temperatura, la humiditad, la pressiuin d'aria, la neblusadad, las precipitaziuns e l'insolaziun.

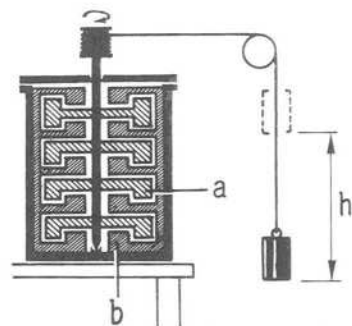
9.8.1 *Ils vents.* — Alla surfatscha della tiara vegnan las rasadas d'aria scaldadas fetg. L'aria caulda, specificamein pli leva, va egi ault, e massas d'aria pli freida, flueschan en siu stagl. Culla scaldaziun munta la pressiun dell'aria. La surpressiun s'ulivescha entras ils vents, che culan en nossas cuntradas el senn digl

warten, dass, wie man mechanische Energie vollständig in Wärme umwandeln kann, auch die Umkehrung verwirklicht werden könne, nämlich Wärmeenergie vollständig in mechanische zurück zu verwandeln. Zwischen beiden besteht die von Robert Mayer (1814–1878) zuerst aufgestellte Beziehung, dass 427 kpm eine kcal ergeben. Bei der Umkehrung aber, also bei jeder Verwandlung von Wärmeenergie in eine andere Energie, entsteht ein «Verlust» in dem Sinne, dass ein Teil der umzuwandelnden Wärmeenergie sich wieder in Wärme verwandelt. Ein Teil, oft ein grosser, ist nicht mehr zurückführbar in die Energie, aus der sie stammt. Damit nimmt bei jeder Energieumwandlung diese «Restwärme» zu. Das Weltall wird nach und nach in seiner Temperatur ausgeglichen, bis überall die gleiche Temperatur besteht. Das führt zum sog. Wärmetod, ein Zustand, in dem keine Energie mehr umwandelbar ist. Daraus ergibt sich der naturphilosophisch wichtige Satz: Das Universum kann nicht ewig bestanden haben, sonst wäre dieser Zustand schon eingetreten. Dies ist nicht der Fall, also hat das Weltall irgendwann in der Zeit zu bestehen angefangen. Der zweite Hauptsatz der Energie lautet dementsprechend: Wärmeenergie kann niemals vollständig in eine andere Energieform umgewandelt werden.

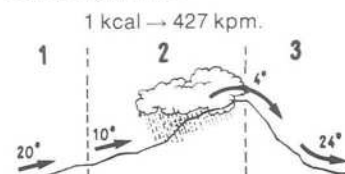
9.8 Das Wettergeschehen

Die Wetterelemente oder Faktoren sind fast alle durch thermische Überlegungen erklärbar: Die Winde, die Temperatur, die Feuchtigkeit, der Luftdruck, die Bewölkung, die Niederschläge und die Sonneneinstrahlung.

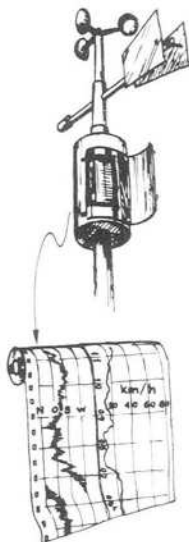
9.8.1 Die Winde. – An der Oberfläche der Erde werden die Luftschichten stark erwärmt. Die warme Luft, spezifisch leichter, steigt, und kältere Luftmassen strömen an ihrer Stelle. Bei der Erwärmung steigt der Luftdruck. Der Überdruck gleicht sich durch die Winde aus, die in unseren Gegenden im Sinne des Uhr-



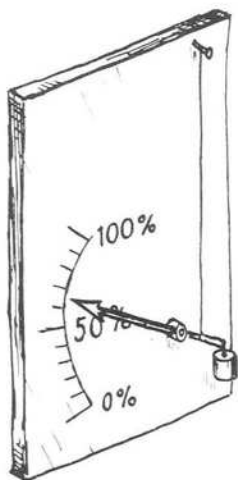
L'energia mehanica san ins transformar entiramein en energia calorica. Nus dumandein: conta calira dat in kpm? Ei dat biars indrez per anflar quella relaziun ch'ins numna equivalent mehanic dil cauld. Il dessegn muossa ina metoda: En in vischi rodund plein aua (b) fan ins girar in diember palas (a) che truschan l'aua aschia che quella s'escauld. Ina peisa metta en moviment quella «panaglia». Ord la peisa e sia via san ins calcular conta energia mehanica ch'ins ha impundiu, ed ord l'augmentaziun della temperatura e la quantitat aua eis ei pusseivel de dir, conta calira ch'ei vegnida producida. Il resultat ei surprendents e remarcabels. Per scaldar in liter aua mo per in grad drova ei ina energia mehanica de 427 kpm, quei vul dir, ton sco d'alzar bunamein ina mesa tonna in meter ad ault. Nus vesein pia che l'energia calorica ei fetg concentrada, paregliau cun la mehanica.



Il desegn dat la situaziun dil favugn ellas alps grischunas. Il vent vegn dal sid, ei cauld e humids. El sto ascender la muntogna, quei drova lavur. L'aria piarda calira e cun quei sto ella scargar empau della humiditad en fuorma de plievgia u neiv. Il Tessin ha macort'aura. L'aria ch'ei ussa pli schetga, descenda en nossas cuntradas e sescaulda proporzionalmein pli fetg, perquei ch'ella ei pli secca. Da nossa vart havein nus bial'aura e pli cauld. L'Engiadina che va fetg cul Tessin, ha era macort'aura en quei cass.



Il vent e sia aria han treis elements ch'ins sa mesirar. La direcziun, la forza e la humiditad. Ina bandiera indichescha la direcziun, in indrez sco in suflet marca la spertadad u la forza ed in liung cavegl indichescha la humiditad. Cavels ed era cordas de violina reageschan sin humiditad. Il cavegl vegn pli liungs cun far bletsch. —



Ina corda de violina ei fatga ord in begl sturtigliau. Cura ch'el daventa humids sezuorna el anavos. Quei fenomen vegn applicaus el caset ded aura, ord il qual vegn baul ina persuna cun parisol e baul ina che va a rischlar.

indisch dell'ura ord igl «ault» ed en direcziun cuntraria viaden en in «bass». Vents che ston surmontar cuolms, sesferdentan, mo sescauldan puspei curdond ella bassa. Cun quei ch'els han piars cun ir ad ault in ton de lur fiehtiadad en fuorma de precipitaziuns, ein els enten descender pli schetgs e sescauldan de pli (favugn). Vegn ina massa de vent messa entras differentas forzas en viultas e menadas, san seformar prigulus turnighels, che secuntegnan quasi sco corps solids e che scarpan ensemen tut quei che vegn en lur vau.

9.8.2 La temperatura. — Ella dependa dall'insolaziun, pia era dalla nublusadad. L'aria pura vegn buca scaldada directamein dals radis dil sulegl, mobein entras il contact culla crusta della tiara scaldada, che ha midau en calira ils radis dil sulegl. Il vent cauld vegn purtaus entras differenzas de pressiun en autras cuntradas. La temperatura ei pia per gronda part dependenta dalla direcziun dil vent, che sa denton esser autra ella muntogna che ella planira. Tenor la derivonza distinguan ins vents polars, vents de mar humids dal vest, vents tropics dal sid e sidvest, l'aura sut dal nord, ils vents mediterrans dal sid e biars auters.

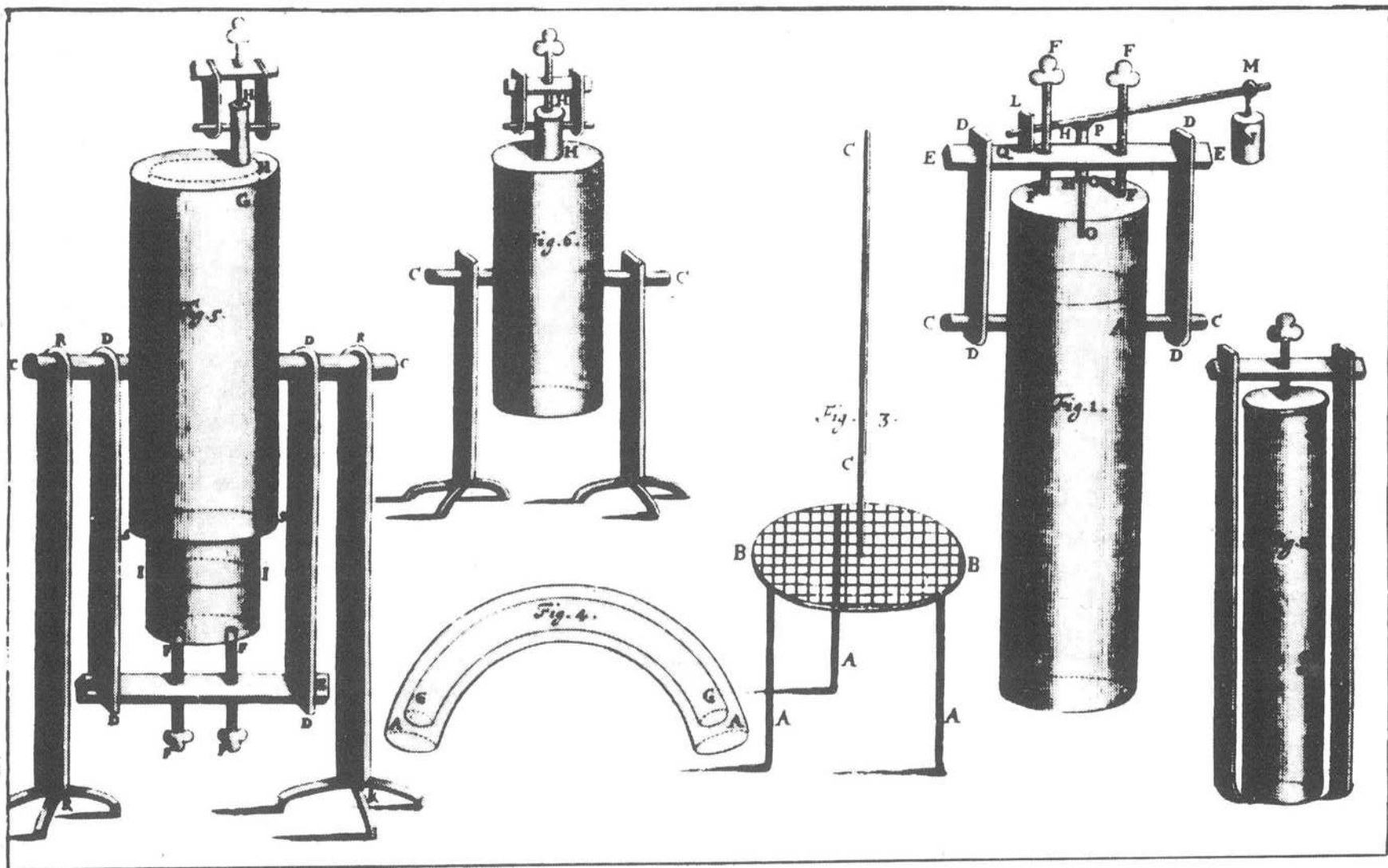
L'aria ruasseivla mida la temperatura cull'altezia. Normalmein sereducescha la temperatura dell'aria cull'altezia per in grad sin 100 meters, aria fetg humida mo per 0,6 grads. Ei dat denton era transiziuns anetgas. Tier quellas catscha lu l'aria freida avon sei l'aria caulda (front freida). Ei schabegia era che l'aria freida sezuola sut la caulda, ni che la caulda s'avonza sur la freida.

9.8.3 La humiditad. — La humiditad relativa ei dependenta dal liug d'origin e della temperatura dell'aria. Aria de mar ei pli humida, mo pli caulda che l'aria continental. Fluescha aria

zeigers aus dem «Hoch» und im Gegensinne des Uhrzeigers in das Tief hineinströmen. Winde, die über Bergketten steigen müssen, kühlen sich ab und erwärmen sich wieder beim Fallen. Da sie beim Aufsteigen ihre Feuchtigkeit in Form von Niederschlägen abgeladen haben, sind sie beim Herunterfließen trockener und erwärmen sich mehr (Föhn). Wird eine Luftmasse durch verschiedene Kräfte in eine Drehbewegung versetzt, können gefährliche Wirbel entstehen, die sich sozusagen wie feste Körper verhalten und alles niederschlagen, was in ihrer Bahn liegt.

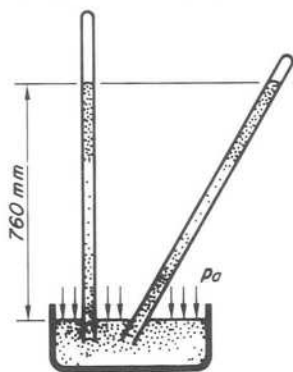
9.8.2 Die Temperatur. — Sie ist abhängig von der Einstrahlung der Sonne, also auch von der Bewölkung. Die reine Luft wird nicht direkt durch die Sonnenstrahlen erwärmt, sondern durch die Berührung mit der erwärmten Erdoberfläche, die die Sonnenstrahlen in Wärme umgewandelt hat. Die erwärmte Luft wird durch die Druckunterschiede als Wind in andere Gegenden getragen. Dasselbe geschieht mit der abgekühlten Luft. So ist die Temperatur grösstenteils von der Windrichtung abhängig, die aber in den Bergen eine andere sein kann als im Flachland. Man unterscheidet nach der Herkunft polare Winde, feuchte Meereswinde vom Westen, tropische Winde von Süden und Südwesten, die Bise von Nordosten, die Mittelmeerwinde von Süden und andere. Die ruhige Luft ändert die Temperatur mit der Höhe. Normalerweise nimmt die Lufttemperatur mit der Höhe um ein Grad je 100 m ab; sehr feuchte Luft nur um 0,6 Grad. Es gibt aber auch plötzliche Übergänge von kalt zu warm, sogenannte Fronten, an welchen entweder die kalte Luft die warme vor sich treibt (Kaltfront) oder umgekehrt (Warmfront). Dabei wälzt sich die kalte oft unter die warme, oder die warme steigt über die kalte nach vorne.

9.8.3 Die Feuchtigkeit. — Die relative Feuchtigkeit ist bedingt durch den Ursprungsort und die Temperatur. Meeresluft ist feuchter, aber wärmer als kontinentale Luft. Fliesst Meeres-

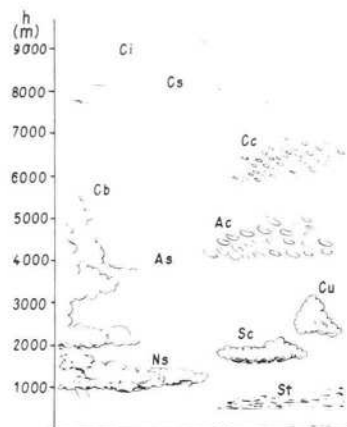


Vanaun a vapor construida da *Denis Papin* (1647–1714). Inventader della vanaun de pressiun. Maletg dagli onn 1679

La pressiu dell'aria vegn mesurada cul barometer (cap. 6.1).



Ei dat biaras fuormas e specias de nibels. Ils nums ein bunamein tuts latins: cirrus = niala de cavels, stratus = sterniu u rasau ora, cumulus = tgiembel, huffen, nimbus = nebla de plievgia. – Mischeidas de nibels vegnan caracterisai cun nums dubels, per exempel nimbostratus.



Ci: Cirrus, Cs: Cirrostratus
Cc: Cirrocumulus, Ac: Alto cumulus
As: Altostratus, Cu: Cumulus
Cb: Cumulonimbus, St: Stratus
Sc: Stratocumulus, Ns: Nimbostratus

maritima en cuntradas pli freidas, u s'emparuna encunter ella ina front freida, sche crescha la humiditad relativa; surpasa ella 100%, dat ei precipitaziuns. Quei ei era il cass sche l'aria de mar, p.ex. dalla mar mediterranea, sto reiver sur las Alps: ella sefrestgienta enten muntar, la flanca meridiana dellas Alps (Tessin) ha plievgia, ferton ch'el nord semuossan sclaridas de favugn.

9.8.4 La pressiu dell'aria. – Buca la pressiu absoluta, mobein la differenza della pressiu d'aria ei decisiva per la direcziun dil vent. Era san ins buc concluder senz'auter sin precipitaziuns ord la direcziun dil vent. Vents schetgs dattan neginas precipitaziuns, humids e caulds mo sch'els vegnan sferdentai zanuua. Ils facturs che determineschan l'aura ein multifars. Ina pressiu aulta d'aria ei mo in'impurtonta premissa per bialaura, mo era ina bassa pressiu d'aria munta buca senz'auter plievgia. Pli impurtont che la pressiu d'aria existenta ei la midada de quella p.ex. enteifer ina mesura. Pli spert che la pressiu d'aria semida ton pli malruasseivlas daventan las massas d'aria. Perquei ein spertas curdadas e montadas dil barometer enzennas d'aura nunstabila.

9.8.5 Nibels – Nebla. – Nebelas ein nibels che tucan la tiara. Ins plaيدا era de nebla aulta e bauns de nebla. Nibels e nebla consistan da spir pigns daguots ded aua ord vapor d'aua condensau, che paran de ballantschar en stresas ni magliacs ell'aria. En sesez ballontschan ellas buc, pertgei aua ei pli greva che aria. Ils daguots crodan traso. Demai che l'aria sut ils nibels ei pli caulda e schetga, «liuan» ils nibels sut neu, v.d., ils daguots s'evaporeschan e daventan vapor d'aua nunveseivla. Sur ils nibels flueschan novas massas d'aria fiehtia. Quella fiehtiudad dils nibels daventa daguots condensai. Cun pli liunga observaziun sentan ins denton, ch'ils nibels midan continuadamein lur fuorma. Vaporescha de pli che quei che secon-

luft in kältere Gegenden, oder stösst eine Kaltfront gegen sie, so nimmt die relative Feuchtigkeit zu; übersteigt sie 100%, setzen Niederschläge ein. Dies ist auch der Fall, wenn die Meeresluft, z. B. vom Mittelmeer, über die Alpen klettern muss: sie kühlt sich beim Steigen ab, die Südflanke der Alpen (Tessin) hat Regen, während im Norden Föhnauhellungen auftreten.

9.8.4 Der Luftdruck. – Nicht der absolute Druck, sondern der Luftdruckunterschied ist entscheidend für die Windrichtung. Ebenso kann man aus der Windrichtung nicht ohne weiteres auf Niederschläge schliessen. Trockene Winde ergeben keine Niederschläge und feuchte, warme, nur dann, wenn sie irgendwie abgekühlt werden. Die Faktoren, die das Wetter bestimmen, sind sehr vielfältig. Ein hoher Luftdruck ist nur eine wichtige Voraussetzung für schönes Wetter, aber auch ein niedriger Luftdruck bedeutet nicht unbedingt Regen. Wichtiger als der bestehende Luftdruck ist die Änderung desselben z. B. innerhalb einer halben Stunde. Je rascher sich der Luftdruck ändert, umso unruhiger sind die Luftmassen. Deshalb sind rasches fallen oder steigen des Barometers ein Zeichen unbeständigen Wetters.

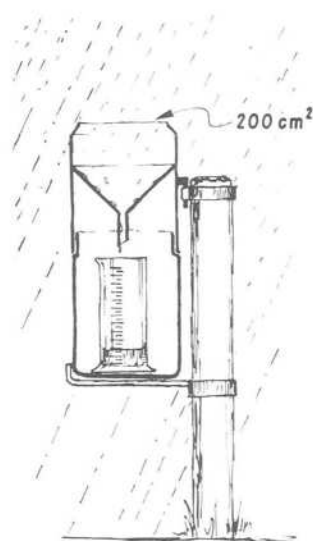
9.8.5 Wolken – Nebel. –Nebel sind Wolken, die den Erdboden berühren. Man spricht aber auch von Hochnebel und Nebelbänken. Wolken und Nebel bestehen aus lauter kleinen Wassertropfen von kondensiertem Wasserdampf, die in Schichten oder Haufen in der Luft zu schweben scheinen. Tatsächlich schweben sie nicht, denn Wasser ist schwerer als Luft. Die Tröpfchen fallen beständig. Weil aber die Luft unterhalb der Wolke wärmer und trockener ist, «schmelzen» die Wolken unten weg, d.h. die Tröpfchen verdunsten und werden zu unsichtbarem Wasserdampf. Oberhalb der Wolke fliessen neue feuchte Luftmassen hinzu, deren Feuchtigkeit sich zu Tröpfchen kondensiert. So bleibt die Wolke scheinbar in glei-

sescha, lu sesligia il nibel; sefuor-
man denton pli bia novs daguots che
quei ch'ei po sesligiar, crescha il ni-
bel. La carschen della neblusadad
vegn sustenida entras transport
d'aria freida e humida cun pressiu
bassa, ferton ch'il transport d'aria
schetga e caulda favorisescha la sli-
giazion dils nibels. Sligiazion e sclar-
idas vegnan secapescha sustenidas
entras il defluir dell'aria ded aulta
pressiu.

9.8.6 Las precipitaziuns. – Per in
motiv u l'auter san ils daguots de ni-
bels u de neblas seunir a formaziuns
pli grondas. Quellas pon, curdond
tras l'aria, buca se vaporisar dil tut.
La spertadad de curdada ei memia
gronda, pli gronda che la spertadad
dil vent montont. Ils daguots conton-
schan il plaun sco plievgia. La for-
maziun de cristals de glatsch els
aults nibels sco era la formaziun de
neiv e garniala, ein eveniments
ch'ei aunc buca perscrutai dil tut.
Nus lein allegar mo ina teoria per la
naschentscha dellas differentas
fuormas de precipitaziuns: secund
l'altezia sesanflan els nibels daguots
ded aua, cristals de glatsch ni da-
guots ded aua sursferdentai. Cun
sferdentar senza disturbi san ins
numnadamein rabbitschar aua ad ina
temperatura sut 0°C senza ch'ella
scheli. Quella marventada sa daven-
tar anetgamein entras stremblida u
ord auters motivs. Sco nus vein gia
viu sa vapur ded aua era daventar di-
rectamein glatsch, q.v.d., sch'il va-
pur entra en stresas freidas. Entas
uniun de floccas de neiv cun da-
guots sursferdentai che schelan en
quei mument, seresulta bischa sec-
ca. Ei la calira della tiara pli gronda,
sesaulza l'aria spert ensiviar e ca-
tscha la bischa secca tier ils daguots
ded aua surschelada, e da quella mi-
scheida sefuorma garniala. Sia
structura lai supponer ina tala for-
maziun. Perquei croda garniala
adina all'entschatta d'in uradi suen-
ter in cauld di cun ferm vent ascen-
dent sut nibels de migliac.

cher Höhe stehen. Bei längerer Be-
obachtung merkt man jedoch, dass
sie beständig ihre Form ändert. Ver-
dunstet mehr als sich kondensiert,
löst sich die Wolke auf, entstehen
hingegen mehr neue Tropfen als
sich auflösen können, wächst die
Wolke. Die Zunahme der Bewölkung
wird unterstützt durch Zufuhr kalter
und feuchter Luft bei niedrigem
Druck, während die Zufuhr von trok-
kener, warmer Luft die Auflösung
der Wolken bewirkt. Diese Auflösung
und Aufheiterung wird natürlich
durch das Abfließen der Luft bei ho-
hem Druck unterstützt.

9.8.6 Die Niederschläge. – Vereini-
gen sich aus irgend einem Grund die
Wolken- oder Nebeltropfen zu grö-
sseren Gebilden, können sie beim
Fallen nicht ganz verdunsten. Die
Fallgeschwindigkeit ist zu gross,
grösser als die Geschwindigkeit des
Steigwindes. Solche Tropfen errei-
chen den Boden als Regen. Die
Bildung von Eiskristallen in den
hohen Wolken, sowie die Enste-
hung des Schnees und des Hagels,
sind komplizierte Vorgänge, die
noch nicht ganz erforscht sind. Es
soll nur eine Ansicht für die Ent-
stehung der verschiedenen Nieder-
schlagsformen erwähnt werden: Je
nach der Höhe befinden sich in den
Wolken Wassertropfchen, Eiskristal-
le oder unterkühlte Wassertropfen.
Bei störungsfreier Abkühlung kann
man nämlich Wasser auf eine Tem-
peratur unter 0°C bringen ohne
dass es gefriert. Die Erstarrung
kann durch Erschütterung oder aus
andern Gründen plötzlich stattfin-
den. Wie wir gesehen haben, kann
auch Wasserdampf direkt zu Eis
werden, d.h. zu Schneeflocken,
wenn der Dampf in sehr kalte
Schichten gelangt. Durch Vereini-
gung von Schneeflocken mit unter-
kühlten Wassertropfen, die dann ge-
frieren, entstehen Graupeln. Wenn
bei grösserer Erdwärme die Grau-
peln von der steigenden Luft nach
oben getrieben werden, vermischen
sie sich mit unterkühlten Wassert-
tropfen und bilden Hagelkörner, de-
ren Struktur diese Entstehung ahnen
lässt. Deshalb fallen sie immer am

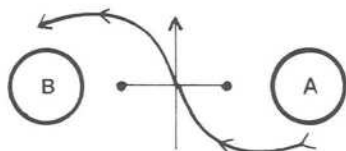


La plievgia vegn mesirada cul
pluviometer. In vischi cun in cert
diameter (200 cm^2) vegn expo-
nui el liber. La plievgia croda
sco il dessegn muossa en in vi-
schi che sesanfla el vischi exte-
riur. Quei indrez evitescha sbagls
de vaporisaziun. Ins mesira l'aua
en mm altezia. Ina altezia de
 0.3 mm vegn quintau per pliev-
gia. Ei dat dis cun nuot aua u era
cun 50 mm , gie perfin sur
 100 mm . Igl entir onn mesiran ins
en nossas cuntradas muntagnar-
das $1000\text{--}1200\text{ mm}$. Tut l'aua digl
entir onn dess pia biabein in m
altezia. Sch'ei neiva, vegn quella
luada epi mesirau l'aua. 10 cm
neiv normala dat ca. 10 mm aua.

Per nossa cuntrada dat ei pliras
staziuns de plievgia, che mesiran
la plievgia ed era l'altezia de neiv
etc. Ina staziun meteorologica
posseda la scola claustrala de
Mustér. Leu vegn mesirau buna-
mein tuts ils elements che per-
tuccan l'aura. Quellas observa-
ziuns vegnan trasmessas treis
gadas a di per telefon. Perquei
ch'igl ei difficil d'anflar buns e fi-
dai observaders, vegnan ins
plaunsiu sfurzaus, de construir
staziuns totalmein automaticas
che mesiran e transmettan tut
senza agid de carstgauns.

La troposfera ei il reginavel della aura. L'aria cula buca directamein dalla pressiu aulta (A) alla pressiu bassa (B). Entuorn A van ils vents en direcziun digl indisch dell'ura (dretg entuorn), entuorn B il cuntrari.

Tenor il meteorolog Buys Ballot (1817–1890) san ins statuir la regla: Sufila cun tia bucca sco il vent sufla, sevolva per ca. 30° dretg entuorn. Lu muossa tia ureglia dretga encunter A, e la seniastra encunter B. – Sch'ins enconuscha la posiziun ded A e B, meinan ins il tgau che l'ureglia dretga miri encunter A, volva il tgau a seniestar per ca. 30°. Lu san ins suflar agrad ora ella direcziun ch'il vent vegn a suflar.



Explicaziun della representaziun grafica

La tabella grafica indichescha si-dengiu las uras della levada u rendida dil sulegl per mintga 20 minutas. Ins sa tgunschamein interpoler era mintga 5 minutas; quei ei in quart dil denter spazi. Vidaneu ein indicai ils meins ch'ins sa era parter en quater jamnas. Il temps denter las 10.00 e 15.00 ei omiss. Pil cuoz entir digl avonmiezd ston ins aschunscher 2 uras, per quel de suentermiezd 3 uras, pigl entir di 5 uras.

Dallas lingias cun cefras indicheschan quella sura la media dil cuoz d'avonmiezd dil meins correspondent; quella sut vala en quei senn per suentermiezd, e las cefras enamiez muntan la summa pigl entir di. En mintga gruppa de quater cefras indicheschan las empremas duas il cuoz en uras e las duas davosas il cuoz en minutas. Per exempel 0637 vul dir in cuoz de 6 uras e 37 minutas.

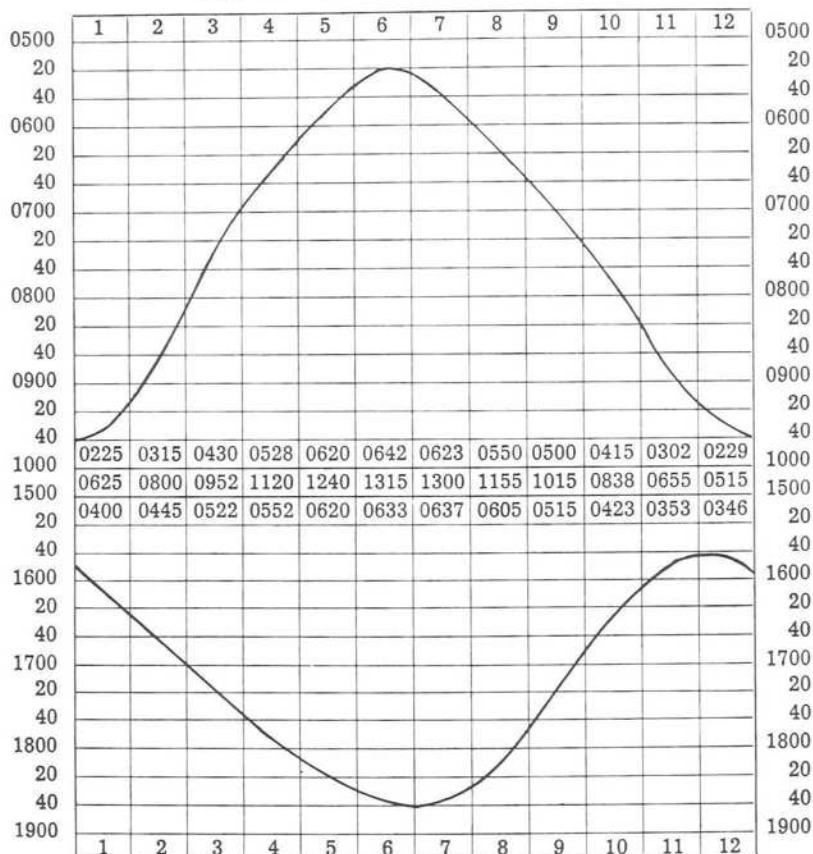
9.8.7 L'insolaziun. – L'insolaziun dependa dalla niblusadad e dalla propertad dell'aria. Per mintga cuntrada san ins calcular ord la situaziun dil horizont la maximala cuzzada de sulegl. Ella ei per la cuntrada della Surselva ca. 3 500 uras ad onn. Quei cuoz de sulegliada valess sche ei dess buca nebla e nibels. Facticamein dat ei intragliauter tier nus mo circa 1750 uras sulegl, quei ei 50% dellas uras de sulegl pusseivel. Ei dat loghens en Svizra cun in pli grond cuoz de sulegliada, mo era tals cun pli pintga insolaziun, p.ex. Locarno–Monti cun 58%, Turitg–Kloten cun mo 37%.

Anfang eines Gewitters nach einem heissen Tag mit starkem Aufwind unter den Haufenwolken.

9.8.7 Die Insolazion. – Die Einstrahlung der Sonne ist von der Bewölkung und von der Reinheit der Luft abhängig. Für jede Gegend kann man die maximale Sonnenscheindauer aus der Lage des Horizonts berechnen. Sie beträgt für die Gegend der Surselva etwa 3 500 Stunden jährlich. Diese Zahl der Sonnenscheindauer würde gelten, wenn es keine Wolken und keinen Nebel gäbe. Tatsächlich scheint die Sonne im Durchschnitt bei uns nur etwa 1 750 Stunden, das sind 50% der möglichen Stunden. Es gibt Orte in der Schweiz mit einer grösseren, aber auch solche mit einer kleineren Sonnenscheindauer, z.B. Locarno-Monti mit 58%, Kloten mit nur 37%.

Cuoz maximal de sulegliada per la Lumnezia

Staziun d'observaziun a Rumein



La constanta solara indicada pli baul de 2 cal/cm² vala sco media per l'entira surfatscha de nossa tiara, pia era per l'insolaziun sin nibels e neblas. Ellas retegnan ils radis dil sulegl, han denton lur gronda muntada per l'economia della calira terrestre, de-mai che la condensaziun dil vapor ded aua porscha calira e scaulda cheutras il contuorn, e perquei che las neblas retegnan cunzun da notg ina part della radiaziun terrestre, ton che la calira recepida dalla tiara il di sa buca vegnir radiada entiramein viadora egl univers ed ir aschia a piarder per nus.

Die früher angegebene Solarkonstante von 2 cal/cm² gilt als Durchschnitt für die ganze Erdoberfläche, also auch für die Einstrahlung auf die Wolken. Sie halten die Sonnenstrahlen ab, haben aber auch ihre grosse Bedeutung im Haushalt der Erdwärme, weil die Kondensation des Wasserdampfes Wärme abgibt, und somit die Umgebung erwärmt. Die Wolken, bzw. den Wasserdampf, können einen Teil der Erdstrahlung besonders nachts aufhalten, so dass die am Tage von der Erde aufgenommene Wärme nicht restlos ins Weltall abgestrahlt wird und verloren geht.

Relaziuns en Surselva

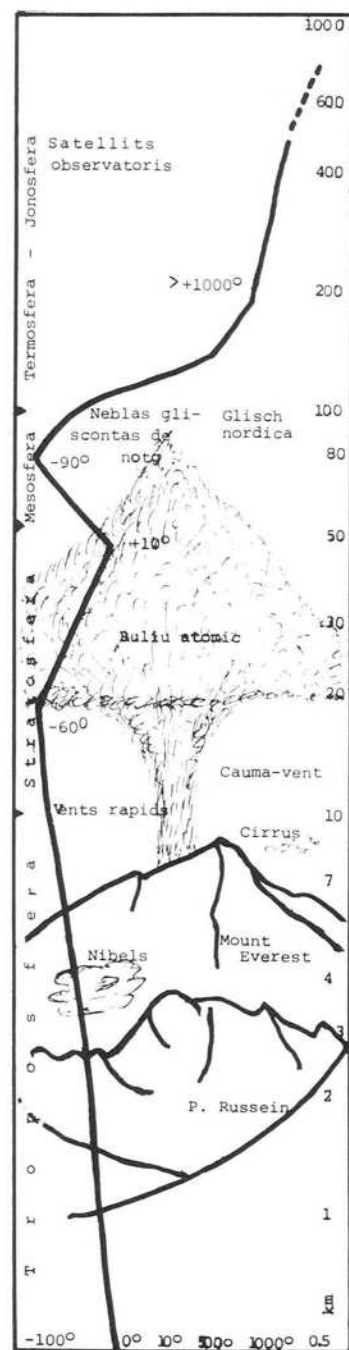
La muntada de quellas cefras, dil cuoz maximal, effectif e relativ semuossa pér sch'ins pareglia ellas cun quellas ded autras cuntradas. En Svizzeria dat ei 55 staziuns solaras. Da quellas ein 8 el Grischun, numnadamein: La Cuort Planta (Landquart), Arosa, Weissfluhjoch, Tavau, Beiva, S. Murezi, Scuol, Mustér. La gliesta che suonda indichescha per entginas staziuns il cuoz maximal, effectif e relativ.

Staziun meteorologica	Cuoz maximal en uras	Cuoz effectif en uras	Cuoz relativ en %
Basilea	4181	1677	40
Genevra	4103	2036	50
Lucerna	4107	1541	38
Turitg-Kloten	4105	1532	37
Locarno-Monti	3933	2286	58
Arosa	3699	1818	49
S. Murezi	3570	1805	51
Mustér	3540	1763	50

(Grafica da maun dretg):

Profil dell'atmosfera. – La scala dellas altezias vegn ensiviarts pli e pli stretga! Ella troposfera se-diminuescha la temperatura ca.

per 6 grads sin 1000 m altezia. En nossas altezias po quei esser tochen 1 grad per 100 m. Ella stratosfera sesbassa la tempera-



tura tochen -60° e sescaulda lu tochen sin +10°. Il pli freid eis ei ella mesosfera (-90°) ed il pli cauld ella termosfera (pli che 1000°). Quella regiun ha era num jonosfera, perquei che leu vegn l'atmosfera jonisada entras igl effect digl sulegl.

