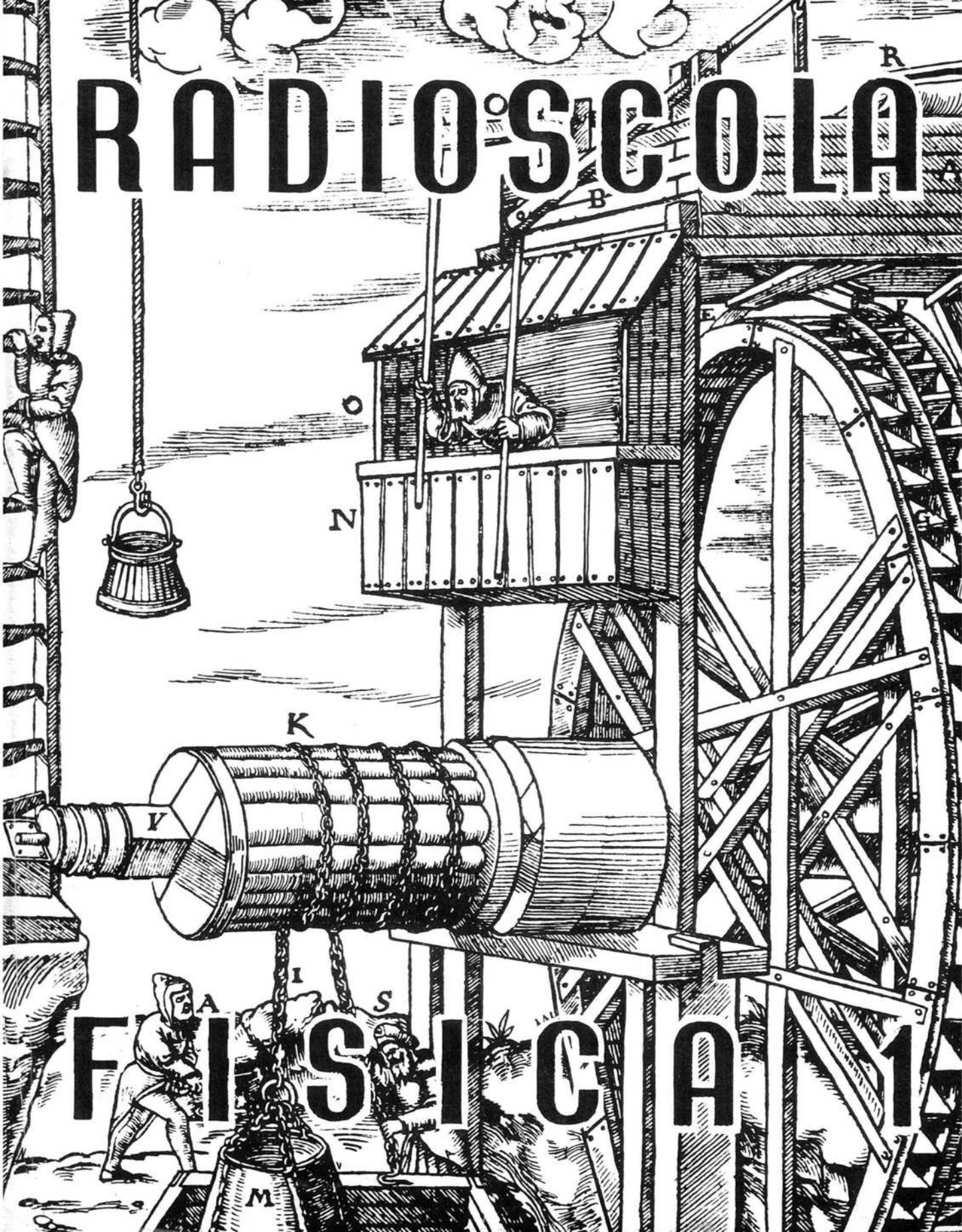


RADIO SCOLA



FISICA

Fisica experimentala 1

PER SCOLAS REALAS E SECUNDARAS

Elaborada da

P. Flurin Maissen

Boris Novak

Alfons Maissen

Redacziun e realisaziun
Alfons Maissen

Desegns: Boris Novak

Legendas: P. Fl. Maissen

Versiun romontscha: A. Maissen

INTRODUCZIUN

Il quater cudischets de Radioscola che suondan ein dedica all'instrucziun de fisica per nossas scolas realas e secundaras. La selecziun della materia corrispunda circa als basegns. Per part ein era las pli recentas retschercas e resultats della scienza vegni risguardai. La presenta lavur savess survir d'exempel per ulteriuras lavurs de quei gener per auters roms della scienziass naturalas.

In'emprema formulaziun de quest compendi ei stada fatga per tudestg da dipl. ing. SIA Boris Novak. Ella fuva stada concepida cun translaziun romontscha per il scalem gimnasial. Per s'adaptar meglier all'entelgientscha de nossas scolas realas e secundaras essan nus sedecidi per ina secunda redacziun. Quella ei vegnida surdada a P. Flurin Maissen, professor de matematica, fisica e mineralogia alla scola claustrala de Mustér. L'adaptaziun al lungatg romontsch ei vegnida realisada dal redactor della Gasetta Radioscola en collaboraziun cun P. Fl. Maissen, che ha era redigiu la part della legendas. La fixaziun dils terms technics ha beinduras caschunau considerablas difficultads, schegie ch'ils auturs han fatg diever de numerus compendis e vocabularis technics de lungatg jester. Buca tut ei reussiu tenor giasch. Ulteriuras ediziuns san far remadura.

Il varga 200 desegns technics originals ein vegni fatgs da Boris Novak della ETH. El ei era sefatschen-taus dils maletgs de cuviarta.

La materia fisica ei disponida metodicamein, repartida en quater parts principalas: *Mehanica*, *Calorica*, *Undica* ed *Electrica*, ed en differentas subdivisiuns. Per facilitar l'enconuschientscha dils terms e della expressiuns tudestgas vein nus mess sper il lungatg romontsch era il text tudestg. Il maletgs aglur della paginas han lur legendas mo en viarva romontscha.

Las emissiuns sezzas ein vegnidas preparadas da dr. P. Fl. Maissen. Ellas sebasan sin naparts experiments descrivi ed exemplificai ella Gasetta Radioscola. Classas realas e secundaras survegnan mingamai avon l'emissiun in entruidament. Aschia san ils experiments vegnir fatgs senza difficultads durant la lecziun. La preparaziun davart la scola ei denton necessaria per saver suandar ils experiments senza difficultads. In'attracziun tut speciala vegnan las diversas concurrenzas ad haver, che vegnan combinas culla materia docida.

Cuera, ils 29 de mars 1976

Il redactor: Alfons Maissen

TABLA DELLAS MATERIAS

INHALTSVERZEICHNIS

A. MECANICA

Capetels	paginas	capetels	paginas
1. Entruidament el mund della fisica Einführung in die Welt der Physik	5	3.3.1 Peisa e massa Gewicht und Masse	15
1.1 Confruntaziun culla natira Begegnung mit der Natur	5	3.3.2 La peisa specifica Das spezifische Gewicht	15
1.2 Fisica experimentalta Experimentalphysik	5	4. Statistica dils corps solids Statik der festen Körper	16
1.3 Fisica el survetsch della carstgaunada Physik als Dienst an die Menschheit	6	4.1 La noziun statica dellas forzas Der statische Kraftbegriff	17
A. MEHANICA – MECHANIK		4.2 La pressiu statica Der statische Druck	17
2. Qualitats generalas dils corps Allgemeine Eigenschaften der Körper	6	4.2.1 Exempel de calculaziun Berechnungsbeispiel	18
2.1 La materia e siu esser agregatic Die Materie und ihre Aggregatzustände	6	4.3 La lavur considerata staticamein – La prestaziun Die Arbeit statisch betrachtet – Die Leistung	19
2.2 Moviment, midada (mutaziun) e temps Bewegung, Veränderung und Zeit	7	4.4 Remarcas concernent il sistem de mesira Bemerkungen zum Messsystem etc.	20
2.3 Expansiun, spazi, color Ausdehnung, Raum, Farbe	8	4.4.1 Dimensiuns Dimensionen	20
2.4 Peisa, forza, inerzia, massa Gewicht, Kraft, Trägheit, Masse	9	4.4.2 Proporzionalitad directa ed indirecta Direkte und indirekte Proporzionalität	21
3. Il sistem tehnic de mesira Das technische Mass-System	10	4.5 Condiziuns d'equiliber tier semplas maschinen Gleichgewichtsbedingungen bei einfachen Maschinen	22
3.1 Mesiraziun della lunghezia – surfatscha, volumen ed anghel sco grondezia deducida Messung der Länge – Fläche, Raum und Winkel als abgeleitete Grössen	11	4.5.1 Asta, terschiel e suga, tgamun Stange, Seil, Deichsel	22
3.2 La mesiraziun dil temps Die Messung der Zeit	14	4.5.2 Forza e cunterforza Kraft und Gegenkraft	23
3.3 La mesiraziun della forza el sistem tehnic de mesira Die Messung der Kraft im technischen Masssystem	14	4.5.3 Mument rotativ, agra, stadera Drehscheibe, Hebel, Waage	23
		4.5.4 Spunda inclinada Die schiefe Ebene	25

4.5.5	Center de grevezia, stabilitad Schwerpunkt, Standfestigkeit	26	8.1	Il moviment uniform buca accelerau Die gleichförmige unbeschleunigte Bewegung	41
4.5.6	La fricziun Die Reibung	27	8.2	8.2.1–8.2.3: Exempels 8.2.1–8.2.3: Beispiele	41
4.5.7	Pensum Aufgabe	29	8.3	Il moviment accelerau Die beschleunigte Bewegung	42
5.	Il special secuntener static dils liquids Das besondere statische Verhalten der Flüssigkeiten	29	8.4	8.4.1–8.4.2: Exempels 8.4.1–8.4.2: Beispiele	45
5.1	La pressiu statica d'in liquid Der statische Flüssigkeitsdruck	29	8.5	La noziun dinamica de forza Der dynamische Kraftbegriff	45
5.2	Recipients colligai u communicants Vergundene Gefässe	30	8.6	8.6.1–8.6.2: Exempels 8.6.1–8.6.2: Beispiele	46
5.3	Il catsch ascensional Der Auftrieb	32	8.7	L'energia de moviment (energia chinetica) Die Bewegungsenergie (Kinetische Energie)	47
6.	Las qualitäts specialas dils gas Die besonderen Eigenschaften der Gase	33	8.8	Il sistem de mesira MKS (Remarca) Das MKS-Masssystem (Bemerkung)	48
6.1	La peisa dell'aria – Pressiu dell'aria Das Gewicht der Luft – Luftdruck	33	8.9	Exempels practics Berechnungsbeispiel	49
6.2	Compressibilitad dell'aria – La lescha de Boyle-Mariotte Zusammendrückbarkeit der Luft – Das Boyle-Mariottesche Gesetz	35	8.9.1	Exempel: Energia chinetica d'in auto Beispiel: Kinetische Energie eines fahrenden Autos	49
6.2.1	Exempel d'in gas comprimi Beispiel einer Druckflasche	35	8.9.2	Exempel per la dubla spertadad Beispiel für die doppelte Geschwindigkeit	49
6.3	Sifons, pumpas e squetras Heber und Pumpen, Spritzen	36	8.10	Il fluir dils liquids e gas – lur dinamica Das Fliessen der Flüssigkeiten und Gase – Ihre Dynamik	50
7.	Structura della materia e qualitäts moleculares Aufbau der Stoffe und Molekular- eigenschaften	37	8.10.1	Il current laminar e turbulent Laminare und turbulente Strömung	50
7.1	Las parts elementaras de materia – Il garter spazial Die kleinsten Stoffteile – Das Raumgitter	37	8.10.2	La pressiu statica e dinamica Der statische und dynamische Druck	51
7.2	Adhesiun, cohesiun, tensiun de surfatscha e capillaritad Adhäsion, Kohäsion, Oberflächen- spannung und Kapillarität	39	8.10.3	Resistenza dil fluent – Fuorma aerodinamica – catsch ascensional Widerstand beim Strömen – Stromlinienform – Dynamischer Auftrieb	51
8.	Entruidament ella chinematica e dinamica Einführung in die Bewegungslehre und Dynamik	41	8.11	Specias de lavur e d'energia – Il principi d'energia Arten der Arbeit und der Energie – Erster Energiesatz	52

Fisica experimentala

1. Entruidament el mund della fisica

Introducziun

1.1 Il carstgaun stat enamièz la natira e sto sco singul individi u sco commember della cuminonza humana adina puspei s'occupar cun quella. Tonaton eis el buca senz'auter el cass de giudicar ils fenomens de siu contuorn en moda exacta e gesta. La fisica sco scienza renda nus stgis a megliera capientscha.

Cull'arrivada dil carstgaun sin quest mund daventa era l'enconuschientscha della natira indispensabla per segirar alla carstgaunadad la veta e la pusseivladad de viver. Igl ei adina stau ina greva incumbensa de tschaffar las raschuns e consequenzas d'in fenomen della natira. Per entras gronda experienza ha il carstgaun p.ex. empriu de seschurme-giar dalla ferdaglia, empriu d'encurir vivonda, de far e duvrar uaffens. Entas stedia observaziun e paregliaziun ein biars fenomens dil contuorn daventai capeivels al carstgaun.

Quei che nus vein empriu gia d'affon, formescha la basa de nossas enconuschientschas fisicalas. Tgi de nus ei buca gia scarpitschus sur impediments e sefatgs mal in schanugl, tgi ha buca zacu barschau sia lieunga cun beiber latg memia caulds, tgi buca resentiù la recenta glish la damaun beinmarvegl e buca giu tema d'in griu anetg ella tgeua notg? Autras experientschas per part capeivlas, per part nunper-tschartablas ein ils fenomens della natira sco per exempel tun e cametg, il tiaratriembel, urezis tempistast etc.

1.2 Tut quellas observaziuns ha il carstgaun ordinau cul temps ed aschia scaffiu il fundament della scienza naturala. Per saver observar

1. Einführung in die Welt der Physik

Einleitung

1.1 Der Mensch steht mitten in der Natur und muss sich als Einzelwesen oder als gesellschaftliches Glied der Menschheit immer wieder mit ihr auseinandersetzen. Er ist nicht immer imstande, die Erscheinungen seiner Umwelt richtig zu beurteilen. Dazu kann ihn die Physik als Wissenschaft befähigen.

Seit Menschen auf der Erde leben, ist die richtige Erkenntnis der Natur unbedingt notwendig, soll die Erhaltung des menschlichen Geschlechts und sein Lebensraum gesichert werden. Das Erfassen der Ursachen und Folgen einer Naturerscheinung ist immer eine schwierige Aufgabe gewesen. Erst durch lange Erfahrung lernte der Mensch z. B. sich vor Kälte zu schützen, Nahrung zu suchen, Werkzeuge herzustellen und zu gebrauchen. Nach und nach wurden dem Menschen dann viele Erscheinungen der Umwelt durch die stetige Beobachtung und Vergleichung zur Selbstverständlichkeit.

Was wir schon als Kinder erfahren, bildet die Grundlage des physikalischen Wissens. Wer ist nicht schon über Hindernisse gestolpert und hat Schmerzen an einem Knie verspürt, hat sich mit heisser Milch die Zunge verbrannt, beim Erwachen das Licht als störend empfunden, in der Stille der Nacht bei einem lauten Schrei Angst verspürt? Weitere Erfahrungen, zum Teil verständliche, zum Teil undurchschaubare, sind z. B. Naturerscheinungen wie der Blitz, das Donnern, das Erdbeben, Gewitter u. s. w.

1.2 Alle diese Beobachtungen hat der Mensch mit der Zeit geordnet und damit die Grundlagen der Naturwissenschaft geschaffen. Um be-



La tehnica ei l'applicaziun della scienza fisicala. Ella ei in cert resultat practic. Per capir la tehnica, igl aviun, il vapor, vias e conducts electricas, tuts nos indrezs per levgiar la veta, en casa e cuschina, e tuttas maschinas pil diever de mintgadi, stuein nus bunamein prender dapart toc per toc e studegiar las parts per capir igl entir.

Co sa igl aviun sgular, schegie ch'el ei pli grevs che l'aria? Tgei catsch-ensi tegn el en ballontscha? Co fa igl aviun per semenar, per setschentar? – Co eis ei pusseivel de transmitter per mied ded in fildrom energia electrica, gie perfin senza fildrom discuors e maletgs sin grondas distanzas? – Co sa la tehnica s'adapta all'aura, co vegn ella a frida de dumignar tut ils fenomens? – Damondas senza fin!

mein cheu, sco p.ex. aua, lenn, aria. Per far novas materias combinadas duvrein nus materias ch'existan gia ella natira. Ellas ein solidas, liquidas e gasusas. La medema materia sa exister en tuts treis stadis. La materia aua p.ex. sa esser in element liquid, mo era gasus en fuorma d'aria, e solid, en fuorma de glatsch. Tals stadis numnein nus stadis aggregatics. Tuttas substanzas savein nus observar cun nos senns; nus savein tschaffar ellas, ferdar, veser, midar ellas entras forzas. Nus schein che las substanzas seigien enzatgei materialic. Cun tucrar sentin nus sch'enzatgei ei cauld ni freid. Nus savein far bogn la stad en in flum, l'aua d'ina fontauna ei frestga, il vapur d'aua ei caulds, igl unviern ei il flum schelous, il glatsch dirs e freids. La temperatura decida schebein ina materia ei solida, liquida u gasusa.

2.2 Moviment, midada (mutaziun) e temps

Sche nus contemplein plirs corps ei medem temps, vesein nus immediat, che negins de quels san sesanflar ei liug nua che stat gia in auter. In tgiert sa scumiar siu plaz, sedeplazar, semagliar, vegnir purtaus naven dall'aua ni dal vent. Cunzun carstgauns u animals san muentar corps. Quei daventa savens fetg spert. Auters corps vegnan per exempel smanizzai per suenter tschenteners entras auras, demoli, transportai e puspei deponi zanua.

Tutta materia sa semover, vul dir: midar liug. Nus plidein de moviment era sche la materia semida egl intern, sche fier fa p.ex. ruina, ni sche lenn brischa. Fier e ruina ein materias differentas, semegliantamein lenn e tschendra. Ina materia va vi en in'otra. La semidada de materia ei pia de considerar per in moviment.

Mintga semidada, sperta ni plauna, drova temps. En connex cun moviments e semidadas plidein nus de spertadad. Senza temps savein nus

einfach da sind, z.B. Wasser, Holz, Luft. Zur Herstellung brauchen wir die Stoffe, die schon von Natur aus vorhanden sind. Die sind entweder fest, flüssig oder gasförmig. Ein und derselbe Stoff kann alle drei Zustandsarten haben, z.B. Wasser kann als Eis fest, als Wasser flüssig, und als Dampf gasförmig sein. Diese Zustände nennen wir Aggregatzustände. Alle Stoffe können wir mit unseren Sinnen wahrnehmen; wir können sie fassen, riechen, sehen oder durch Kräfte verändern. Wir sagen, sie seien materiell. Beim Anfühlen empfinden wir, ob etwas warm oder kalt ist. In einem Fluss können wir im Sommer baden, das Wasser einer Quelle ist frisch, der Wasserdampf ist heiss und im Winter ist der Fluss gefroren, das Eis hart und kalt. Die Temperatur bestimmt, ob ein Körper fest, flüssig oder gasförmig ist.

2.2 Bewegung, Veränderung und Zeit

Betrachten wir verschiedene Körper zugleich, erkennen wir sofort, dass keiner sich am gleichen Ort befinden kann, wo schon ein anderer ist. Aber der Körper kann seinen Platz vertauschen, kann wegrutschen, vom Wasser oder vom Wind weggetragen werden. Besonders Mensch und Tier können die Körper bewegen. Dies geschieht oft sehr rasch. Andere Körper werden z.B. durch Witterung erst in Jahrhunderten oder Jahrtausenden zerkleinert, abgebaut, wegtransportiert und irgendwo wieder abgelagert.

Alle Stoffe können sich bewegen, d.h. ihren Ort verändern. Wir reden von Bewegung auch dann, wenn die Materie im Innern sich verändert, wenn z.B. Eisen rostet oder Holz verbrennt. Eisen und Rost sind verschiedene Materien, ebenso Holz und Asche. Ein Stoff geht in einen andern über. So ist die Veränderung der Materie als eine Bewegung aufzufassen.

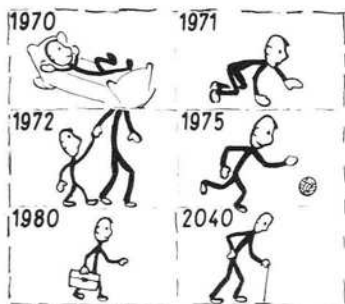
Mag eine Veränderung rasch oder langsam vor sich gehen, immer braucht es Zeit dazu. So reden wir bei Bewegungen und Veränderun-

Tuts corps han ina extensiun ni grondezia ed autras qualitats ch'ei lur atgna proprietad u realisadas entras la natira entuorn els, u era entras il carstgaun. Quels corps san per exempel era vegnir muentai u ein gia en moviment permanent. Cun nos senns savein nus differenziar materias e corps caulds e freids, glischs e gruvis, dirs e loms, veseivels e nunveseivels. Tuttas quellas relazioni multifaras vegnin nus a counterponer ed ad ordinar. Aschia seresultan leschas claras ed entelgeivlas, allas qualas tuts ils effects de mutaziun della materia ein suttaposts.



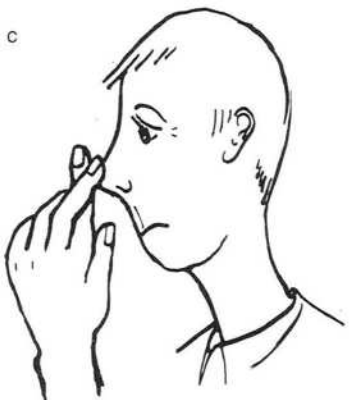
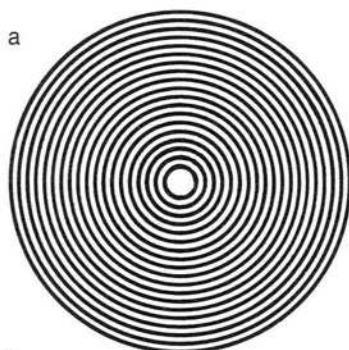
Midadas e moviments dat ei senza fin ella natira, midadas externas, per exempel il crescher dil di, il sulegl che percuora il tschiel, las differenzas della damaun, miezdi, suentermiezdi, sera e notg, midadas internas, per exempel il latg che vegn caulds, il glatsch che liua e daventa aua; midadas anetgas, per exempel la camegiada e siu tun; midadas plaunas sco per exempel il far ruina ded ina quota-fier u il crescher d'in carstgaun.





Ei dat midadas che ins sa buca retener, midadas ch'ins sa manipular u reglar, midadas ch'ins giavischa ed autras ch'ins vul evitar. Sut tut autras leschas statan midadas spirtalas, per exempel midada de character, midada d'opiniun, midadas el sentir, vuler e carezar.

Nos senns san enten observar disdir: Quellas duas travs (b) horizontalas ein lingias tuttina liungas; cun metter ils dets aschia, han ins dus nas (c), e la roda de rintgas semova pauc tec ch'ins muenta il maletg (a).



insomma buca imaginar ils objects. Nus sezs duvrein temps per enconuscher els. Nus mein a scola e duvrein leutier magari enzacontas minutas ni era in'entira mesura. Ina quota nova fa buca immediat ruina, drova leutier enzacons dis ni schizun jamnas. Mo adina ein moviments u semidadas colligiadas cul temps. Daventar e vargar, nescher, crescher e murir ein noziuns che stattan continuadamein en relaziun culla semidada della materia. Cun raschun schein nus che materia stetti en perpeten moviment.

2.3 Expansiun, spazi, color

Sche nus empruein de zuppar causas ni objects pli pigns, sco p.ex. ina quota ni in cudisch, va quei tgunschamein, demai che omisduas caussas drovan pign plaz. Cun ina sutga u meisa fuss la caussa gia pli difficila. Per mintga caussa duvrein nus pia in spazi che corrispunda a sia grondezia, demai che tuts ils corps han ina extensiun spaziala. Il latg ded in ruog ha bein plaz en ina cazzetta, mo buc en ina scadiola. Il spazi savein nus s'imaginar pigns u gronds. Adina denton constatein nus ina confinaziun: la scatla ha preits, semeglientamein la stanza, la casa; in vitg ha ses confins, era il mund ed igl univers. Nus savein mo ual vess imaginar in spazi enten il qual nuot exista e che ha negins confins. Spazi daventa per nus entras las caussas, ils objects ch'eiin lien.

Per saver tschaffar cun nos eglis las caussas en lur extensiun spaziala, ston ellas esser sclaridas ed astgan buca haver dapertut la medema color e la medema intensitad de glisch. Sin ina spunda de neiv tut uliva sa il skitur buca calcular la distanza. In tschiec sto palpignar e sondar in spazi cun gronda stenta per saver imaginar el. Quels dus davos exempels muossan eclatantamein che buca tuts nos senns ein tuttina bein adattai per observar las differentas qualitads dils corps.

gen von Geschwindigkeit. Ohne Zeit können wir uns die Dinge überhaupt nicht vorstellen. Wir selber brauchen Zeit, um sie zu erkennen. Wir gehen zur Schule und brauchen dazu vielleicht einige Minuten oder eine halbe Stunde. Ein blanker Nagel rostet nicht sogleich, sondern braucht einige Tage oder Wochen dazu. Aber immer sind Bewegungen oder Veränderungen mit dem, was wir als Zeit bezeichnen, verknüpft. Werden und Vergehen, Geburt, Wachstum und Tod sind Begriffe, die mit der ständigen Veränderung der Materie in Beziehung stehen. Wir sagen mit Recht, dass die Materie sich in ständiger Bewegung befindet.

2.3 Ausdehnung, Raum, Farbe

Versuchen wir, kleinere Gegenstände, z.B. einen Nagel oder ein Buch zu verstecken, so gelingt dies uns leicht, weil beide Gegenstände wenig Platz benötigen. Mit einem Stuhl oder Tisch wird es schon schwieriger. Für jeden Gegenstand brauchen wir also einen entsprechend grossen Raum, denn alle Körper haben eine räumliche Ausdehnung. Ein Krug Milch hat wohl in einer Pfanne Platz, aber nicht in einer Tasse. Räume können wir uns gross oder klein vorstellen. Immer aber nehmen wir eine Begrenzung an: Die Schachtel hat Wände, ebenso das Zimmer und das Haus, die Ortschaft hat ihre Grenzen und auch die Erde und das Weltall. Wir können uns keinen Raum vorstellen, in dem überhaupt nichts wäre und der keine Grenzen hätte. Raum entsteht für uns durch die Dinge.

Um mit den Augen Dinge in ihrer räumlichen Ausdehnung erfassen zu können, müssen sie beleuchtet sein und dürfen nicht überall die gleiche Farbe und Beleuchtungsstärke haben. Auf einer ganz glatten Schneefläche kann man beim Skifahren z.B. keine Entfernung schätzen. Ein Blinder muss in mühsamer Weise einen Raum abtasten, um ihn sich vorstellen zu können. Diese zwei letzten Beispiele zeigen deutlich, dass nicht alle unsere Sinne gleich geeignet sind, um die verschiedenen Eigenschaften der Körper zu beobachten.

2.4 Peisa, forza, inerzia, massa

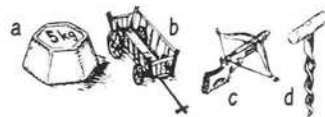
La qualitat de tuts ils corps d'esser grevs, d'haver peisa, secapescha aschi da sesez, ch'ins emblida savens quei fatg. Era ils gas han peisa; ins plaidda gie schi savens della pressiu d'aria. Nus schazegein la peisa d'in tgiert cun prender el enta maun. El pesenta sin nies maun. La pressiu d'in tgiert grev ei mo ina specia de forza, numnadamein quella che deriva dalla gravitaziun della tiara. Ei dat era forzas che derivan buc dalla gravitaziun della tiara, p.ex. la forza musculara, la forza d'ina materia explosiva etc. Ina forza sa semanifestar sco pressiu, tracziun, tensiu, stausch u sco torsiu. Sche nus tenin enta maun ina barra magnetica ed avischinein a quella in fier cun l'auter maun, sentin nus clar e bein ch'ei regia ina forza denter els. Ina rucla d'itschal che schai sin ina surfatscha neidia savein nus metter en rocla cul medem magnet, ni frenar ina rucla gia en moviment, era sviar ella dalla direcziun grada. Il rom d'in maler vegn sturschius engiuviars e tendius entras la carga della biara meila. Nus vesein pia che forzas san metter corps en moviment, mo era impedir lur moviment, provocar tensiuns e midadas de fuorma. Nua che tals fenomens sepresentan, supponin nus forzas che nus savein buca percorscher immediatamein cun agid de nos senns. L'esperienza muossa a nus numnadamein che corps semettan buc en moviment e sedeformeschan buca da sesez. Gie, nus savein perfin che corps en moviment, che vegnan frenai da negina fricziun, stattan buca eri da sesez. Quella qualitat dils corps numnein nus inerzia. La lescha dell'inerzia secloma: senza forzas jastras vegn in tgiert en ruaus mai en moviment, in tgiert en moviment mai en ruaus ni stratgs da sia direcziun rectiligna, ni deformaus.

Nus savein ch'ils corps ein silla glina sis ga pli levs che sin nossa tiara, demai che l'attracziun della glina ei pli

2.4 Gewicht, Kraft, Trägheit, Masse

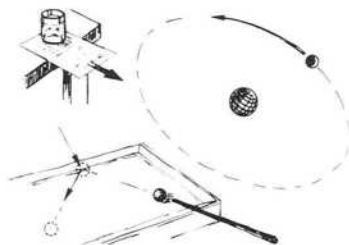
Die Eigenschaft aller Körper, schwer zu sein, ist so selbstverständlich, dass wir sie oft vergessen. Auch Gase haben ein Gewicht, reden wir doch so oft vom Luftdruck. Wir schätzen das Gewicht eines Körpers, indem wir ihn in die Hand nehmen. Er drückt auf die Hand. Dieser Druck eines schweren Körpers ist nur eine Art von Kräften, nämlich jene, die von der Erdanziehung stammt. Es gibt aber auch Kräfte, die nicht von der Erdschwere stammen, z.B. die Muskelkraft, die Explosionskraft eines Sprengstoffes usw. Eine Kraft kann sich auswirken als Druck, als Zug, als Spannung, als Stoss oder Drall. Wenn wir einen Magnetstab in der Hand halten und mit der andern einen Eisenstab in seine Nähe bringen, spüren wir deutlich, dass zwischen ihnen eine Kraft wirkt. Eine auf einer ebenen Fläche ruhende Stahlkugel können wir mit dem gleichen Magnet ins Rollen bringen, eine schon rollende Kugel bremsen, oder sie von der geradlinigen Richtung ablenken. Ein Baumast wird durch viele Äpfel nach unten gebogen und gespannt. Wir sehen also, dass Kräfte einen Körper in Bewegung setzen, ihn in seiner Bewegung hemmen, Spannungen und Formveränderungen hervorrufen können. Wo solche Erscheinungen auftreten, nehmen wir Kräfte an, die wir mit unseren Sinnen nicht unmittelbar wahrnehmen können. Die Erfahrung lehrt uns nämlich, dass Körper nicht von selbst in Bewegung geraten oder verformt werden. Ja wir wissen sogar, dass bewegte Körper, die von keiner Reibung gehemmt werden, von selbst nicht zur Ruhe kommen. Diese Eigenschaft der Körper nennen wir Trägheit. Das Trägheitsgesetz lautet: Ohne fremde Kräfte kommt ein ruhender Körper nicht in Bewegung, ein bewegter Körper nicht zur Ruhe oder aus seiner geradlinigen Richtung, noch ändert er seine Form von selbst.

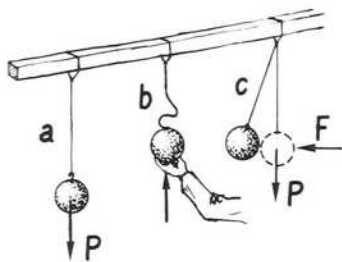
Wir wissen, dass die Körper auf dem Mond etwa 6 mal leichter sind als auf der Erde, weil die Mondanziehung



La peisa (a) de stadera smacca, squetscha, effectuescha ina pressiu. Il carr (b) vegn tratgs, la tracziun ha per consequenza ina tensiu el tgamun. Tensiu muossa era il ballester (c), che vegn stendius, la forza della pleva tila la corda e quella dat in catsch u impuls al paltet. La torsiu dil tradel u dil tilastappuns (d), ei ina forza de giraziun, per strubegiar, per dar in moviment radial. – Quei che nus numnein en general forza, ha biars nums ed expressiuns specificadas per mintga cass.

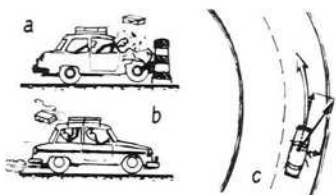
Ossum la meisa, sin in pupi tschentein nus in crapet u in toc fier. El stat sin meisa era sche nus targein naven dabot il pupi. – La glina gira entuorn la tiara senza calar, adina ella medema spertad. Ella ei ina gada enzacu stada messa en moviment, ed ussa resta quei moviment senza vegnir dil meins. – Ina hucla de bigliard rulla ella direcziun della frida tochen tier la zargia aulta de fletet della meisa. La cunterforza della zargia dat alla hucla ina autra direcziun. Il tausch e sia canera muossan ch'igl ei stau cheu ina forza jastra che ha midau direcziun.





La forza P della massa (huc)la vegn tratga dalla gravitad della tiara. Quella forza numnein nus la peisa della massa. Ella vegn mesurada ella dimensiun kp (kilopond). Il fil ei (a) stendius e neutralisescha la forza P cun trer ensi gest aschi fetg sco quei che P trai engiu. — Ussa sustenin nus ed alzein la massa cul maun (b). Il fil seslucca. La forza ch'ella duvrava de tener la massa vegn ussa remplazzada dalla forza dil maun. Quel senta ussa in squetsch, quei vul dir la peisa P che ha adina la direczion viers il center della tiara. — Nus schein puspei purtar il fil la massa, sco all'entschatta. Ed ussa dein nus ina frida cul maun da costas en alla massa (c). Malgrad che la peisa P ei neutralisada, perquei ch'il fil porta ella, sentin nus, dend la frida, ina cunterfrida, quei vul dir ina forza che sa buca esser la peisa P . Igl ei ina altra forza che deriva buca dalla attraccziun della tiara. Quella forza F numnein nus inerzia della massa.

a) Inerzia de moviment: In automobil vegn retenius anetgamein dad in mir. Ei seresulta ina forza ord la massa digl auto e siu moviment retardaus. Quella forza demolescha il mir ed igl auto. Las persunas egl auto vulan mantener lur movient e crodan anavon.



fleivla. Enzanua denter glina e tiara vegn in tgiarp attratgs tuttina ferm dad omisdus corps celests. En quei liug para el d'haver negina peisa. En medema moda vegn p.ex. la peisa d'ina rucla d'itschal compensada sche nus pendin ella vid in fil. Il fil vegn stendius, q.v.d. el trai schi fetg ensiviars sco quei che la rucla trai engiu. Alzein nus la rucla culla palma maun sche vegn il fil lucs e la peisa sefa sentir entras squetsch sil maun. Dein nus denton dalla vart viaden ina frida cul maun silla rucla «senza peisa», sche sentin nus ina pressiu, pia ina forza che deriva buca dall'attraccziun della tiara, v.d. buca dalla peisa della rucla. Quella forza stenda gie aunc adina il fil.

La medema forza vegness ins era a constatar el schinumnu camp liber de gravitaziun. El deriva buca dalla peisa u dalla «massa greva», mobein d'in'otra qualitat dils corps, la quala ei nunvariabla e independenta dall'attraccziun d'auters corps, ina qualitat ch'ins savess numnar «masa inerta» u semplamein «massa».

Di per di entupein nus forzas inertas, aschia cun caschun de lavurs corporalas, tiel sport, ded ir cun velo, egl auto u ella viafier, cunzun en connex cun segls gymnastics e striegn acrobatic. Baul eis ei l'inerzia dil ruau, baul quella dil moviment u della direczion che gida u impedescha nus. Nossa agilitad corporala ella lavur ed el sport consista fetg savens ella gesta applicaziun dell'inerzia.

3. Il sistem tecnic de mesira

Ils corps savein nus distinguer mo entras lur differentas qualitats. Nus paregliein ellas cun autras. Nus schein per exempel che in um seigi pli gronds che l'auter, ch'in crap seigi pli grevs che in toc lenn, che ils dis seigien pli liungs la stad ch'igl unviern etc. Sche nus pretendein ch'ei seigi curdau grossa garniala, savein nus atgnamein pauc. Megliera infor-

geringer ist. Irgendwo zwischen Mond und Erde wird der Körper von beiden Himmelskörpern gleich stark angezogen. Dort scheint er kein Gewicht zu haben. Genau gleich wird das Gewicht z.B. einer Stahlkugel aufgehoben, wenn wir sie an einem Faden aufhängen. Der Faden wird gespannt, d.h. er zieht so stark nach oben, wie die Kugel nach unten. Heben wir die Kugel mit der flachen Hand, so wird der Faden locker und das Gewicht macht sich durch Druck auf die Hand bemerkbar. Schlagen wir aber von der Seite her mit der Hand auf die «gewichtslose» Kugel, so spüren wir einen Druck, also eine Kraft, die nicht von der Erdschwere, d.h. vom Gewicht der Kugel stammt. Dieses Gewicht spannt ja immer noch den Faden.

Diese Kraft würde man auch in der sogenannten Schwerelosigkeit feststellen. Sie stammt nicht vom Gewicht, oder von der «schweren Masse» sondern von einer andern Eigenschaft der Körper, die sich nicht ändert und von der Anziehung anderer Körper nicht abhängig ist, eine Eigenschaft, die man mit «träge Masse» bezeichnet, oder ganz einfach «Masse» nennt.

Täglich begegnen uns die Trägheitskräfte, so bei der körperlichen Arbeit, beim Sport, beim Fahren mit dem Velo, im Auto oder in der Bahn, und besonders bei akrobatischen Kunststücken. Bald ist es die Trägheit der Ruhe, bald die der Bewegung oder der Richtung die uns hilft oder hindert. Unsere körperliche Gewandheit bei Arbeit und Sport besteht sehr oft in der richtigen Anwendung der Trägheit.

3. Das technische Mass-System

Die Körper können wir nur durch ihre verschiedenen Eigenschaften unterscheiden. Wir vergleichen sie miteinander. Wir sagen z.B. dass ein Mann grösser sei als der andere, dass ein Stein schwerer sei als ein Stück Holz, dass die Tage im Sommer länger seien als im Winter usw. Wenn wir behaupten, dass grosse Hagelkörner gefallen seien, so wis-

maziun dat la paregliaziun: garnials sco pugn. Nus paregliein pia cun caussas dallas qualas nus enconuschein gia las qualitats. Mo era ils pugn de differents carstgauns ein different gross. Perquei han ins statu bein-definidas grondezias cun las qualas nus savein paregliar en moda nundubiteivla tuttas las qualitats. Ils perderts ein seuni a treis grondezias fundamentalas, allas qualas ins sa reducir era las pli complicadas mesiraziuns. Las 3 grondezias fundamentalas secloman: *lunghezia, forza e temps*.

Avon che nus definien quellas grondezias de mesira, sto vegnir punctuau che tut las grondezias fisicalas, e cun quellas tut las qualitats ston esser mesireivlas entras questas grondezias proponidas. La mesiraziun, ni la tecnica de mesirar ei pia ina dellas pli impurtontas metodos per stabilir exacts mussaments fisicals.

3.1 Mesiraziun della lunghezia – surfatscha, volumen ed anghel sco grondezias deducidas

Igl exempel de mesirar ina lunghezia muossa a nus pass per pass il proceder de scadina mesiraziun. Enstagl dell'expressiun lunghezia duvrein nus savens las denominaziuns: ladezia, distanza, lontananza, tschancun, tilada etc.

Lein prender ch'ei seigi de mesirar la ladezia d'ina meisa. Igl emprem elegin nus ina unitad de lunghezia. Quella sa vegnir elegida libramein. Nus secunvegnin per la lunghezia d'in zulprin, demai che tals ein adina avon maun. Nus mettein in zulprin sin meisa de maniera che la part davos confineschi exactamein culla cantunada dil platmeisa. Ussa mettein nus in secund zulprin cun sia part-davos exact encounter il tgau digl emprem zulprin, e quei ella medema direcziun ed aschia vinavon. Per l'entira ladezia duvrein nus exact 16 zulprins. Nus schein che la meisa hagi la ladezia de 16 zulprins. Il resultat de mintga mesiraziun ei in diember de mesira che indichescha a nus contas gadas l'elegida unitad

sen wir eigentlich wenig. Bessere Auskunft liegt im Vergleich: faustdicke Hagelkörner. Wir vergleichen also mit Dingen, deren Eigenschaften wir schon kennen. Aber auch die Fäuste verschiedener Menschen sind verschieden gross. Deshalb hat man ganz bestimmte Grössen festgelegt, durch die wir alle Eigenschaften eindeutig vergleichen können. Die Gelehrten haben sich auf 3 Grundgrössen geeinigt, auf die man auch die kompliziertesten Messungen zurückführen kann. Die 3 Grundgrössen sind: *Länge, Kraft und Zeit*.

Bevor wir diese Messgrössen definieren, muss betont werden, dass alle physikalischen Grössen, und damit alle Eigenschaften durch diese angenommenen Grössen messbar sein müssen. Das Messen, oder die Messtechnik ist also eine der wichtigsten Methoden, um genaue physikalische Aussagen machen zu können.

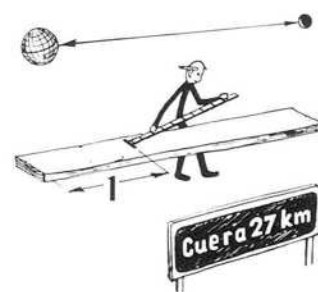
3.1 Messung der Länge – Fläche, Raum und Winkel als abgeleitete Grössen

Am Beispiel der Längenmessung können wir die Schritte des Messvorganges zeigen. Statt des Ausdrucks Länge, brauchen wir oft die Ausdrücke: Breite, Abstand, Entfernung, Strecke usw.

Nehmen wir an, es sei die Breite eines Tisches zu messen. Wir wählen zuerst eine Einheit der Länge. Diese kann frei gewählt werden. Wir einigen uns auf die Länge eines Zündhölzchens, weil solche leicht zu beschaffen sind. Wir legen ein Zündhölzchen so auf den Tisch, dass sein hinterer Teil genau mit der Tischkante zusammen fällt. Nun legen wir ein zweites Zündhölzchen mit dem hinteren Teil genau an den Zündkopf des ersten, und zwar in der gleichen Richtung, und so fort. Für die ganze Breite brauchen wir genau 16 Hölzchen. Wir sagen, der Tisch sei 16 Zündhölzchen breit. Das Ergebnis jeder Messung ist eine Masszahl, die uns angibt, wie oft die gewählte Einheit in der zu messenden Grösse

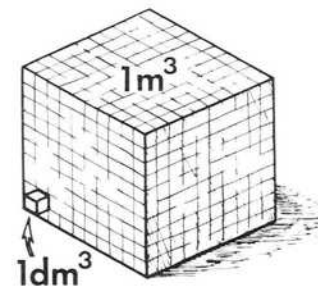
b) Inerzia de ruaus: In auto parta anetgamein. Las personas han l'inerzia de ruaus, lessen pia star eri. La part sura dil tgierp para de dar anavos. En ver Paid vegn la part sut tratga anavon dagl auto e la sura stat eri.

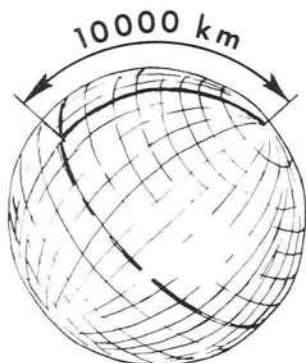
c) Inerzia de direcziun: Ils viagturs egl auto lessen mantener la direcziun. Igl auto mida quella e sch'igl esch fuss aviarts massen ils passagiers alla grada dad esch ora.



Rispostas a damondas de grondezias u distanzas san vegnir dadas per sch'ins posseda in fest de miserar. Per pintgas mesiras partan ins en quei fest en 10, 100 u 1000 parts. Per grondas distanzas prendan ins ina latta u penda cun la lunghezia de 10–100 «fests». Per distanzas astronomicas dat ei autras pusseivladads de miserar senza fest e penda.

Ina surfatscha vegn mesirada en duas direcziuns. Ina direcziun ei verticala sin tschella. Spazis drovan analogicamein 3 mesiraziuns.

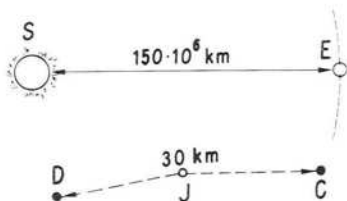




In quadrant terrester survescha per basa dell'unitad dil «fest», che nus numnein meter. Suenten ina stentusa mesiraziun della circumferenza de nossa tiara, che ha purtau resultads ualti differents dellas singulas expedi-ziuns, ein ins secunvegni ad in cert resultat ed ha priu per unitad de mesira la milliunavla part de quella distanza. Da quei deriva ei che la circumferenza della tiara mesira ca. 40 000 km.



Il meter ei oz semplamein la di- stanza denter dus strehs indicai sil meter original a Paris. Tier tut- tas unitads de mesira ein buca las grondezias sezzas d'impurtonza, mobein il fatg che tuts setegnien vidad ellas. Aunc ozildi han buca tuttas tiaras acceptau il sistem metric.



ei contenida ella grondezia ch'ei de mesirar. Quei munta pia che mintga grondezia fisicala ei il product d'in indezi de diember (16) e d'in'unitad de mesira (lunghezia dil zulprin).

Per unitad de mesira per la mesira- zion de lunghezia vegn oz duvrau quasi sigl entir mund il meter (m). Tenor il conclud dell'assemblea na- zionala franzosa digl onn 1791 duei quella mesira corrispunder ad ina «grondezia naturala», numnadamein alla dieschmilliunavla part dil qua- drant della tiara, v.d. della quarta part dil meridian terrester, che passa tras igl observatori de Paris. Schegie che questa mesiraziun fuva inexacta, ein ins secunvegni a questa lunghe- zia e fixau ella entras il schinumnu meter original. Quel consista d'ina lega de 90% platin e 10% iridium e vegn conservaus a Sèvres sper Paris en temperatura permanentamein constanta. Per la Svizra han ins a Berna ina copia dil meter original.

Oz han ins anflau ella radiaziun della glich pusseivladads de paregliaziun bia pli exactas, las qualas ein depen- dentas ni dal liug ni dalla temperatu- ra.

Per saver indicar unitads pli pintgas e pli grondas ha la scienza statuiu presilbas che valan internazional- mein; ellas valan era per la forza e per il temps. Quellas presilbas ein de considerar sco in factur. Ellas signi- fischeschan:

Denominaziun e definiziun dellas unitads metricas de distanzas: Benennung und Begriffsbestimmung der metrischen Einheiten für Entfernungen:

Kilo	(K)	10^3	= 1 000
Mega	(M)	10^6	= 1 000 000
Giga	(G)	10^9	= 1 000 000 000
Tera	(T)	10^{12}	= 1 000 000 000 000
milli	(m)	10^{-3}	= 1/1 000
mikro	(μ)	10^{-6}	= 1/1 000 000
nano	(n)	10^{-9}	= 1/1 000 000 000
piko	(p)	10^{-12}	= 1/1 000 000 000 000

enthalten ist. Das heisst also, dass jede physikalische Grösse ein Pro- dukt aus einer Masszahl (16) und einer Masseinheit (Zündhölzchen- Länge ist.)

Als Masseinheit für die Längenmes- sung wird heute fast in der ganzen Welt der Meter (m) verwendet. Nach dem Beschluss der französischen Nationalversammlung von 1791 soll- te diese Strecke eine «Naturgrösse» darstellen, nämlich den zehnmil- lionsten Teil des Erdquadranten (d.i. der vierte Teil des Erdmeridians) der durch die Pariser Sternwarte läuft. Obwohl diese Messung ungenau war, hat man sich auf diese Grösse geeinigt und sie durch den sog. Ur- meter bestimmt. Dieser besteht aus einer Legierung von 90% Platin und 10% Iridium und wird in Sèvres bei Paris bei gleichbleibender Tempera- tur aufbewahrt. Für die Schweiz hat man eine Kopie hergestellt, die in Bern aufbewahrt wird.

Heute hat man in der Strahlung des Lichtes viel genauere Vergleichs- grössen gefunden, die weder vom Orte noch von der Temperatur ab- hängig sind.

Um kleinere oder grössere Einheiten bequemer angeben zu können, wur- den international geltende Vorsilben gewählt, die auch für die Kraft und die Zeit gelten. Diese Vorsilben sind wie ein Faktor zu betrachten, die je um 3 Zehnerpotenzen grösser oder kleiner sind.

melli	Tausend
milliun	Million
milliarda	Milliarde
billiun	Billion
melliavel	Tausendstel
milliunavel	Millionstel
milliardavel	Milliardstel
billiunavel	Billionstel

Tschien	{ Hecto Hekto }	(h)	=	10^2	=	100	Hundert
Diesch	{ Deca Deka }	(D)	=	10^1	=	10	Zehn
Dieschavel	{ Deci Dezi }	(d)	=	10^{-1}	=	$1/10$	Zehntel
Tschienavel	{ Centi Zenti }	(c)	=	10^{-2}	=	$1/100$	Hundertstel

Per saver paregliar cun sistems buca metrics ston ins enconuscher il factur proporzional (la «valuta»), p.ex. 1 miglia = 1,852 km, 1'' (zol) = 25,4 mm. – Per nies exempel ei il zulprin staus 5 cm liungs. La meisa ei pia el sistem metric 16×5 cm = 80 cm lada.

Ei dat differents apparats de mesirar lunghezas: semplas gliestas (meter, meter dubel), pindellas de mesirar (pendas), mo era indrezs compicai cun strubas micrometricas, ni indicaziuns electronicas per valetas de mesira tochen ad in melliavel mm. Sper il meter cun giugadiras drovan ins il pli savens calibers de culissa, micrometers, tscheps de mesira finala etc.

Sco la geometria muossa, obtegn ins la mesira de surfatscha cun far ina secunda mesirada, verticalmein all'emprema. Vul ins mesirar il volumen, il cubus, drovan ins treis de quellas mesiraziuns. Quellas 3 schinumnadas dimensiuns sedifferenzieschan ina da l'autra mo entras lur direcziun. Ina surfatscha vegn definida cun lunghezia ga ladezia, in volumen (cuntegn) cun lunghezia ga ladezia ga altezia. Cheu vegnan buca mo ils indezis de diember, mobein era las unitads de mesira multiplicadas ina cun l'autra. Per la surfatscha secloma la dimensiun $m \times m = m^2$, per il volumen $m \times m \times m = m^3$.

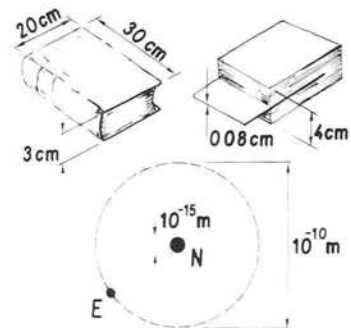
Sper la mesiraziun della lunghezia, della surfatscha e dil volumen vegn era la direcziun reciproca dellas tendas indicada entras igl anghel ch'el las formeschan ina cun l'autra. L'indicaziun de quella posiziun san ins far cun formar in triangel rectangular denter las duas tendas e cun mesirar las duas catetas u eruir lur proporzion. Il bia applicheschan ins denton il gonimeter (transporteur)

Um Vergleiche mit nichtmetrischen Systemen darstellen zu können, muss man die Verhältniszahl kennen z.B. 1 Seemeile = 1,852 km, 1'' (Zoll) = 25,4 mm. – Bei unserem Beispiel war die Zündholzlänge 5 cm. Der Tisch ist also im metrischen System 16×5 cm = 80 cm breit.

Es gibt verschiedene Längenmessgeräte: einfache Stäbe (Meter- oder Doppelmeterstab), Messbänder und komplizierte Einrichtungen mit Mikrometerschrauben oder elektronischer Angabe der Messwerte bis zu Tausendstel mm. Neben dem zusammenlegbaren Meterstab sind am gebräuchlichsten die Schublehren, Mikrometer und Endmasse.

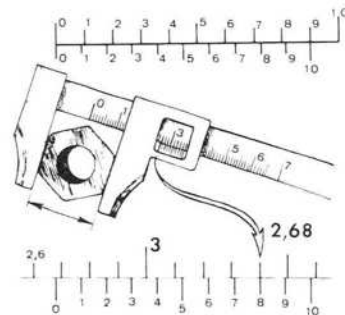
Wie die Geometrie lehrt, erhält man das Flächenmass, indem man eine zweite Längenmessung senkrecht auf die erste durchführt. Beim Raummass (Volumen) benötigt man drei solcher Messungen. Diese 3 sogenannten Dimensionen unterscheiden sich nicht von einander, ausser durch ihre Richtung. Eine Fläche wird als Länge mal Breite, ein Volumen als Länge mal Breite mal Höhe definiert. Hier werden nicht nur die Masszahlen, sondern auch die Masseinheiten miteinander multipliziert, für die Fläche ist dann die Dimension $m \times m = m^2$ und für das Volumen $m \times m \times m = m^3$.

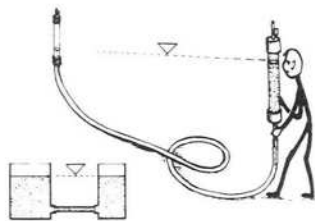
Neben der Messung der Länge, der Fläche und des Volumens wird auch die gegenseitige Lage der Messtrecken durch den Winkel angegeben, den sie miteinander bilden. Die Angabe dieser Lagen kann man mit zwei Strecken machen, indem man ein rechtwinkliges Dreieck bildet und die beiden Katheten oder ihr Grössenverhältnis angibt. Meistens verwendet man aber Winkelmesser



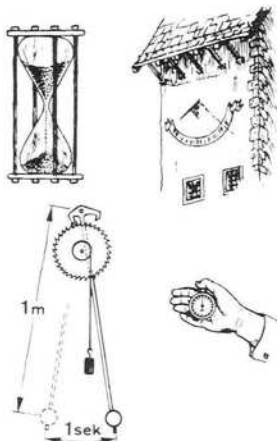
Las mesiras astronomicas ein en proporzion cun las terestras fetg grondas. Aschia ei la distanza tiara-sulegl 5 milliuns ga pli gronda che quella denter Glion e Mustér u Glion e Cuera. Per quella distanza de 30 km stuessen ins metter 100 000 cudischs de scola in sper l'auter. Con satels in fegled in cudisch cun 1000 paginas ei, san ins calcular tgunschamein. Mo ei dat «grondezias» aunc bia pli pintgas. In atom mesira mo in dieschmilliunavel ded in millimeter, e siu nuclin ei aunc tschien melli ga pli pigns.

Il ler variabel ei ina mesira cun in travers fix ed in movibel. Per saver leger giu era aunc parts de millimeters vegn quei ler munius dad in schinumnau nonius. Quei ei ina mesira auxiliara che stat sper la mesira principala. Sias parts ein mintgamai $1/10$ pli pintgas che quellas dil meter principal. Quei vegn realisau cun metter 10 parts dil nonius sin 9 mm.



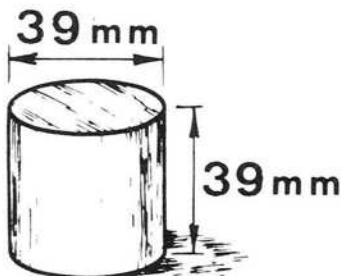


Per drizzar horizontalmein enza-tegi, prendan ins il nivel. In vischi pli lad, u dus bischels de glas en in uder surveschan era a quei intent, perquei che l'aua stat daper-tut tuttina ault.



Uras de sablun, ded aua, uras de sulegl ed uras mecanicas vegnan ussa remplazzadas dall'ura elec-tronica.

L'unitad de massa e de peisa era pli baul fixada entras in liter aua de 4°C . Ussa vala il cilender ded ina lega de platin ed iridium cun in diameter de 39 mm ed altezia de 39 mm.



cun partiziun de grads. Ina posiziun horizontala, parallela alla surfatscha della tiara, vegn determinada cun in nivel d'aua, ina verticala cun in plu-min.

3.2 La mesiraziun dil temps

Per l'unitad de temps sebasan ins sin in fenomen della natira, e quei sin eveniments che retuornan regular-mein: igl onn, il meins ed il di. Il pli lev de fixar ei la lunghezia d'in di. Per far quei drezzan ins in perspectiv viers ina steila. Il temps che passa to-chen che la medema steila compara l'autra ga el perspectiv, numnan ins il «cuoz dil di». El vegn vinavon re-partius en 24 uras, l'ura en 60 minu-tas e quellas puspei en 60 secundas. La secunda vegn duvrada per unitad fisica de temps ed ei, sch'ins quen-ta, la 86 400avla part d'in di solar me-saun. Per la mesiraziun pratica dil temps drovan ins uras, pli baul uras de sablun, ded aua e de sulegl, oz uras de perpendechel u de rodas vi-vas. Per grondas exacteizas appli-cheschan ins oscillaziuns electricas excitadas entras in cristall de quarz excitadas entras in cristall de quarz. La simultaneitad dellas uras vegn contonschida entras la reglaziun d'in'ura internaziunalmein accepta-da. Ella sesanfla egl observatori de Neuchatel.

3.3 La mesiraziun della forza el si-stem tecnic de mesira

Ina forza san ins buca mesirar direc-tamein, ni entras ina mesira de lun-ghezia ni de temps. Nus vein gia menzionau (2. 4) che tut ils corps ha-gien ina peisa, che quella peisa sapi semidar secund la forza d'attrac-zion. L'energia dils corps ha menau nus alla noziun della massa, che se-mida buc (deno en cass d'extrema spertadad. Tuttina grondas massas han el medem liug la medema forza d'attracziun.

Sco quei ch'ins tegn en salv a Paris il meter prototipic, aschia era ina mas-sa prototipica, ni in kilogram proto-tip, al qual ins ha dau gest la mesira d'in dm^3 aua de 4°C .

(Transporteur) mit einer Gradeinteilung. Eine waagrechte Lage, parallel zur Erdoberfläche wird mit der Was-serwaage, eine senkrechte mit dem Senkblei bestimmt.

3.2 Die Messung der Zeit

Für die Zeiteinheit stützt man sich auf eine Naturerscheinung, und zwar auf regelmässig wiederkehrende Ereignisse: Jahr, Monat und Tag. Am einfachsten ist es die Länge eines Tages zu bestimmen. Dazu richtet man ein Fernrohr gegen einen Stern. Die Zeit, die verstreicht bis der Stern das nächste mal im Fernrohr er-scheint, nennt man die Taglänge. Sie wird weiter in 24 Stunden eingeteilt, die Stunde in 60 Minuten und diese wieder in 60 Sekunden. Die Sekunde wird als Zeiteinheit benützt und ist, wenn man ausrechnet, der 86 400ste Teil eines mittleren Sonnentages. Zur praktischen Messung der Zeit benützt man Uhren, früher Sand- und Wasseruhren, heute Pendeluh-ren oder solche mit einer Unruhe. Für grosse Genauigkeiten verwendet man die durch Elektrizität erregten Schwingungen eines Quarzkristal-les. Die Gleichzeitigkeit der Uhren wird dadurch erreicht, dass man alle nach einer international anerkannten Uhr richtet. Sie befindet sich im Observatorium Neuenburg.

3.3 Die Messung der Kraft im tech-nischen Masssystem

Eine Kraft lässt sich nicht direkt messen, weder durch ein Längen-noch durch ein Zeitmass. Wir haben schon erwähnt (2.4) dass alle Kör-per ein Gewicht haben, dass dieses Gewicht sich ändern kann je nach der Anziehungskraft. Die Trägheit der Körper hat uns zum Begriff der Masse geführt, die sich nicht ändert (ausser in Fällen extremer Ge-schwindigkeit). Gleiche Masse ha-ben am gleichen Ort die gleiche An-ziehungskraft.

Wie man in Paris einen Urmeter auf-bewahrt, so auch eine Urmasse oder ein Urkilogramm, dem man genau die Masse eines dm^3 Wasser bei 4°C gab.

3.3.1 L'unitad gram e kilogram valan pia per massas. Per la peisa e las autras forzas han ins stuiu eleger in'otra denominaziun d'unitad, numnadamein 1 kilopond (kp). Igl ei vegniu statuiu che la peisa della massa prototipica seigi 1 kp. Kilopond duvrein nus pia cura ch'ei se tracta de forzas, cunzun della peisa, e kilogram sche nus lein designar la massa. Per vivondas ed autras causas savein nus duvrrar senz'auter kilogram e gram, perquei che nus lein buca haver la peisa, mobein la substantza. Tschien grams tschugalatta ein silla glina era 100 grams e spigentan era leu tuttina bein. Mo la peisa della tschugalatta ei silla glina mo pli circa 16 ponds, sil sulegl fuss ei 2,8 kp!

Per mesiraders de forza san ins duvrrar ina plema a spirala. Entras sia prolungaziun indichescha ella ina forza, demai che mintga deformaziun drova forza. Cun quei che la prolungaziun crescha ella medema proporziun sco la forza effectuonta (lescha de Hooke) san ins stabilir ina repartiziun uliva (scala de mesirar) perliung la plema e de verificar ella tenor unitads de peisa. Silla glina vegness ina tala stadera de plema u dinamometer buca ad indicar la vera peisa. Autramein la stadera de bratsch (de giuv): leu vegn la peisa dil tgierp ch'ins vul pesar, ulivada entras ina cunterpeisa enconuscenta de fier u mesch. Quella stadera indichescha era silla glina endretg. La differenza schai el fatg che tier la stadera de giuv duas egualas massas pesentan ina l'otra. Ellas vegnan attratgas tuttina ferm el medem liug. Tier la plema s'oppona ina forza tensiva ed ina forza d'attracziun.

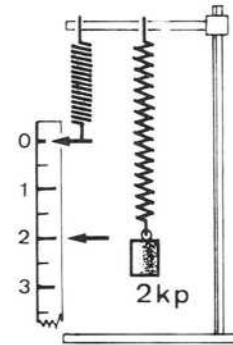
3.3.2 Sch'ins di che plum seigi pli grev che lenn, presupponan ins senz'auter che omisdus corps seigien tuttina gronds. Ins sa tgunschamein resgiar tier in toc lenn schi gross ch'el ei tuttina grevs sco in toc fier bia pli pign. Cefras de paregliaziun duvreivlas survegnan ins per

3.3.1 Die Einheiten Gramm und Kilogramm gelten also für Massen. Für das Gewicht und die andern Kräfte musste man eine andere Einheitsbezeichnung wählen, nämlich 1 Kilopond (kp). Es wurde bestimmt, dass das Gewicht der Urmasse 1 kp sei. Kilopond brauchen wir also, wenn es sich um Kräfte, besonders das Gewicht, handelt, und Kilogramm, wenn wir die Masse bezeichnen wollen. Für Esswaren und andere Dinge dürfen wir beim Kauf ohne weiteres Kilogramm oder Gramm sagen, weil wir ja nicht das Gewicht, sondern die Substanz haben wollen. Hundert Gramm Schokolade sind auch auf dem Mond 100 Gramm und nahren auch dort gleich gut. Aber das Gewicht der Schokolade ist dort nur noch ungefähr 16 pond, auf der Sonne wären es 2,8 kp!

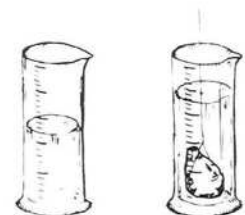
Als Kraftmesser kann eine Spiralfeder benützt werden. Durch ihre Verlängerung zeigt sie eine Kraft an, weil jede Verformung Kraft benötigt. Da die Verlängerung im gleichen Verhältnis wächst wie die wirkende Kraft (Gesetz von Hooke), kann man eine gleichmässige Teilung (Mess-Skala) längs der Feder aufstellen und sie nach Gewichtseinheiten eichen. Auf dem Mond würde eine solche Federwaage oder Dynamometer nicht das richtige Gewicht anzeigen. Anders die Balkenwaage, bei der man das Gewicht des zu wägenden Körpers durch eine bekannte Gegenkraft in Form von Gewichtssteinen ausgleicht. Diese Waage zeigt auch auf dem Mond richtig. Der Unterschied liegt darin, dass bei der Balkenwaage zwei gleiche Massen gegeneinander spielen, die am gleichen Ort gleich stark angezogen werden, bei der Feder aber eine Spannkraft einer Anziehungskraft gegenüber steht.

3.3.2 Wenn man davon spricht, dass Blei schwerer als Holz sei, setzt man stillschweigend voraus, dass beide Körper gleich gross seien. Man kann leicht ein Stück Holz so gross zuschneiden, dass es ebenso schwer ist wie z.B. ein kleineres Stück Eisen. Brauchbare Vergleichs-

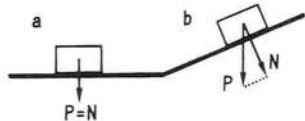
Ina plema en spirala ei fetg adada de mesirar forzas. Tals dinamometers indicassen buca endretg silla glina, perquei che l'attracziun della glina ei circa 6 gadas pli fleivla, la forza della plema denton resta la medema daper tut. Ina plema spirallica seslargia proporzionalmein culla forza che agescha sin ella. Perquei ein ils strehs indicativs reparti ulivamein en medema distanza.



Per anflar la peisa specifica eis ei necessari de eruir il volumen. Sch'ins metta in tgierp ell'aua, scatscha el ton volumen aua, sco quei ch'el sez ha volumen.



In scolar tegn sidretg ina aissa lada. In secund pusa encounter quella. Il scolar che tegn l'aissa lai inclinar plaunsiu l'aissa cun tschei scolar. El senta che pli e pli della peisa dil scolar sefa valer encounter l'aissa. La forza P (la peisa) ei adina la medema, mo la forza normala N s'augmenta. Sidretg eis ella nul, e cura che l'aissa ei ademplat, ei $N = P$. Quel che tegn l'aissa sto tener l'entira peisa de siu conscolar.



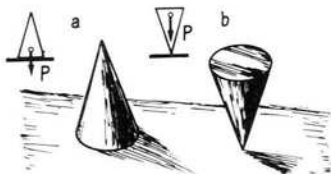
cun tschei maun il heighel en direcziun cuntraria e schein smaccar in tec alla gada il pèz sin il dies dil maun. Il pèz vegness a furar e cuschunar dolurs, sche nus schessen luvrar l'entira peisa. Pertgei quella gronda differenza? Egl emprem cass ha ina gronda surfatscha, el secund ina pintga smaccau silla pial; la peisa ei stada mintga gada la medema. La pressiun deriva dalla peisa. Sche quel sereparta sin ina gronda surfatscha, sentin nus ina pintga pressiun, ed il cuntrari: decisiv ei pia la pressiun pro cm^2 e buca la peisa totala. Igl effect d'ina forza sin ina basa sa pia esser fetg differenta. In carr de vitgira vegn a sfundrar en terren lom per ton de meins ch'el posseda ladas rodas.

Per la calculaziun della pressiun stuein nus prender che la forza age-schi verticalmein silla surfatscha. Cun quei ch'ins numna la verticala sin ina surfatscha «la normala», se-numna ina tala forza «forza normala» ni «pressiun». La pressiun fisicala (p) ei pia la forza normala (N) che resulta sill'unitad de surfatscha (A)

$$\text{Pressiun} = \frac{\text{Forza normala}}{\text{surfatscha}}, \text{ ni}$$

$$p = \frac{N}{A} \text{ en } \text{kp}/\text{cm}^2, \text{ ni } \text{kp}/\text{m}^2$$

Ina matta che ha en calzers cun calcogn graschel pressiescha aschi fetg sin in planschiu sco in elefant cun ses peis plats (mesirau en kp/cm^2).



Ei la basa inclinada enviers la direcziun della forza, sche vegn la pressiun pli pintga, perquei che la surfatscha inclinada ei pli gronda che in plaun correspondent. Geometricamein ei quei calculabel ord la pendenza.

4.2.1 Exempel de calculaziun: Il sura menzionau heighel dueigi esser 2 kp grevs, la basa fundamentala 200 cm^2 e la «surfatscha» al pèz dil heighel $0,01 \text{ cm}^2$. Nus calculein mintgamai la pressiun.

halten wir mit der andern Hand den Kegel umgekehrt und lassen ihn allmählich mit der Spitze auf den Handrücken drücken. Die Spitze würde stechen und schmerzen, wenn das ganze Gewicht wirken könnte. Warum der grosse Unterschied? Im ersten Falle drückte eine grosse Fläche, im zweiten eine sehr kleine Fläche auf die Haut, das Gewicht war aber beidemale das gleiche. Der Druck stammt vom Gewicht. Wenn dieser sich auf eine grössere Fläche verteilt, spüren wir einen kleinen Druck und umgekehrt: der Druck pro cm^2 ist also ausschlaggebend und nicht das Gesamtgewicht. Die Wirkung einer Kraft auf die Unterlage kann also ganz verschieden sein. Ein Lastwagen wird umso weniger in den weichen Grund sinken je breiter die Räder sind.

Zur Berechnung des Druckes müssen wir annehmen, dass die Kraft senkrecht auf die Fläche wirke. Da man die Senkrechte auf einer Fläche «Normale» nennt, heisst eine solche Kraft Normalkraft oder Andruck. Unter Druck (p) versteht man also die auf die Flächeneinheit (A) wirkende Normalkraft (N)

$$\text{Druck} = \frac{\text{Normalkraft}}{\text{Fläche}} \quad \text{oder}$$

$$p = \frac{N}{A}$$

gemessen in kp/cm^2 oder kp/m^2

Steht die Unterlage schief zur Kraft-richtung, so wird der Druck geringer, weil die schiefe Fläche grösser ist als eine entsprechende gerade, was geometrisch aus der Neigung berechenbar ist.

4.2.1 Berechnungsbeispiel: Der oben genannte Kegel soll 2 kp schwer sein, die Grundfläche 200 cm^2 und die «Fläche» an der Spitze $0,01 \text{ cm}^2$ betragen. Wir berechnen den jeweiligen Druck.

$$\begin{aligned} \text{a) } & \left. \begin{array}{l} A_1 = 200 \text{ cm}^2 \\ N_1 = 2 \text{ kp} \end{array} \right\} p_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{2 \text{ kp}}{200 \text{ cm}^2} = 0,01 \text{ kp/cm}^2 \\ \text{b) } & \left. \begin{array}{l} A_2 = 0,01 \text{ cm}^2 \\ N_2 = 2 \text{ kp} \end{array} \right\} p_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{2 \text{ kp}}{0,01 \text{ cm}^2} = 200 \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

4.3 La lavur considerata statica – La prestaziun

Dil cavagl che trai in carr dian ins ch'el lavuri. Il medem vala era per ina locomotiva, era per mintg'otra macchina en funcziun. Adina ein forzas en acziun. Mo quellas persulas prestan negina lavur. Nus savein p.ex. star cheu lischents, schegie che nus smachein cun nos peis sil plaun, en consequenza della attracziun. Per saver plidar d'ina lavur, sto la forza seunir cun in moviment. Ei sto esser ina via perlung la quala ina forza agescha. Lavur daventa mo sch'il carr vegn tratgs cun forza perlung ina via. In zieghel (tievla) vegn alzaus e mess sin in mir en construcziun. Croda ina tala tievla dal mir, presta ella ina lavur, p.ex. bleschescha in pei dil miradur.

Tier ina lavur ei la direcziun della forza adina verticala alla direcziun della via. Ei secapescha da sesez che la grondezia della lavur s'augmenta culla forza e culla via; dubla ei era la lavur sch'ins aulza il ziegel (la tievla) dublamein ell'altezia. Ins di: la lavur (W) stat en relaziun directa culla forza (F) e culla via(s), ni: la lavur ei directamein proporzionala alla forza ed alla via, ed ins fixescha:

Lavur = forza \times via, ni $W = F \cdot s$, mesirau en kilopondmeter (kpm).

Sco nus vein viu dals exempels, sa la via esser ina tenda u era in altezia, la forza sa esser ina peisa, ina forza frictiva ni ina forza tensiva. Tier ina viafier ei la forza buca l'entira peisa de tuts ils carrs, mobein mo la fricziun retenenta, ni, sch'ei penda ensi, mo ina pintga part della peisa, p.ex. la melliavla part tier in promil pendenza.

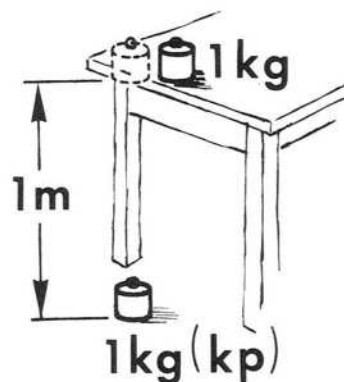
4.3 Die Arbeit statisch betrachtet – Die Leistung

Vom Pferd, das einen Wagen zieht, sagt man, es arbeite; dasselbe gilt auch für eine Lokomotive oder irgend eine Maschine. Dabei sind immer Kräfte im Spiel. Doch diese allein leisten keine Arbeit. Wir können z.B. untätig dastehen, obwohl wir mit unserem Gewicht infolge der Schwerkraft auf den Boden drücken. Damit wir von einer Arbeit reden können, muss noch eine Bewegung vorhanden sein, wir sagen ein Weg, längs welchem eine Kraft wirkt. Bei der Arbeit wird also der Wagen längs des Weges gezogen, ein Ziegelstein wird vom Maurer auf die schon z.T. aufgebaute Mauer gehoben. Fällt so ein Ziegel von der Mauer, verrichtet er eine Arbeit, indem er z.B. den Fuss des Arbeiters verletzt.

Bei einer Arbeit ist die Krafrichtung immer parallel zur Wegrichtung. Es ist auch selbstverständlich, dass die Grösse der Arbeit mit der Kraft und dem Weg zunimmt. Zwei Ziegel auf einmal gehoben, ist doppelte Arbeit; doppelt ist sie auch, wenn man einen Ziegel doppelt so hoch hebt. Man sagt: Die Arbeit steht im direkten Verhältnis mit der Kraft und dem Weg oder: die Arbeit ist der Kraft und dem Weg direkt proportional, und schreibt:

Arbeit = Kraft \times Weg oder $W = F \cdot s$ gemessen in Kilopondmeter (kpm).

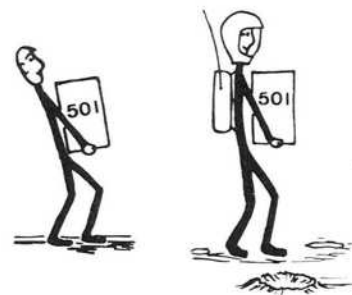
Wie wir aus den Beispielen gesehen haben, kann der Weg eine Strecke oder auch eine Höhe sein, die Kraft kann ein Gewicht, eine Reibungskraft oder Spannkraft sein. Bei einem Eisenbahnzug ist die Kraft nicht das Gewicht aller Wagen, sondern nur die Haftreibung, oder bei einer Steigung nur ein kleiner Teil des Gewichtes, z.B. der tausendste Teil bei einer Steigung von ein Promille.

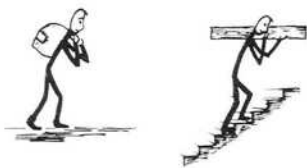


Star lischents ei buca luvrau, perquei che il moviment, la via, maunca. Era il moviment persul ei buca sufficient. In crap che croda per tiara lavura buca durent ch'el croda. Pèr giun plaun anfla el resistenza, vul dir ina cunterforza. Quei ei denton buca dil tut gest. Pli claras noziuns de lavur anflein nus pli tard el cap. 8. Cun buns inschigns san ins spargnar bia lavur. Ins di: Tgi che spargna il tgau, isa las combas. Quei vul dir, nus stuein avon mintga lavur patertgar co ei va il meglier. Quei vesein nus per part el capitel sur dellas maschinas 4.5.

Fetg savens san ins spargnar lavurs cun sminuir la resistenza, quei vul dir, la forza ch'ei drova. In grev crap san ins, enstagl de purtar, metter sin ina aissa e trer lezza. Ed era lezza va pli tgunsch, sch'ins bogna la via.

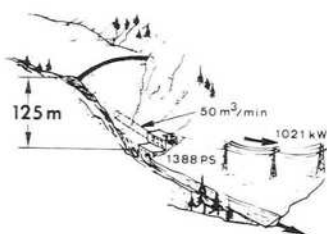
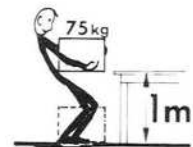
Silla glina ei tut ca. 6 gadas pli lev. Perquei ei era la lavur buca schi stentusa. Denton dat ei leu outras incommoditats.





Purtar si dies rauba greva renda buca fetg ed ei buca adina necessari. Ded ir ensi ston ins adina era quintar ch'ins porta tier la carga aunc sesez. Perquei va in um grev buca aschi tgunsch sco in lev. Agradora van ins ca 10 ga pli tgunsch ch'ensi, perquei che ensi ston ins purtar l'atgna peisa. La forza della lavur ei la peisa. Agradora stat la peisa adina ella medema altezia, la forza consista mo enten alzar ils peis e «runar» els encunter la resistenza della via malneidia. – Con sabis ein ils aviuls: Els van ton sco pusseivel ensi per il suc de mèl e sgolan culla carga engiu. Tgei ei pli perdet: metter il clavau sissum l'acla u giudem. Tgei va pli tgunsch: trer ensi la grascha u il fein?

Quei um presta ina lavur de 75 kpm. Sch'el fa quei el temps ded ina secunda, ha el prestau ina forza cavagl PS. Grondas lavurs prestan ils implonts hydro-electrics. L'aua vegn giu da grondas altezias, per exempel giu da 125 m, metta en moviment turbinas cun dar ad ellas mintga minuta 50 000 liters aua. Ils generaturs furneschan tonta energia ch'ins savess scaldar 500–1000 pognas electricas cun tut.



Per la valetaziun della lavur ei il temps senza impurtonza. In miradur sa buca pretendar per siu mir de pli perquei ch'el drova per far sia lavur pli bia temps che in auter. El ha semplamein prestau meins lavur. La prestaziun ei gronda sche il temps per la lavur ei pigns. La prestaziun (N) stat en proporziun cuntraria cul temps (t), ni la prestaziun ei indirectamein proporzionala al temps. Pia:

$$\text{Prestaziun} = \frac{\text{lavur}}{\text{temps}} \quad \text{ni} \quad N = \frac{W}{t}$$

$$\text{ni} \quad N = \frac{P \cdot s}{t} \text{ en kpm/ secunda}$$

Prestaziun sa pia vegnir numnada la lavur prestada en ina secunda. Ina unitad de prestaziun aunc oz duvrada ei la «forza de cavagl» (PS). Quintau entuorn ei:

$$1 \text{ PS} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Denton per pli ditg presta in cavagl mo ca 50 kpm/sec ed in carstgaun ca 10 kpm/sec. Per cuort mument po in carstgaun prestar in PS, p.ex. sch'in um de 75 kp peisa cuora en ina secunda dad ina scala ded in meter altezia si, per contonscher il tren che ual parta.

Ella scienza moderna vegn pli e pli quintau cun Watt (W) e kilowatt (kW) per la prestaziun e watt-secundas (Ws) e kilowatt-ura (kWh) per la lavur (mira 8.7).

4.4 Remarcas

4.4.1 El capetel sur il sistem de misura tecnica vein nus tractau las pli semplas noziuns: lunghezia (l), forza (F) e temps (t). Tier questas dimensiuns fundamentalas audan las respectivas unitads fundamentalas: il meter (m), il kilopond (kp) e la sec (s). Quellas treis noziuns numnan ins las dimensiuns semplas ni dimensiuns fundamentalas. Alla fin dil capetel e cunzun ella part «statica»

Für die Bewertung der Arbeit ist die Zeit ohne Bedeutung. Ein Maurer kann für seine Mauer nicht mehr Geld verlangen, weil er für die gleiche Arbeit längere Zeit brauchte als ein anderer. Man sagt einfach, dass er eben weniger geleistet hätte. Die Leistung ist dann gross, wenn die Zeit für die Arbeit klein war. Man sagt, die Leistung steht im umgekehrten Verhältnis zur Zeit (t), oder sie ist der Zeit indirekt proportional. Also

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}} \quad \text{oder} \quad N = \frac{W}{t}$$

$$\text{oder} \quad N = \frac{F \cdot s}{t} \text{ gemessen in kpm/s}$$

Leistung kann also auch die in einer Sekunde verrichtete Arbeit genannt werden. Eine noch heute gebräuchliche Leistungseinheit ist Pferdestärke (PS).

$$\text{Umgerechnet ist: } 1 \text{ PS} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Die wahre Dauerleistung eines Pferdes ist aber nur 40–50 kpm/sec, die des Menschen etwa 10 kpm/sec. Für kurze Zeit kann aber auch ein Mensch ein PS leisten, wenn zum Beispiel ein 75 kp schwerer Mann beim Abfahrtsignal eines Zuges noch schnell eine Treppe von 1 m Höhe in einer Sekunde zum Bahnsteig hinaufrennt.

In der modernen Wissenschaft wird mehr und mehr mit Watt (W) und Kilowatt (kW) für die Leistung, und mit Wattsekunden (Ws) und Kilowattstunden (kWh) für die Arbeit gerechnet (siehe 8.7).

4.4 Bemerkungen

4.4.1 Im Abschnitt über das technische Masssystem haben wir die ganz einfachen Begriffe Länge (l), Kraft (F) und Zeit (t) betrachtet. Zu diesen Grundgrössenarten gehören die entsprechenden Grundeinheiten Meter (m), Kilopond (kp) und Sekunde (s). Diese drei Begriffe nennt man auch die einfachsten Dimensionen («Ausmessungen» oder Grunddimensionen. Am Schluss des Abschnittes

comparan las schinumnadas dimensiuns deducidas, che cuntegnan duas ni treis dellas dimensiuns fundamentalas, p.ex. la peisa specifica (p/cm^3), la densitad (kg/dm^3), la pressiun (kp/cm^2 , lavur (kpm), prestaziun (kpm/s). Tuttas cuntegnan mo las unitads fundamentalas de mesira: lunghezia, forza e temps. Las dimensiuns ein regladas internationalmein ed indichesch exactamein de tgei noziun ch'ei setracta. L'indicaziun m^2 sa p.ex. muntar sulettamein ina surfatscha, e kp/cm^2 mo ina pressiun.

4.4.2 Aunc ina ulteriura remarca practica: nus havein plidau de grondezas fisicalas che stattan en directa relaziun ina cun l'autra. Ellas ein vegnidas multiplicadas ina cun l'autra ella fuormla fisicala. Auras stevan en relaziun reciproca e formavan ina fracziun. Nus savein stabilir en general las suandontas reglas:

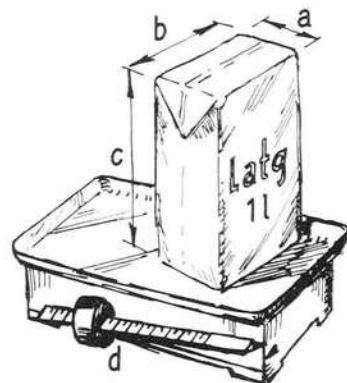
Sche ina grondezia fisicala B ei dependenta dad ina dimensiun A, sche ein las suandontas dicziuns pusseivlas:

Numerus ein ils cass enten ils quals la grondezia B ei proporzionala al quadrat ni al cubus della grondezia A; ($B \sim A^2$; $B \sim A^3$).

und besonders im Abschnitt «Statik» treten die sogenannten abgeleiteten Dimensionen hervor, die zwei oder drei der Grunddimensionen enthalten, z.B. Wichte (p/cm^3), Dichte (kg/dm^3), Druck (kp/cm^2), Arbeit (kpm), Leistung (kpm/s). Alle enthalten nur die Grundmass-Einheiten Länge, Kraft und Zeit. Die Dimensionen sind international geregelt und geben genau an, um welchen Begriff es sich handelt. Wie die Bezeichnung m^2 nichts anderes bedeuten kann als eine Fläche, so auch kp/cm^2 z.B. nichts anderes als einen Druck.

4.4.2 Noch eine andere praktische Bemerkung: Wir haben von physikalischen Grössen geredet, die in einem direkten Verhältnis zueinander stehen. Sie wurden in der physikalischen Formel miteinander multipliziert. Andere standen im umgekehrten Verhältnis und bildeten einen Bruch. Wir können ganz allgemein folgende Regel aufstellen: Wenn eine physikalische Grösse B von einer Grösse A abhängig ist, so sind folgende Aussagen möglich:

Zahlreich sind die Fälle, bei denen die Grösse B dem Quadrate oder dem Kubus der Grösse A proportional ist ($B \sim A^2$; $B \sim A^3$).



Quei pachet ha buca mo las dimensiuns de lung, lad ed ault. Cheu san ins per exempel era differenziar las dimensiuns de pressiun, de peisa specifica, dellas colurs che vegnan reflectadas sch'ei croda glisch alva sin el. Quellas vegnan era mesiradas sco lunghezas ded undas. Tuttas qualitads ded in tgierp san ins alla finala exprimer cun grondezas ch'ins sa mesirar, per exempel era il gust dil latg. E tuttina, lein tener endamen: Ei dat fenomens ch'il carstgaun sestenta adumbatten de puder miserar exactamein. Era la materia ha ses confins ch'ins sa buca transcender.

Pli grond A pli grond B Pli pign A pli pign B	}	A ei directamein proporzional a B	}	A stat sco factur sur il streh de fracziun
--	---	--------------------------------------	---	---

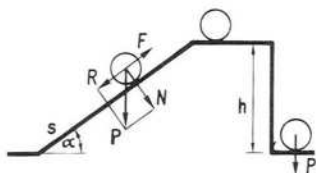
Pli grond A pli pign B Pli pign A pli grond B	}	A ei indirectamein proporzional a B	}	A stat sco factur sut il streh de fracziun
--	---	--	---	---

Je grösser A desto grösser B Je kleiner A desto kleiner B	}	A ist direkt proportional B	}	A steht als Faktor ob dem Bruchstrich
--	---	--------------------------------	---	---

Je grösser A desto kleiner B Je kleiner A desto grösser B	}	A ist indirekt proportional B	}	A steht als Divisor unter dem Bruchstrich
--	---	----------------------------------	---	---

La lunghezia ded ina umbriva dependa dalla altezia de quei che fa umbriva e dalla posiziun dil sulegl. Pli ault che in pumer ni ina casa ei e pli lunga che l'umbriva ei; pli ault ch'il sulegl stat e pli pintga che l'umbriva ei. La lunghezia della umbriva ei pia direct proporzionala alla altezia dil tgierp che fa umbriva ed indirectamein proporzional alla altezia dil sulegl.





Quei desegn representa las condiziuns ded ina spunda inclinada (mira 4.5.4). Ella ei adattada de mussar il fatg che tier mintga lavur san ins midar la via e la forza, denton adina mo aschia che il product resta il medem. Nus havein cheu 3 differentas forzas: La peisa P che strocla adina encunter il center della tiara, nus schein semplamein, ella agescha en direcziun verticala. In'otra forza strocla sill'aissa de support. Ella vegn numnada «Normala» N. Lu dat ei aunc ina forza che catscha il corp engiuviars, perliung la spunda. Quella forza R ha ina cunterforza F, cun la quala ins stuess retener il tgierp ruclond.

La lavur consista enten tschentiar la hucla (in butschin) silla rampa. Quei san ins far cun alzar ella directamein agradsli. Lu ei la lavur $W = P \cdot h$. Mo nus savein era applicar ina aissa della lunghezia s e rullar si il butschin. Ussa stuein nus buca sedar giu cun l'entira peisa P, ei resta mo la forza R, respectivamein F. Quella lavur ei pia $W = F \cdot s$. Quellas duas lavurs ston esser medem grondas (mira 8.11). Pia ei $P \cdot h = F \cdot s$. Con gronda sto la forza F esser, per che nus hagien equiliber, per ch'il butschin mondi ni ensi ni engiu. Tenor las reglas de transposiziun algebraica ei

$$F = \frac{P \cdot h}{s}$$



4.5 Condiziuns d'equiliber tier semplas maschinas

Suenter che nus havein appropriau las noziuns fundamentalas della fisica, savein nus ughegiar de far novs pass per intercurir las acziuns reciprocas ella natira ed ella tecnica scaffida dal carstgaun. Las biaras maschinas, buca mo las mecanicas, mobein era las electronicas che vegnan ad occupar nus pli tard, ein imitaziuns della natira e duegien levgiar a nus nossa veta. La maschina ei in indrez che levgescha la lavur e che metta cunzun en funcziun energias della natira. Nus havein viu che lavur el senn fisical munta in product: forza ga via. Las semplas maschinas che nus contemplain uss, ed era tuts ils auters indrez, san buca midar la grondezia u quantitat della lavur, anzi mo midar las duas componentas forza e via de maniera che, sche la via ei gronda, la forza daventa correspondentamein pintga ed il contrari. In butschin de 200 kp dueigi vegnir cargaus sin in carr. In um ei buc el cass d'alzar el verticalamein. El pren pia ina liunga aissa e rocla il butschin ad emprun siado. La via ei vegnida pli liunga, mo la forza de stuschar ei pli pintga che la peisa. In tal indrez senumna maschina.

4.5.1 Asta, terschiel e suga, tgamun

Priu che la direcziun e la grondezia ded ina forza midi buc, eis ei fisicalmein senza impurtonza ch'ei vegni tratg u stuschau, che la forza tschappi directamein il tgierp u per mied d'ina asta, terschiel u suga per trer. Nus savein pia dir: Tier in vectur de forza san ins deplazzar il pugn de tschaffada (4.1) parallelamein senza che la grondezia della forza midi. Sche nus duvrein tuttina astas, terscheuls, tgamuns, sche daventa quei per cumadeivladad, ni perquei che nus pudein schiglioc buca tonscher il tgierp, e savens era per evitar la prigusadad della lavur. In tal indrez savein nus gia numnar maschi-

4.5 Gleichgewichtsbedingungen bei einfachen Maschinen

Nachdem wir uns die grundlegenden Begriffe der Physik angeeignet haben, können wir es wagen, weitere Schritte zu tun, um die Wechselwirkungen der Kräfte in der Natur und in der vom Menschen geschaffenen Technik zu untersuchen. Die vielen Maschinen, nicht nur die mechanischen, sondern auch die später zu betrachtenden elektronischen, sind der Natur nachgeahmt und sollen unser Leben erleichtern. Die Maschine ist eine Einrichtung, die die Arbeit erleichtert und besonders Naturenergien für uns einsetzt. Wir haben gesehen, dass Arbeit im physikalischen Sinn Kraft mal Weg ist, also ein Produkt. Die einfachen Maschinen, die wir jetzt betrachten, und alle andern technischen Einrichtungen, können die Qualität der Arbeit nicht verändern, sondern nur die beiden Komponenten Kraft und Weg so ändern, dass, wenn der Weg gross, die Kraft entsprechend klein wird und umgekehrt. Ein Fass von 200 kp soll auf einen Wagen verladen werden. Ein Mann ist nicht im Stande es senkrecht hinaufzuheben. Er nimmt also ein langes Brett und rollt das Fass schief hinauf. Der Weg ist länger geworden, aber die Kraft zum Stossen ist kleiner als das Gewicht. Eine solche Einrichtung heisst Maschine.

4.5.1 Stange, Seil, Deichsel

Physikalisch ist es ohne Bedeutung, ob eine Kraft, bei gleicher Richtung und Grösse, dazu benützt wird zu stossen oder ziehen, ob die Kraft direkt am Körper angreift, oder ob man dazu eine Stange oder ein Seil verwendet. Wir sagen: bei einem Kraftvektor kann man den Angriffspunkt parallel (4.1) verschieben, ohne die Kraft zu ändern. Wenn wir also trotzdem Stangen, Seile, Deichseln verwenden, so geschieht dies nur aus Gründen der Bequemlichkeit, oder weil wir den Körper sonst nicht erreichen können, und oft auch, um die Gefahren bei der Arbeit zu vermeiden. Solche Einrichtungen können

na, schegie che forza e via vegnan buc midadas.

4.5.2 Forza e cunterforza

Malgrad l'existenza de forzas restan biars corps en ruas; il taglier stat sin meisa, schegie che la tiara trai el engiuviars; il clutger dat buc entuorn schegie che beinduras ferms vents suflan; ina statgna fitgada el tratsch tegn schegie che la caura ligiada vidlunder trai vidad ella. In tgierp che ruaussa schegie che forzas train vidlunder, ei en equiliber, damai ch'ils effects de tuttas forzas compensan e neutralisan ina l'autra. La meisa smacca il taglier ensiviars e quei culla medema forza che quei ch'il taglier smacca engiuviars silla meisa, schiglioc stuess ei gie dar in moviment.

Ins vegn tgunsch a capir che nua ch'ina forza sefa valer, sto adina sefar valer ina cunterforza de medema grondezia, la quala lavura exact ella direcziun cuntraria. Quei vala schizun pil cass che in tgierp vegn mess en moviment entras ina forza, pergei, sco nus vegnin a veser pli tard, munta l'acceleraziun d'ina massa nuot auter che ina forza. Tier il giug de trer suga ha la suga en mintga liug exactamein la medema forza e cunterforza. Ei constat che l'equipa (squadra) che sto ceder, ei pli fleivla, mo en quei giug dellas forzas della suga vegn silla vart fleivla aunc vitier la forza che effectuescha il moviment.

4.5.3 Mument rotativ, agra, stadera

Sche in tgierp sil qual forzas ageschan ei fixaus mo vid in center de rotaziun, gira il tgierp ella direcziun della pli gronda forza. La direcziun della forza astga denton buca star verticalmein sin quei punct. Quei fenomen vegn numnaus mument de rotaziun (movimentum). Pli gronda che la forza rotativa (F) ei e pli liunga la distanza (a) dal center, (D) ton pli gronds ei il mument de rotaziun (M). Igl ei pia:

wir auch schon Maschinen nennen, obwohl Kraft und Weg nicht geändert werden.

4.5.2 Kraft und Gegenkraft

Trotz der Einwirkung von Kräften bleiben zahlreiche Körper in Ruhe, der Teller bleibt auf dem Tisch, obwohl die Erde ihn nach unten zieht, der Kirchturm fällt nicht um, obwohl starke Winde gegen ihn anstürmen, der eingerammte Pflock hält stand, obwohl die angebundene Ziege an ihm zieht. Ein Körper der ruht, obwohl Kräfte an ihm wirken, ist im Gleichgewicht, weil die Wirkungen aller Kräfte sich gegenseitig aufheben. Der Tisch drückt den Teller nach oben und zwar gleich stark wie der Teller den Tisch drückt, sonst müsste sich ja eine Bewegung zeigen.

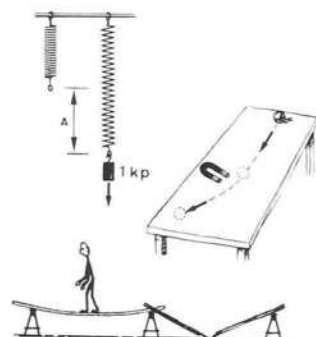
Man kann leicht einsehen, dass, wo eine Kraft auftritt, immer eine Gegenkraft gleicher Grösse vorhanden sein muss, die genau in der entgegengesetzten Richtung wirkt. Dies gilt sogar dann, wenn ein Körper durch eine Kraft in Bewegung gesetzt wird, denn, wie wir später sehen werden, bedeutet die Beschleunigung einer Masse nichts anderes als eine Kraft. Beim Spiel des Seilziehens zeigt das Seil an jeder Stelle genau die gleiche Kraft und Gegenkraft. Es stimmt, dass die Mannschaft, die nachgeben muss, schwächer ist, aber im Kräftespiel des Seiles kommt auf ihre Seite noch die Kraft dazu, die die Bewegung bewirkt.

4.5.3 Drehmoment, Hebel, Waage

Wenn ein Körper, auf den Kräfte wirken, nur an einem einzigen Punkt (Drehpunkt) fixiert wird, dreht sich der Körper in der Richtung der grösseren Kraft. Die Richtung der Kraft darf aber nicht durch diesen Punkt gehen. Diese Erscheinung nennt man Drehmoment (Movimentum). Je grösser die drehende Kraft (F) und je länger der senkrechte Abstand (a) vom Drehpunkt (D) ist, desto grösser ist das Drehmoment (M). Es ist also:

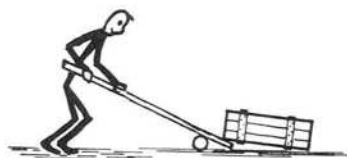
Pil tgamun tilan ins pli tgunsch che vid il carr sez. La forza resta la medema.

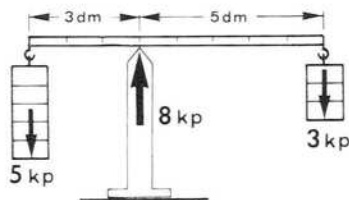
Era cun la girella va ei savens pli tgunsch de trer si rauba. Cheu vegn mo midau la direcziun, buca la forza.



Entgins effects de forzas: La peisa deformescha ina pleva de spirala, in magnet po midar la direcziun ded ina hucla de fier che s'avischina alla forza magnetica, ina punt sa vegnir spussada dad ina peisa memia gronda ch'ella sfracca. Forzas san pia midar il stadi de moviment, quei vul dir, metter en moviment corps en ruas, retener u rallentar corps en moviment, e midar lur direcziun; ellas san era midar la fuorma ded in tgierp e quei aschi lunsch ch'el vegn disfatgs en siu esser primar.

L'agra vegn surtut era duvrada dals tagliallena (burolers) cun lur zappins. Tuts corps ein elastics, quei vul dir, cura ch'ina forza che ha deformau els cala, tuornan els anavos alla fuorma primara, priu che la forza era buca stada memia gronda ed ha buca giu survargau il «confin d'elasticitad». Sche quei confin vegn surpassaus, dat ei corps che rumpan (glas, aissa, itschal) ed auters che retuornan buca pli anavos alla fuorma primara (fildrom, tschera loma). Quels corps che rumpan numnan ins supiervis e tschels plastics.

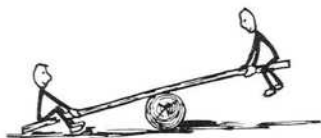




Per capir las rollas, las zuolas, las rodas, las rodas d'empalm u de dents, stuein nus mo s'immaginar ch'ellas seigien ina retscha infinita ded agras, fermadas radialmeins el medem center. Era ils fis ded ina roda muossan vi sin quei fatg. — Ella figura fagein nus cun in cerchel dus rudials. Sco centrum per omisdu prendein nus il punct de rotaziun e per radius ina gada 3 cm e l'autra gada 5 cm.

Il tscherchel grond duei esser ina roda che vegn messa en funcziun a maun u dad in motor. Il tscherchel pign duei esser ina zuola pli satella, sin la quala vegn zulau ina suga che tila ina carga dad ina spunda si. La carga vegn pli leva en proporziun dils dus radius, en nies cass treis tschunavels. Mo ins sa tgunschamein far indrezs cun ina proporziun ded in dieschavel. — Per l'agra e las rodas dat ei tons exempels ellas maschinass de baghegiar!

Dus affons vulan far ballabeina. In ei 40 kp tschel 60 kp grevs. L'aissa ei 6 m liunga. Ins metta l'aissa gest enameiez sil support per ch'ella seigi era egl equiliber senza peisa de persunas. Quei affon de 40 kp va ossum l'aissa, pia 3 m dal centrum. Nua sto quel de 60 kp esser? Il mument de rotaziun dil lev ei $3 \cdot 40 = 120$. Per esser en eguala ballantscha sto il scolar grev haver il medem mument rotativ, pia sto el seser en ina istanza de 2 m, perquei che $2 \cdot 60 = 120$.



$$M = F \cdot a$$

L'unitad dil mument rotativ ei 1 kp/m ed indichescha igl effect rotativ della forza 1 kp en distanza ded 1 m dal center. La dimensiun para ded esser la medema sco tier la lavur (W). Leu statten denton forza e via buca verticalmeins ina sin l'autra, anzi van parallel. «Vectorialmeins» stuess ins pia scriver sco suonda:

$$W = \vec{P} \cdot \vec{a}; M = \vec{F} \cdot \vec{a} \downarrow$$

In tgierp rotabel ei partenent moviment rotativ en ruaus, cura che la summa dils muments a seniester ein tuttina gronds sco la summa de quels a dretg. Tier in'agra a dus bratschs (ina gliesta girabla) ni tier ina ballabeina selai la regla d'agra deducir levameins. Dretg e seniester dil center effectueschan las forzas ina encunter l'autra. Nus schein agir ina dellas forzas F_1 perliung la via s_1 . Quei ei ina lavur. Cunquei ch'ina macchina sa buca midar la grondezia della lavur, sto sin l'autra vart dell'agra seformar la medema lavur, la quala corrispunda alla forza F_2 e la via s_2 . L'equaziun ei la suandonta:

$$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$$

Plinavon statten las vias s_1 e s_2 ella medema proporziun sco las distanzas a_1 e a_2 . Per l'agra havein nus pia equilibr cura che il product forza ga bratsch d'agra ei dad omisdu varts tuttina gronds. Ins di era: forza ga bratsch de forza = peisa ga bratsch de peisa, en scursanida:

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

Aschia havein nus la lescha d'agra, che Archimedes ha anflau gia entuorn 250 avon Cristus. Ussa savein nus pertgei ch'ins sa realisar equiliber silla ballabeina senza ch'ins metti peissas egualas. Quei ei denton necessari tier ina stadera de giuv ordinaria perquei che omisdu bratschs ein tuttina liungs; quei vala buc per la stadera de hermers u romana.

$$M = F \cdot a$$

Die Einheit des Drehmomentes ist 1 kp/m. Sie gibt die Drehwirkung der Kraft von 1 kp im Abstand 1m vom Drehpunkt an. — Die Dimension scheint die gleiche zu sein wie bei der Arbeit (W). Dort aber stehen Kraft und Weg (Abstand) nicht senkrecht zu einander, sondern gehen parallel. Man müsste «vektoriell» also so schreiben:

$$W = \vec{P} \cdot \vec{a}; M = \vec{F} \cdot \vec{a} \downarrow$$

Ein drehbarer Körper ist in bezug auf die Drehbewegung in Ruhe, wenn die Summe der linksdrehenden Momente gleich gross wie die Summe der rechtsdrehenden ist. Bei einem zweiarmligen Hebel (drehbar aufgehängte Stange) oder einer Kinderschaukel lässt sich das sog. Hebelgesetz leicht ableiten. Rechts und links vom Drehpunkt wirken die Kräfte entgegengesetzt. Wir lassen die eine Kraft F_1 längs des Weges h_1 wirken. Dies ist eine Arbeit. Da eine Maschine die Arbeitsgrösse nicht ändern kann, muss auf der andern Seite des Hebels die gleiche Arbeit entstehen, die der Kraft F_2 und dem Weg s_2 entsprechen. Es gilt also die Gleichung: $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$

Nun stehen die Wege s_1 und s_2 im gleichen Verhältnis wie die Abstände a_1 und a_2 . Beim Hebel haben wir also Gleichgewicht, wenn das Produkt Kraft mal Hebelarm auf beiden Seiten gleich ist. Man sagt auch: Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm,

$$\text{abgekürzt: } F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot a_2$$

Damit haben wir das Hebelgesetz, das Archimedes schon um 250 v. Chr. gefunden hat. Nun wissen wir, warum man auf der Schaukel Gleichgewicht herstellen kann, ohne dass man gleiches Gewicht aufsetzt. Dies ist aber bei einer gewöhnlichen Balkenwaage nötig, weil beide Arme gleich lang sind, im Gegensatz zur Händler- oder römischen Waage.

La definiziun dil mument de rotaziun pretenda che la forza ed il bratsch d'agra formeschian in anghel dretg. Stauschan ins p.ex. sin in pedal de velo el punct de culminaziun s'effectuescha negina forza rotativa. La distanza verticala ei nul, ed aschia era il mument rotativ.

Stattan ils pedals schreg sche diventa il mument eguals alla forza denter il center e la lingia verticala della forza ga la distanza horizontala. Il mument contonscha sia maximalitad cura che la distanza horizontala survegn la medema lunghezza sco quella della pedala, q.v.d. cura ch'il liug dil pass cul pei ha contonschiu la pli gronda distanza dagl ischel rotativ.

Sempels muments de rotaziun ed agras entupein nus dapertut: la zaunga, il smaccanuschs, la stadera de brev, la carretta, il frein a maun dil velo, la forsch, la girella, rodas e rollas, la zuola de suga. En connex cun rollas e zuolas lein nus tener endamen che ina rolla mida buca la forza, mobein sulettamein la direenziun (sco in'agra de bratsch equal), e che duas rollas ferm ligiadas ina vid l'autra secuntegnan fisicalmein sco in'agra de bratschs ineguals.

4.5.4 Spunda inclinada

Nus havein menzionau in butschin de 200 kp che duei vegnir cargaus sin in carr. Per render la forza tier quella lavur schi bassa sco pusseivel, per che in sulet um possi duminar ella, havein nus proponiu il diever della spunda, numnadamein in'aissa liunga che nus pusein encunter la punt dil carr. Era cheu eis ei de negin'impurtonza partenent la grondezia della lavur, sco ins s'enschigna. La quantitat della lavur semida buc. Ei il carr 1,20 m aults, sche ei la lavur sco adina per tals cass $W = 200 \text{ kp} \cdot 1,20 \text{ m} = 240 \text{ kpm}$.

L'aissa inclinada dueigi esser 6 m liunga. La via ei pia 5 ga pli liunga che l'altezia; perquei sto la forza necessaria per rullar esser 5 ga pli pintga, pia 40 kp. La controlla che la lavur ei stada tuttina gronda constat, demai $W = 40 \text{ kp} \times 6 \text{ m} = 240 \text{ kpm}$.

Die Definition des Drehmomentes verlangt, dass Kraft und Hebelarm einen rechten Winkel bilden. Drückt man z.B. ein Velopedal im obersten Punkt nach unten, wird keine Drehkraft wirksam. Der senkrechte Abstand ist null, und somit auch das Drehmoment.

Stehen die Pedale schräg, so wird das Moment gleich der Kraft mal der horizontalen Entfernung von der vertikalen Wirkungslinie der Kraft. Das Moment erreicht sein Maximum, wenn die Entfernung der Drehachse gleich der Länge der Pedallänge wird, d.h. wenn die Trittstelle des Fusses den grössten Abstand von der Drehachse erreicht hat.

Einfache Drehmomente und Hebel begegnen uns auf Schritt und Tritt: Zange, Nussknacker, Briefwaage, Schubkarren, Velohandbremse, Schere, Seilwinde, Räder, Rollen, Wellböcke, Flaschenzüge. Bei den Rollen wollen wir uns nur merken, dass eine lose Rolle die Kraft nicht ändert, sondern nur die Richtung (wie ein gleicharmiger Hebel), und zwei festverbundene Rollen sich verhalten wie ein ungleicharmiger Hebel.

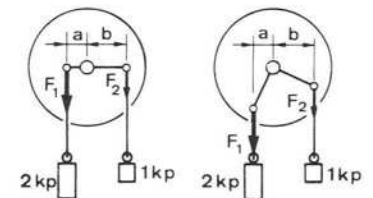
4.5.4 Die schiefe Ebene

Wir haben ein Fass von 200 kp erwähnt, das auf einen Wagen verladen werden soll. Um bei dieser Arbeit die Kraft so niedrig zu halten, dass ein einziger Mann sie bewältigen kann, haben wir die schiefe Ebene vorgeschlagen, nämlich ein langes Brett, das wir schräg auf die Wagenbrücke anlehnen. Auch hier muss es in betreff der Arbeitsgrösse gleichgültig sein, wie man es anstellt. Die Grösse der Arbeit ändert sich nicht. Ist der Wagen 1,20 m hoch, so ist die Arbeit jedenfalls $W = 200 \text{ kp} \cdot 1,20 \text{ m} = 240 \text{ kpm}$.

Das Brett soll 6 m lang sein. Der Weg ist also 5 mal länger, somit muss die zum Rollen nötige Kraft 5 mal kleiner werden, also 40 kp. Die Kontrolle, dass die Arbeit gleich gross geblieben ist, stimmt, denn $W = 40 \text{ kp} \cdot 6 \text{ m} = 240 \text{ kpm}$. (Skizze S. 22)



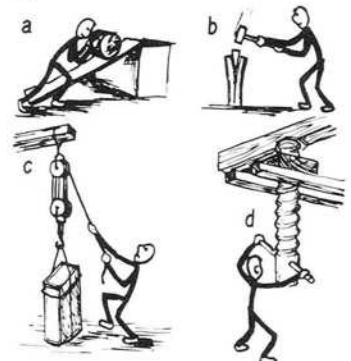
Mintga gada che in pei ei sissum e tschel giudem, ha il velocipedist buca forza de far ir, el sto spetgar tochen che la pedala sissum s'avonza anavon e lu sa el puspei stuschar quella pedala che va engiu.

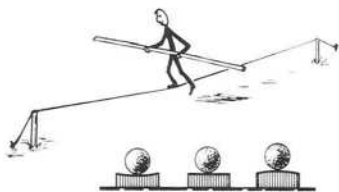


La lunghezza assoluta dil bratsch de forza ei buca relevonta, mobein la distanza rectangulara dal center de rotaziun. Cheu se tract'ei de vecturs (mira cap. 4.1). Igl indrez della spunda inclinada mira: desegn, cap. 4.5, p. 22.

Enstagl della spunda inclinada (a) drovan ins ozildi pli savens la crana cun in tuorn ed agras alzas pneumaticamein (c). Era in cugn (b) ei nuot, auter che ina spunda dubla. Pli gross ch'el ei, e pli vess ch'el penetrescha.

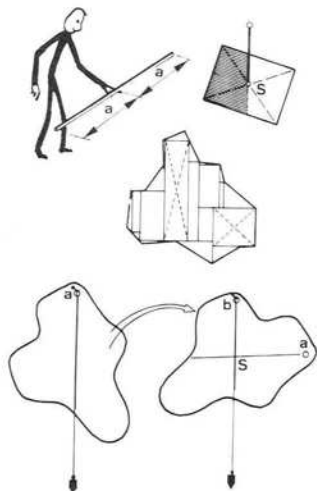
La struba (d) ei ina spunda pli liunga che vegn menada en in rudi entuorn in tgiern solid. Egl indrez ch'ins numna torchel in grondeschan ins la forza cun ina agra.





Per rodas che van spert ei il center de grevezia fetg impurtonts. Ina roda ch'ei buca centrada, strembla. Las rodas digl auto vegnan equilibradas cun fermar tocca de plum vid la gaveglia. Cun isar giu ils pnes malreguladamein u cun piarder quels tocs de plum, vegn la roda malcentrada ed igl auto rampluna sco ded ir sur ina via ondulada. Era igl apicultur che fa ora mel, sto mirar de cargar ulivamein sia maschina de centrifugar. Quei stremblir savein nus experimentar cun encurir il centrum de grevezia, sco quei ch'igl ei mussau el desegn. Nus fagein quei cun in cartun, mo furein cun ina guota in tec dasperas e fagein rotar il cartun tenent la guota entamaun.

Il saltimbanc acrobatic sesanfla egl equiliber labil. Siu center de grevezia sto adina esser gest sur la suga. Ei quei buca il cass, sa el dar ina menada all'asta ch'el porta e quella ulivescha puspei, aschia ch'il stadi labil daventa quasi in stadi segir.



La spunda inclinada fisicala ei realisada tier rampas, vias, funicularas, cugns, strubas, cuntials etc.

4.5.5 Center de grevezia, stabilitad

Vul ins metter ina gliesta uliva de lenn sil muossadet stendiu, ston ins tener ella exact enameiz. L'entira peisa smacca uss sin in punct. Ins numna quel: center de grevezia, ni center de massa (priu exact ei quei center buca leu nua che la gliesta tucca il det, mobein el miez della grossezia e lunghezia della gliesta). Tier corps geometrics regulars cun repartiziun uliva della massa, ei il center geometric el medem temps era center della massa. Cun quei ch'el ei mo imaginaus, sa el era esser ordeifer las materias, per exempel tier in tscherchel ni ina roda cun la ruosna-ischel. In tgierp irregular pendein nus vid in fil. La prolungaiziun della direcziun dil fil engiuviars, muossa giu encunter il center della tiara e va en mintga cass tras il center de grevezia. Nus repetein la suspensiun en in auter punct. La nova lingia de grevezia taglia l'emprema el center de massa. L'enconuschientscha dil center de grevezia simplifichescha biars quens mechanics. Nus stuein buca pli quintar cul tgierp en sia entira extensiun, anzi, mo cun in punct, enten il qual l'entira peisa e l'entira massa vegn representada.

La noziun dil center de massa gida nus cunzun tier la differenziaziun dellas specias d'equiliber e tier la calculaziun della stabilitad. Ina rucla sesanfla egl intern d'ina cuppa sferica en ruas. Entras ina forza jastra dueigi ella survegnir ina midada de posiziun. Cala la forza, sche rocla ella puspei anavos ella posiziun la pli bassa ch'ei pusseivla. Cun mintga midada de posiziun vegn siu center de grevezia alzaus; ei drova leutier ina lavur. Quella posiziun numnan ins la posiziun segira u stabila. Mettein nus la rucla silla surfatscha externa della rucla, sesbassa il center de massa tier mintga midada de po-

Die Schiefe Ebene ist verwirklicht bei Rampe, Strasse, Seilbahn, Keil, Schraube, Messer usw.

4.5.5 Schwerpunkt, Standfestigkeit

Will man einen gleichmässig dicken Holzstab auf den ausgestreckten Zeigefinger legen, muss man ihn genau in der Mitte unterstützen. Seine ganze Last drückt jetzt auf einen Punkt. Man nennt ihn den Schwerpunkt oder Massenmittelpunkt. (Genau genommen ist er nicht an der Berührungsstelle von Finger und Stab, sondern in der Mitte der Stabdicke und Stablänge). Bei geometrisch regelmässigen Körpern mit gleichförmiger Massenverteilung ist der geometrische Mittelpunkt zugleich auch Massenmittelpunkt. Da er nur gedacht ist, kann er auch ausserhalb der Körper liegen, z.B. bei einem Ring oder Rad mit Nabelloch. Einen unregelmässigen Körper hängen wir an einem Faden auf. Die Verlängerung der Fadenrichtung nach unten, die sogenannte Schwerlinie, zeigt gegen den Erdmittelpunkt und geht immer durch den Schwerpunkt. Wir wiederholen die Aufhängung an einem andern Punkt. Die neue Schwerlinie schneidet die erste im Massenmittelpunkt. Die Kenntnis des Schwerpunktes vereinfacht viele mechanische Aufgaben. Wir müssen nicht mehr mit dem Körper in seiner ganzen Ausdehnung rechnen, sondern nur mit einem Punkt, welcher das ganze Gewicht und die ganze Masse vertritt.

Der Begriff des Massenmittelpunktes hilft uns besonders bei der Unterscheidung der Gleichgewichtsarten und bei der Berechnung der Standfestigkeit. Eine Kugel befindet sich im Innern einer Kugelschale in Ruhe. Durch eine fremde Kraft soll sie eine Lageänderung erfahren. Hört die Kraft auf, so rollt sie wieder in die tiefstmögliche Lage. Bei jeder Änderung der Lage wird ihr Schwerpunkt gehoben, es braucht also dazu eine Arbeit. Diese Lage nennt man die sichere oder stabile Lage. Legen wir die Kugel auf die äussere Kugelfläche, sinkt der Massenpunkt bei jeder Änderung ihrer Lage. Die Kugel be-

sizun. La rucla sesanfla ella posiziun malsegira u labila. Sin ina surfatscha horizontala uliva stat la rucla eri en mintga liug. Quella moda d'equiliber numnan ins posiziun indifferenta. In tschep rectangular mess sin meisa ei en in equiliber stabil, perquei che il center de grevezia sa buc esser pli bass. Ins sa denton alzar el sin ina cantunada schi fetg, tochen ch'el cupetga. En quei mument ei il center de grevezia il pli ault e tendescha da sesez engiuviars.

Cun pender si in tgierp savein nus far las suandontas expectoraziuns: ei il punct de suspensiun sur il center de grevezia, eis el en posiziun stabila; ei il punct de suspensiun, ni punct de sustegn sut il center de grevezia, sche vein nus la posiziun labila. Suspendius indifferentamein ei il tgierp sche il center de grevezia ed il center de massa coincideschan. La stabilitad sa vegnir calculada u dalla forza iniziala u ord la lavur ch'ei drova per derscher il tgierp. La stabilitad ei gronda sche la surfatscha de sustegn ei gronda ed il center de grevezia schai bass. Cura che in scolar vegn attaccaus d'in auter, sesbargata el spert. Aschia obtegn el ina pli gronda basa de sustegn, e metta il center de grevezia pli a bass. Entras questa enconuschientscha essan nus el cass de capir la construcziun de petgas d'emprun, de portalam-pas, lampas de meisa, crans, tschaghognas e trax, de baghetgs cun surtschentadas. Era la tuor inclinada de Sogn Murezi e de Pisa ein buca pli misteris.

4.5.6 La fricziun

La fricziun ei ina cunterforza che impedischa in moviment ni frenescha quel. Cun in dinamometer targein nus in tschep sur in plat-meisa vi. Stendin nus la plema cun precauziun, sche muossa il dinamometer avon l'entschatta dil moviment ina forza ch'ei empau pli gronda che quella ch'ei drova per tener il tschep en in moviment uniform. La forza de fricziun all'entschatta digl experiment numnein nus fricziun de te-

findet sich in der unsicheren oder labilen Lage. Auf einer glatten, horizontalen Fläche bleibt die Kugel an jeder Stelle stehen. Diese Gleichgewichtsart nennt man die gleichgültige oder indifferente Lage. Ein rechtwinkliger Holzklotz auf den Tisch gestellt, ist im stabilen Gleichgewicht, weil der Schwerpunkt nicht tiefer liegen kann. Man kann den Klotz aber um eine Kante soweit aufstellen, bis er umkippt. In diesem Augenblick ist der Schwerpunkt am höchsten und wird von selber nach unten streben. Beim Aufhängen eines Körpers können wir folgende Aussagen machen: Ist der Aufhängepunkt über dem Schwerpunkt, so ist er in stabiler Lage. Ist der Aufhänge- oder Stützpunkt unter dem Schwerpunkt, haben wir die labile Lage. Indifferent aufgehängt ist der Körper wenn Schwer- und Massenmittelpunkt zusammenfallen.

Die Standfestigkeit (Stabilität) kann entweder aus der Anfangskraft berechnet werden oder aus der Arbeit, die es braucht, um den Körper umzustossen. Die Standfestigkeit ist gross, wenn die Standfläche gross ist und der Schwerpunkt tief liegt. Wenn ein Schüler von einem andern angegriffen wird, spreizt er rasch die Beine. Damit erhält er eine grössere Standfläche und legt den Schwerpunkt tiefer. Durch diese Erkenntnis sind wir imstande, die Stabilität von Ständern, Stehlampen, Kränen oder überhängenden Bauten zu verstehen. Auch die Schiefen Türme von St. Moritz und von Pisa sind keine Geheimnisse mehr.

4.5.6 Reibung

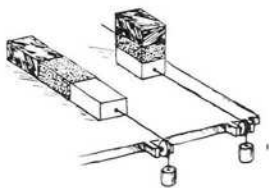
Die Reibung ist eine Gegenkraft, die eine Bewegung verhindert oder hemmt. Mit einem Kraftmesser ziehen wir einen Holzklotz über eine Tischplatte. Spannen wir die Feder vorsichtig an, so zeigt der Kraftmesser vor Beginn der Bewegung eine Kraft an, die etwas grösser ist als jene, die nötig ist, den Holzklotz in gleichförmiger Bewegung zu erhalten. Die Reibungskraft zu Beginn des Experimentes nennen wir Haf-



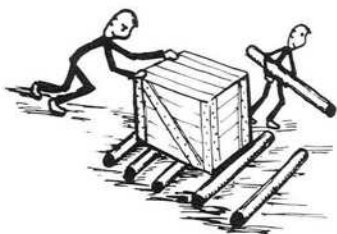
Igl affon pign ch'entscheiva ad ir, drova bia exercezi tochen ch'el anfla igl equiliber segir. Mintga trapla po derscher el. En situaziuns «prigulusas» semetta el giun plaun e secuntenta puspei cun seruschnar. Quei sentiment digl equiliber svanescha era entras tissis, il pli bia entras surbeiber alcohol. Igl organ per nossa equilibrasiun sesanfla ella ureglia. Quei organ sa disdir sch'el vegn strapazzaus. Ins survegn il turnighel u dat vi da mauls. Bia glied ein aschi sensibels ch'il scurlem egl auto po far bled ad els. Ins sa far in experiment buca prigulus: Ins pren ina canna, tegn quella sisum culs mauns e pusa il tgau sils mauns. En quella posiziun van ins in per gadas entuorn il fest che sefora el tratsch.

En nossa cuntrada alpina ei igl ir cun auto bein savens in problem, cura che las rodas seleischnan ella neiv igl unviern. Tgei han ins tut empruau per augmentar la fricziun. Bunas experienschas han ins ils davos onns fatg cun applicar la adhesiun che vegn declarada el cap. 7.2.





El desegn havein nus treis tscheps de lenn. Targein nus mo in, sche ei la forza frictiva treis gadas pli pintga. Denton anflan ins buca differenza sch'ins metta ils tscheps in sin l'auter. En in cass ei la surfatscha de fricziun pli gronda, en l'auter la forza che smacca. Sch'ins metta denton denter meisa e tscheppa in pupi u ina teila, semida la forza frictiva secund la materia.



Ord la tabella vesein nus che la cefra de fricziun (coefficient) vegn bia pli pigns, sco ch'ins applichescha rodas, rodaias, rollas, ed era cura ch'ins unscha. Sch'ins ha per exempel de stuschar ina mobilia sin in plan-tschiu de lenn, ston ins stuschar cun ina forza che munta la tschunavla tochen bunamein la mesadad della peisa. Per stuschar caussas fetg grevas sin in plan-tschiu mettan ins il meglier in teppi nausch suten e tila lez.

nientscha ni fricziun de ruau; la forza fricativa che semanifesta cun il moviment, fricziun de leischen ni fricziun de moviment. Mettan ins p.ex. sut il tschep rispials rodunds, sesbassa la forza fricativa sin in tschunavel ni dieschavel della valeta. Quella moda de fricziun secloma fricziun rullonta. Ils experiments muossan che la fricziun de tenientscha (adhesiun) ei pli gronda che quella de moviment, e quella pli gronda che la fricziun rullonta.

Gronda fricziun de tenientscha posseda p.ex. la tschera d'adhesiun per skis u la rascha per igl artg della gegia sillas cordas. Fricziun lischnonta capeta tier tuts moviments de lischnar. Ella vegn sminuida entras mieds d'unscher, u augmentada entras stiarnar sablun etc. La fricziun rullonta vein nus tier rodas e cullaneras.

Quella specia de forzas fricziunontas ein quasi independentas dalla spertadad. Quei vala denton buc dalla fricziun en currents d'aria e currents d'aua en connex cun aviuns e bastiments. En tuts ils auters cass ei la grondezia della forza fricativa dependenta dalla forza normala (N) e dad ina cefra specifica che semida tenor las specias dellas surfatschas che setuccan e tenor la moda e maniera della fricziun. Quella cefra, numnada coefficient de fricziun (f), anflan ins en tabellas technicas.

treibung oder Reibung der Ruhe, die Reibungskraft, die sich bei Bewegung einstellt, Gleitreibung oder Reibung der Bewegung. Unterlegt man dem Holzklotz z.B. runde Bleistifte, sinkt die Reibungskraft auf ein Fünftel oder Zehntel des Wertes. Diese Reibungsart heisst Rollreibung. Die Versuche zeigen, dass die Haftreibungskraft grösser ist als die Gleitreibungskraft und diese grösser als die Rollreibungskraft.

Grosse Haftreibung besitzt z.B. Steigwachs auf Schnee, oder der Geigenbogen auf der Saite. Gleitreibung tritt bei allen Gleitbewegungen auf. Sie kann durch Schmiermittel verringert oder z.B. durch Sand vergrössert werden. Die Rollreibung finden wir bei Rädern und Kugellagern.

Diese Art Reibungskräfte sind von der Geschwindigkeit fast unabhängig. Dies gilt aber nicht von der Reibung in Luft- und Wasserströmen bei Luft- und Wasserschiffen. In allen andern Fällen ist die Grösse der Reibungskraft abhängig von der Normalkraft (N) und von einer spezifischen Zahl, die je nach Art der sich berührenden Flächen und der Art der Reibung verschieden ist. Diese Zahl, Reibungszahl (f) genannt, findet man in technischen Tabellen.

Einige Beispiele:

Las duas materias	Coeffizient – Reibungszahl	Das Stoffpaar
Viafier sin rodaias	0,002–0,005	Eisenbahnwagen auf Schienen
Carr cun rodas de gummi sin via artificiala	0,02	Wagen mit Gummireifen auf Kunststrasse
Carr cun rodas de gummi sin via de prau	0,1 – 0,3	Wagen mit Gummireifen auf Feldwegen
Schliusa sin glatsch	0,1 – 0,2	Schlitten auf Eisfläche
Itschal sin itschal buca untschui	0,1 – 0,2	Stahl auf Stahl, ungeschmiert
Itschal sin itschal untschui	0,07	Stahl auf Stahl geschmiert
Lenn sin lenn	0,2 – 0,4	Holz auf Holz

8.2 La forza de fricziun ei directamein proporzionala alla peisa u forza normala ed al coefficient de fricziun.

$$R = N \cdot f$$

4.5.7. Pensum

Con gronda ei la forza de fricziun d'in carr de 700 kp peisa sin ina buna via de funs?

$$\left. \begin{array}{l} N = 700 \text{ kp} \\ f = 0,2 \end{array} \right\} R = N \cdot f = 700 \text{ kp} \cdot 0,2 = 140 \text{ kp}$$

Nus savein era dir: La forza de trer quei carr ei $\frac{1}{5}$ ni 20% della peisa entira; enstagl de 700 kp mo 140 kp.

5. Il special secutener static dils liquids

La qualitat fundamentala ded in liquid ei la facilitad dellas differentas parts de sedeplazzar ina da l'autra. Questa facila translaziun ei la raschun ch'in tgerp ei insumma liquids, e da quella qualitat sa vegnir deduciu bunamein tut tschei secutener special dils liquids. Aschia emplescha in liquid mintga spazi en disposiziun che sesanfla pli bass che la surfatscha dil liquid. Perquei ha in liquid bein in cert volumen ed ina certa peisa e massa, mo buca in fuorma determinada. Ella surpren la fuorma dil recipient (vischi).

5.1 La pressiu statica d'in liquid

Corps liquids han era ina peisa e perquei ina pressiu. Quella age-scha, cuntriamein als corps solids, en tuttas direcziuns, e quei pervia dil facil deplazzament. Fan ins en in recipient, emplenius cun aua, dalla vart, in sur l'auter differentas ruosnas, springia l'aua pli lunsch ord las ruosnas a bass che ord quellas ad ault. Sch'ins mesira la pressiu dil liquid encunter il funs (squetsch de funs) de differentes recipients de varias fuormas, denton cun la medema surfatscha de squetsch, vesan ins che quella pressiu, numnada hidro-

Je grösser das Gewicht oder die Normalkraft N und je grösser die Reibungszahl f , desto grösser die Reibungskraft R

$$R = N \cdot f$$

4.5.7 Aufgabe:

Wie gross ist die Reibungskraft eines 700 kp schweren Wagens auf einem guten Feldweg?

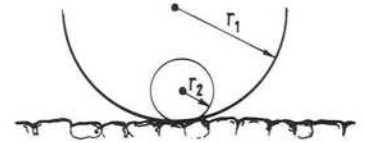
Wir können auch sagen: Die Zugkraft die es braucht um diesen Wagen zu ziehen ist $\frac{1}{5}$ oder 20% des Gewichtes, statt 700 kp nur 140 kp.

5. Das besondere statische Verhalten der Flüssigkeiten

Grundeigenschaft einer Flüssigkeit ist die leichte Verschiebbarkeit der einzelnen Teile gegeneinander. Diese leichte Verschiebbarkeit bewirkt, dass ein Körper flüssig ist. Aus dieser Eigenschaft können fast alle besonderen Eigenschaften einer Flüssigkeit abgeleitet werden. So füllt eine Flüssigkeit jeden ihr zur Verfügung stehenden Raum aus, der tiefer liegt als ihre Oberfläche. Deshalb hat eine Flüssigkeit wohl ein bestimmtes Volumen und ein bestimmtes Gewicht, jedoch keine bestimmte Form. Sie nimmt die Form des Gefässes an.

5.1 Der statische Flüssigkeitsdruck

Flüssigkeiten haben auch ein Gewicht und deshalb einen Druck. Dieser ist im Gegensatz zu den festen Körpern, der leichten Verschiebbarkeit wegen, allseitig. Macht man in einem mit Wasser gefüllten Behälter seitlich übereinander verschiedene Löcher, spritzt das Wasser aus den unteren weiter als aus den oberen. Durch Messung des Bodendruckes einer Flüssigkeit bei verschiedengeformten Gefässen, aber mit derselben Druckfläche, lässt sich zeigen, dass der Flüssigkeitsdruck, auch hy-

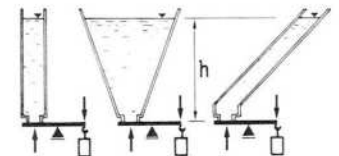


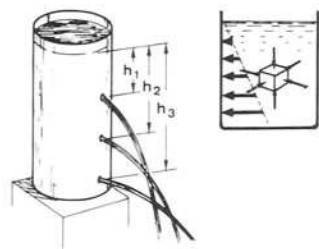
Pertgei ha ina roda gronda buca tonta fricziun sin via maluliva sco ina pintga? La roda gronda sfundra buca ellas cavas sco la pintga. La carga cun pintga roda sto adina puspei vegnir alzada ord la ruosna, e quei munta lavur. Sin ina via de funs fa il medem car 10 gadas pli vess che sin ina via artificiala moderna. Bunas vias sparngnan era energia.

Eis ei pusseivel, ch'il squetsch total de funs en in vischi seigi pli gronds che la peisa dil liquid en quei vischi? Il paradoxon de Pascal pretenda quei. Sch'ins fa per exempel in vischi fetg stretg sco in bischel satel ded in meter altezza e slarga quel mo giudem en ina surfatscha de 100 cm², ei la pressiu totala 10 kp, schegie ch'ins ha strusch duvrau 1 liter aua per emplenir quei vischi.

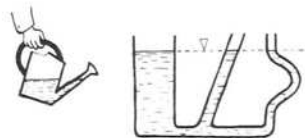
Il quen di quei exactamein. Nus havein en quei cass in meter altezza e quei dat tenor cap. 4.2 ina pressiu de 0,1 at. Quei vul dir, sin mintga cm² croda ina forza de 100 p. Per 100 cm² fa quei 10 kp. Quei ei en sesez nuot niev. Nus havein viu el cap. 4.5.3 ch'ins sa era cun agid ded ina agra augmentar la forza sin cuost della via. Quei principi vegn applicaus ella pressa hydraulica: En in satel pistun vegn pressiau ieli. Quel sederasa cun siu squetsch sin ina surfatscha ch'ei per exempel 100 gadas pli gronda ed effectuescha leu ina forza tontas gadas pli gronda.

Exempels: Trax cun lur bratscha de bishels, ils freins hydraulics digl auto, etc.





Il squetsch dell'aua ei mo dependents dalla differenza d'altezia. Pli gronda che l'altezia ei e pli sperta che l'aua squetra ord la ruosna. La spertadad de sortida ei gest aschi gronda sco quella ded in tgierp ch'ins lai curdar ord l'altezia dil nivel ded au a «h». Quella spertadad ei $v = \sqrt{2g \cdot h}$. Il desegn dretg vul dir, che in tgierp suffrescha pli grond squetsch en profunditads pli grondas. El crescha cun la profunditad, mo ei sin tuttas varts tuttina grondas.



Sch'ins metta en in de quels treis vischals pli bia au a, sche sereparta l'aua era en tschels tochen che l'altezia ei dapertut tuttina gronda. Sch'ins fa in de quels pli aults che tschels ed empleina el pli fetg, va l'aua surora en tschels. Era cheu vesan ins ch'il paradoxon hydraulic di la verdad: Schegie che in vischi pli lad cuntegn bia de pli au a, ei la pressiu n mo dependenta dalla altezia, schiglioc mass l'au a dil vischi lad vi en quel pli satel. – Cun in conduct san ins menar l'au a ded ina fontauna giu en ina foppa e pusei da l'autra vart si tier in begl. Quel astga buca esser pli ad ault che la fontauna. L'au a va senz'auter era ensi, sch'il squetsch engiu ei empau pli grondas.

statica, dependa mo dall'altezia e dalla peisa specifica dil liquid, mo buca dalla fuorma u grossezia dil vischi (Paradoxon hydrostatic de Pascal).

L'unitad de pressiu n, 1 kp/cm² vegn per exempel contonschida dad au a enten emplenir in bischel cul profil ded 1 cm² cun in liter au a. L'altezia dell'au a ei lu 10 m.

5.2 Recipients colligai u communicants

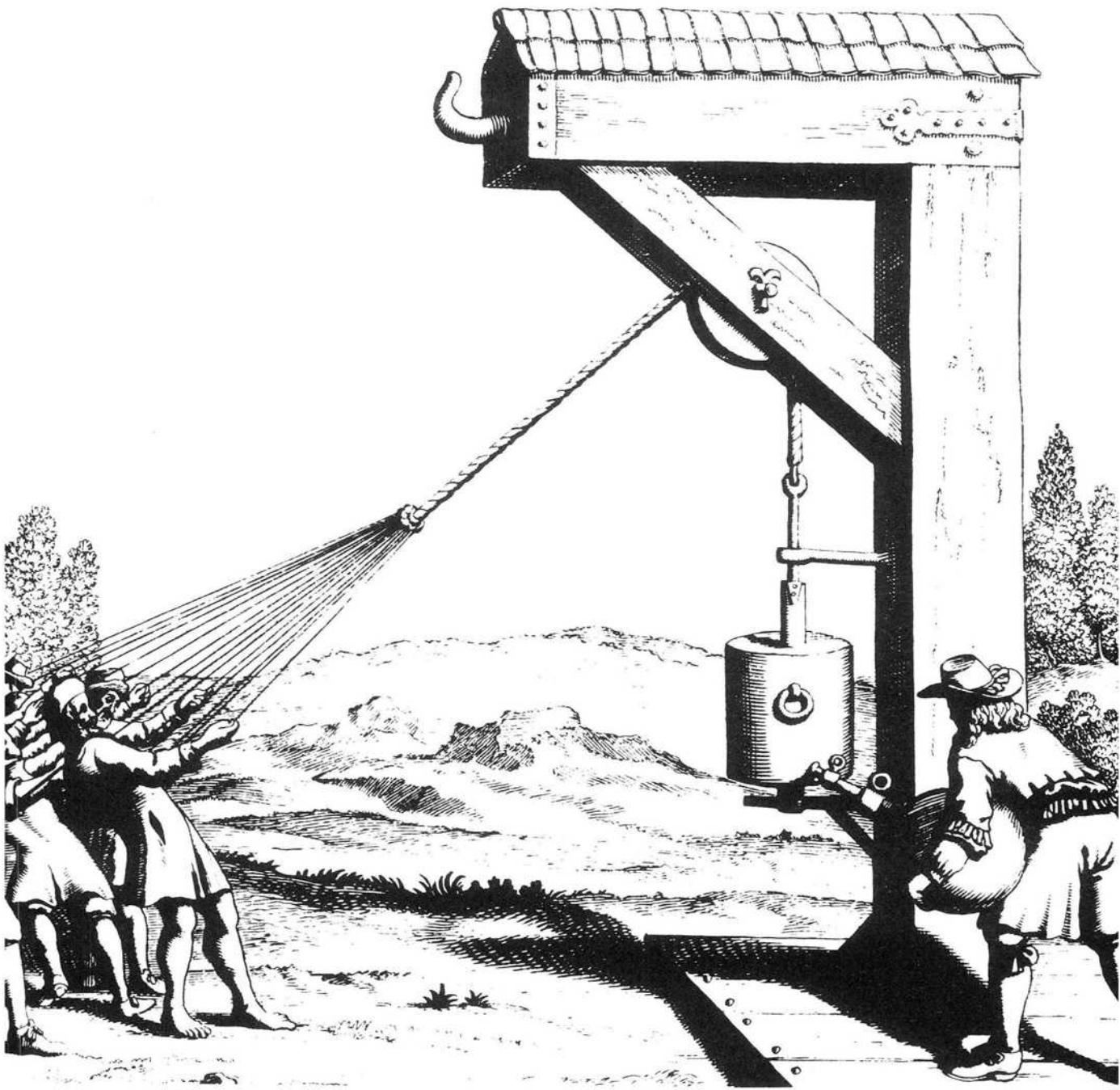
Bischels colligai ein recipients che stattan in cun l'auter en communicaziun, emplenì cun liquid. Sut il nivel stat il liquid en contact direct, sur il lievel entras l'aria. En recipients communicants stat la surfatscha en medem'altezia da mintga vart. Quei seresulta era dal paradoxon hydrostatic.

Quei selai era levamein comprovar sch'ins sparta in recipient pli lad emplenius cun au a, la quala formescha secapescha dapertut medem aulta surfatscha, cun ina spartgida de maniera che sut ei buca serrau giu hermeticamein. Entras imerger la spartgida, sesaulza la surfatscha dell'au a in tec; ella resta denton ellas duas novas parts dil recipient tuttina aulta. Vegn in recipient tenius pli bass che la surfatscha, sche cuora au a surora, e da l'auter recipient cula suenter il liquid tochen che omisdus recipients en nova posiziun ein pusei emplenì sin medema altezia. Quei succeda tier la honta de bugnar u tier il ruog de caffè. In conduct ded au a ha sia sbuccada pli a bass che la surfatscha dell'au a el reservuar, ei denton serrabels. Pér cun arver la spina cula l'au a da l'auter recipient, suenter dal reservuar. La differenza d'altezia dal reservuar alla spina effectuescha la pressiu n dell'au a en casa. Tier la fontauna springenta ei la sbuccada drizzata ensi ed adina aviarta. Tier fetg stretgs bischels seresulta ina differenza d'altezia per recipients communicants. Quei vengnin nus a veser pli tard.

drostatischer Druck genannt, auf der Einheitsfläche nur von der Höhe und der Wichte der Flüssigkeit, nicht aber von der Gefäßform abhängig ist (Hydrostatisches Paradoxon). Die Einheit 1 kp/cm² wird für Wasser erreicht, wenn man eine Röhre mit dem Querschnitt 1 cm² mit einem Liter Wasser füllt. Der Wasserstand ist dann 10 m.

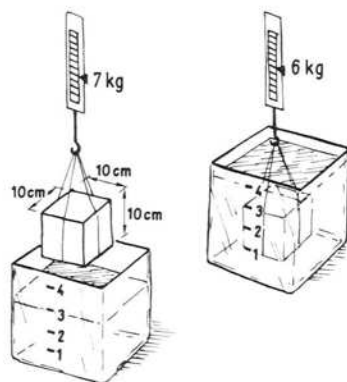
5.2 Verbundene Gefäße

Verbundene Röhren sind mit Flüssigkeit gefüllte Behälter, die unter- und oberhalb des Flüssigkeitsspiegels miteinander verbunden sind. Die obere Verbindung besteht meistens aus der umgebenden Luft. In verbundenen Gefäßen steht die Oberfläche immer gleich hoch. Dies ergibt sich auch aus dem hydrostatischen Paradoxon. Es lässt sich auch leicht zeigen, wenn man ein breiteres Gefäß, das mit Wasser gefüllt ist und dessen Oberfläche natürlich überall gleich hoch liegt, durch eine Trennwand so teilt, dass unten nicht dicht abgeschlossen wird. Durch das Eintauchen der Trennwand ist die Oberfläche ein wenig gehoben worden, sie ist aber in den nun entstandenen Teilgefäßen gleich hoch. Wird eines der Gefäße tiefer gehalten als die Oberfläche, so fließt Wasser heraus und vom andern Gefäß fließt Flüssigkeit nach, bis beide Gefäße in der neuen Stellung wieder gleich hoch gefüllt sind. Dies geschieht bei der Giesskanne oder beim Kaffeekrug. Bei der Trinkwasserleitung liegt der Ausfluss tiefer als die Oberfläche im Reservoir, ist aber verschliessbar. Erst beim Öffnen des Wasserhahnes fließt vom andern Gefäß, dem Reservoir, Wasser nach. Der Höhenunterschied von Reservoir und Wasserhahnen ergibt den Wasserdruck im Haus. Beim Springbrunnen ist der Ausfluss nach oben gerichtet und immer offen. Bei ganz engen Röhren ergibt sich ein Höhenunterschied, wie wir später sehen werden.

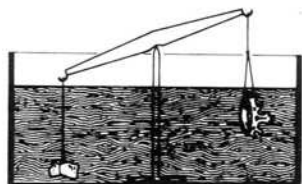
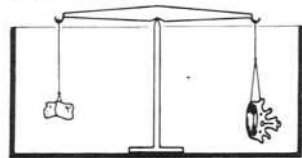


In dils numerus experiments de Otto v. Guericke (mira p. 33/34)

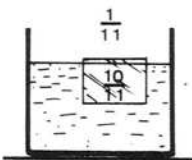
Il·ls maletgs de cuviarta e quels allas paginas 43 e 55 vegnan explicai el davos cudischet de fisica.



El vischi dretg stat l'aua pli ault che el seniest. Cun sfunsar in tgiarp han ins pia stuü luvrar, quei vul dir, nus havein cheu ina forza, perquei che l'aua ha ina peisa, ed ina via, perquei che l'aua ei vegnida alzada. Per sentir clar e bein quei catsch ascensional prendan ins in ballun de termagls e catscha el senza aria ell'aua. Silsuenter suflan ins si el e fa il medem.



Il fravi d'aur ha priu in metal pli lev che aur. Per mantener la peisa ha el stuü far la cruna in tec pli gronda. El havess saviu mantener la grondezia; mo lu havess Archimedes cuninagada anflau la differenza de peisa.



In tgiarp che sesfunsu en au a cun 10 endischavlas parts, ferton che ina endischavla mira ord l'aua, ha ina peisa specifica de $10/11 = 0,91$. In toc lenn sesfunsu per ca. la mesadad. Sia peisa specifica ei pia ca. 0.5.

5.3 Il catsch ascensional

Stuein nus ir per gronda crappa en in ual, purtein nus ora ella cun avantatg cun tener els sut au a. Ell'aria eis ella bia pli greva. Il tgiarp sfundraus en in liquid, piarda apparentamein ton de sia peisa sco quei che l'aua scatschada peisa. Cunquei che la peisa specifica dil crap ei circa $2,5 \text{ kp/dm}^3$, ei in crap che peisa 25 kp ell'aria, mo 15 kp grevs ell'aua. Tier lenn p.ex. ei l'aua scatschada pli greva ch'il lenn; perquei senoda quel ell'aua.

La lescha dil catsch ensiviar en liquids ei gia vegnida applicada da Archimedes (3. tschentaner a. Chr.), cura ch'el, en commissiun dil retg Hieron II, ha giu de controllar schebein la cruna ch'il retg veva fatg far siu fravi ded aur, seigi ni seigi buc spirontamein aur.

Archimedes penda sin ina vart della stadera de giuv la cruna, da l'autra in toc aur de medema peisa. Lura sfundra el omisduas parts en in recipient cun au a. La cruna ded aur caschuna in pli grond scatsch ascensional. Da medema peisa veva ella in pli grond volumen, e quel scatschava de pli au a. Pia fuva la peisa specifica della cruna pli pintga che quella digl aur.

In sutmarin sa sfundrar enten prender a sei ina quantita d'au a de ballast. Corps ch'ei in pli grevs che l'aua vengnan ins de far senudar enten dar ad els ina fuorma cavorgia. Aschia sa in butschin vit e serrau de metal senuudar ell'aua. Fier senoda sin argienviv, perquei che argienviv ei pli grevs che fier. Aschia capeschan ins che p.ex. in bastiment che supprima 20 Mp (ni 20 m^3) au a, ei cun sia entira carga gest tuttina grevs.

Cunquei che la peisa specifica dell'au a ei 1 kp/dm^3 e siu volumen 1 dm^3 ei la quantita della forza ascensionala en kp la medema sco quella dil volumen de liquid squitschau en dm^3 . Il volumen ded in tgiarp san ins pia semplamein eruir cun pesar. Igl emprem peisan ins il tgiarp ell'aria (pli gest fuss il vacuum), e lu ell'aua. Ord la differenza

5.3 Der Auftrieb

Müssen wir grosse Steine aus einem Bergfluss holen, tragen wir sie mit Vorteil unter Wasser. Denn an der Luft sind sie viel schwerer; weil ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper, scheinbar soviel an Gewicht verliert, als die verdrängte Flüssigkeit wiegt. Da das spezifische Gewicht von Stein etwa $2,5 \text{ kp/dm}^3$ beträgt, ist ein 25 kp schwerer Stein im Wasser nur noch 15 kp! Bei Holz z. B. ist das verdrängte Wasser schwerer als das Holz, deshalb schwimmt es im Wasser.

Das Gesetz des Auftriebes in Flüssigkeiten wurde von Archimedes (3 Jh. v. Ch angewandt, als er im Auftrag des Königs Hieron II. herausfinden sollte, ob die Krone, die er seinen Goldschmied machen liess, aus reinem Gold sei oder nicht. Archimedes hängte an die eine Seite einer Balkenwaage die Krone und an die andere ein gleichschweres Goldstück. Dann senkte er beides in ein Gefäss mit Wasser. Dabei erfuhr die Krone einen grösseren Auftrieb. Sie hatte bei gleichem Gewicht ein grösseres Volumen, das mehr Wasser verdrängte. Also war ihr spezifisches Gewicht kleiner als das von Gold.

Ein Unterseeboot kann untertauchen, indem es eine bestimmte Menge Ballastwasser aufnimmt. Körper, die schwerer sind als Wasser, bringt man zum Schwimmen, indem man ihnen eine Hohlform gibt. So schwimmt ein verschlossenes, leeres Eisenfass im Wasser. Eisen schwimmt auf Quecksilber, weil Quecksilber schwerer ist als Eisen. So wird die Aussage verständlich, dass z. B. ein Schiff, das 20 Mp (oder 20 m^3) Wasser verdrängt, samt seiner Ladung ebenso schwer ist.

Da das spezifische Gewicht von Wasser 1 ist, und dementsprechend der Raum eines kp Wassers 1 dm^3 , ist die Masszahl des Auftriebes in kp zugleich die Masszahl des Volumens des gleichen Körpers in dm^3 . Man kann also das Volumen eines unregelmässigen Körpers sehr einfach durch Wägen bestimmen. Man wägt den Körper zuerst in der Luft (oder

seresulta il catsch ascensional, ed en cefras era il volumen. Quella metoda vegn applicada per eruir la peisa specifica.

6. Las qualitäts specialas dil gas

Corps solids e liquids savein nus percepir 'manualmein'. Nies senn dil palp di a nus che quei ein corps. Ils gas ruassonts, p.ex. l'aria, circumdeschan nus senza che nus sentien els immediatamein. Pér cu il vent suffla naven fem u sparglia feglia, sentin nus che l'aria ei «enzatgei», numnadamein in tgierp. Quei semuossa era cura che nus sfunsein ina butteglia vita culla bucca engiuviars ell'aua. L'aua va buca viaden schegie che l'aua exercitescha in squetsch ensiviars. La butteglia ei gie nuota vita, anzi, ella cuntegn aria.

Tier ils gas ein las singulas parts buca mo levamein deplazzablas, anzi, ellas sestraian schizun ina ord l'aua. Ellas han la tendenza d'emplenir mintga spazi che stat ad ellas a disposiziun.

6.1 La peisa dell'aria – Pressiun dell'aria

Per motivs practics plidein nus mo dell'aria, schludein denton buca ils auters gas. La sfera d'aria della tiara emprova de penetrar viado egl univers vit, vegn denton attratgs dalla tiara, perquei che era ils gas han ina peisa. Ord in glob de veider cul volumen 1 dm^3 prendein nus cun agid ded ina pumpa de vacuum tut l'aria. Ussa peisa il glob circa 1,25 p pli pauc. In liter aria peisa pia ca 1,25 p e sia peisa specifica ei $1,25 \text{ p/dm}^3$. In m^3 aria ha la peisa de 1,25 kp, e l'aria en ina stanza de scola peisa gia 100–200 kp, secund sia grondezia.

Cunquei che l'aria peisa, sto ella era effectuar ina pressiun, semegliontamein all'aua. Nus sentin buc la pressiun perquei che quella agescha sin tuttas varts. ins sa mesirar ella enten schar effectuar mo d'ina vart. Sche

Luftleere) und dann im Wasser. Die Differenz ergibt den Auftrieb und zahlenmässig auch das Volumen. Diese Methode wird bei der Bestimmung der Wichte angewandt.

6. Die besonderen Eigenschaften der Gase

Feste und flüssige Körper können wir «handgreiflich» wahrnehmen. Unser Tastsinn sagt uns, dass es Körper sind. Ruhende Gase, z.B. die Luft umgeben uns, ohne dass wir sie unmittelbar spüren. Erst wenn der Wind Rauch verweht oder dürre Blätter mit sich fort trägt, merken wir, dass Luft «etwas» ist, nämlich ein Körper. Das zeigt sich auch wenn wir z.B. eine leere Flasche mit der Öffnung nach unten ins Wasser stecken. Das Wasser fliesst nicht hinein, obwohl das Wasser einen Druck ausübt. Die Flasche war ja gar nicht leer, sondern enthielt Luft.

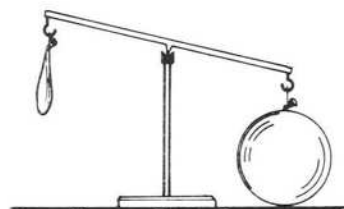
Bei den Gasen sind die einzelnen Teile nicht nur sehr leicht gegeneinander verschiebbar, sondern sie streben sogar auseinander. Sie haben das Bestreben, jeden zur Verfügung stehenden Raum auszufüllen.

6.1 Das Gewicht der Luft – Luftdruck

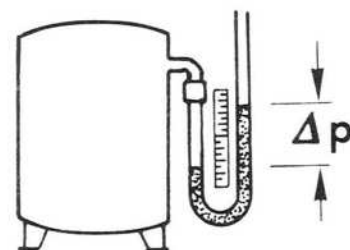
Aus praktischen Gründen reden wir von der Luft, schliessen aber dabei alle anderen Gase nicht aus. Die Lufthülle der Erde versucht in den leeren Weltraum hinauszudringen, wird aber von der Erde angezogen, weil auch die Gase ein Gewicht haben. Entnimmt man mittels einer Vakuumpumpe einer starken Glasglocke mit dem Volumen 1 dm^3 die Luft, so wiegt sie etwa 1,25 p weniger. Ein Liter Luft wiegt also etwa 1,25 p und ihr spezifisches Gewicht ist $1,25 \text{ p/dm}^3$. Ein m^3 Luft hat das Gewicht von 1,25 kp, und die Luft im Schulzimmer wiegt schon 100 bis 200 kp, je nach seiner Grösse.

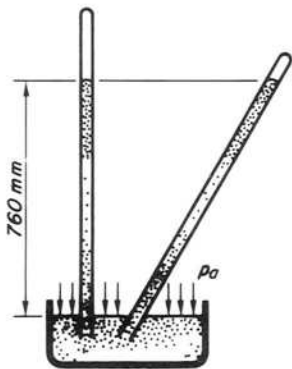
Da Luft Gewicht hat, muss sie auch einen Druck ausüben, ähnlich wie das Wasser. Wir spüren den Druck nicht, weil der Druck allseitig ist. Man kann ihn messen, indem man ihn einseitig wirken lässt. Wenn wir

In ballun emplenius cun aria muossa en sempla moda che l'aria ha era ina peisa e cun quei in catsch ascensional. Ins metta quei ballun en equiliber sin ina stadera cun ina peisa ch'ei pli pintga. Ed ussa tschentan ins la stadera en in recipient de vacuum. Tilan ins ora l'aria, sche sesbassa la vart dil ballun, perquei che il catsch ensi dell'aria maunca ussa.



La pressiun en in vischi serrau ei dapertut tuttina gronda. Ella agescha adina verticalmein sin las preits. In bischel satel urschiu sco in U cun empau argien viv ei in sempel indrez per mesirar la pressiun. Quei indrez numnan ins manometer. Grondas quantitats ded aria en moviment san constituir grondas energias. Quei muossan ils vents ed ils orcans, en pintgas dimensiuns era in parisol aviert durant in stemprau.





Il talian Torricelli ha duvrau in bischel de glas ed argienviv per mesirar la pressiu dell'aria atmosferica. Ins sa era prender in bischel cun aua. En gliez cass ston ins prender in bischel de biebin 10 m. Cura ch'el ei emplenius ston ins serrar el dad in maun, metter il maun aviert en ina honta cun aua epi derscher sidretg il bischel. L'aua sesbassa sin strusch diesch meters altezia, cuora denton buca ord il bischel, perquei che la pressiu dell'aria sill'aua della sadiala pressiescha encunter. Per vaser pli bein prendan ins il toc sisum dil bischel in tal de glas. L'altezia de quei barometer sedrezza tenor la pressiu actuala dell'aria, e quella dependa buca mo dalla situaziun climatica, mobein era dall'altezia sur mar. Igl experiment de Otto von Guericke san ins far en dimensiuns pli pintgas. In bischelet serau, per exempel ina capetscha ded in culigraf, tschetschan ins ora, aschia ch'el setegn vid la lieunga u la unschiva.

nus smachein in tschitscher bletsch de gummi encunter ina finiastra, culla l'aria ord il caviertg. Il tschitscher vegn ussa smaccaus mo da dado encunter la finiastra. Mesiraziuns muossan che la pressiu dell'aria sil nivel della mar munta sin 1 kp/cm^2 , v.d. l'aria pressiescha sin mintga centimeter quadrat culla forza d'in kilopond. Targessen ins ora tut l'aria dalla stiva de scola, contunschess la pressiu dado la finiastra pliras tonnas.

Otto de Guericke (1602–1686) ha demonstau avon l'assemblea a Regensburg (1654) siu experiment cun las schinumadas «mesaruclas (hemisferas) de Magdeburg», las qualas el veva mess plat in vid l'auter e pumpau vit ellas. Otg cavals da mintga vart ein buca stai el cass de trer dapart las mesas ruclas.

Apparats de mesirar la pressiu dell'aria numnan ins barometer. Ei dat differents barometers. Il barometer d'argienviv consista d'in bischelet glas de ca. 1 m lunghezia ch'ei serraus sura, sut denton aviarts. El vegn igl emplenius cun argienviv per scatschar ora l'aria. Ussa mettan ins el culla avertura engiuvians en in recipient cun argienviv. El bischel smacca igl argienviv engiuvians, da dado smacca l'aria ensiuvians. Ei regia ussa equiliber. Da pressiu normala semetta la petga d'argienviv al nivel de mar sill'altezia de 760 mm. Quella cefra multiplica da culla peisa specifica digl argienviv (13.55 p/cm^3), dat 1033 p/cm^2 , v.d. circa 1 kp/cm^2 .

In auter indrez consista d'ina scatla de metal evacuata (barometer de capsula). Mintgamai tenor la pressiu dell'aria vegn ella smaccada ensemen pli u meins. Il stadi barometric influenzescha l'aura. Sche la pressiu atmosferica ei aulta sbriga l'aria da quei liug. Il tschiel sesclare-scha, sch'el era cuvretgs.

La pusseivladad de sgular cun in ballon en moda «statica» muossa che gas han, semegliant als liquids, in catsch ascensional. Per emplenir

einen Gummi-Napfen nass gegen ein Fenster drücken, fliesst die Luft aus dem Hohlraum. Der Napfen wird nun nur von aussen an das Fenster gedrückt. Messungen ergeben, dass der Luftdruck auf Meereshöhe etwa 1 kp/cm^2 ist, d.h. die Luft drückt auf jedem Quadratzentimeter mit der Kraft eines Kiloponds. Würde das Schulzimmer luftleer gemacht, so würde der Luftdruck von aussen auf ein Fenster einige Tonnen betragen.

Otto von Guericke (1602–1686) führte auf dem Reichstag zu Regensburg (1654) seinen Versuch mit den sog. «Magdeburger Halbkugeln» vor, die er dicht aneinander legte und leerpumpte. Je 8 Pferde waren nicht imstande, diese zwei Halbkugeln zu trennen.

Apparate zum Messen des Luftdruckes nennt man Barometer. Es gibt verschiedene Barometer. Der Quecksilberbarometer besteht aus einer ca. 1 m langen Glasröhre, die oben geschlossen, unten aber offen ist. Sie wird zuerst mit Quecksilber gefüllt, um so die Luft auszutreiben. Nun stellt man sie mit der Öffnung nach unten in ein Gefäss mit Quecksilber. In der Röhre drückt das Quecksilber nach unten, von aussen drückt die Luft nach oben. Es herrscht nun Gleichgewicht. Bei normalem Luftdruck stellt sich die Quecksilbersäule bei Meereshöhe auf 760 mm Höhe ein. Diese Zahl mit dem spezifischen Gewicht von Quecksilber (13.55 p/cm^3) multipliziert, gibt 1033 p/cm^2 , d.h. ungefähr 1 kp/cm^2 .

Eine andere Einrichtung besteht aus einer luftleeren Metalldose (Kapselbarometer). Je nach dem Luftdruck wird sie mehr oder weniger zusammengepresst. Der Barometerstand beeinflusst das Wetter. Bei hohem Luftdruck fliesst die Luft vom betreffenden Ort weg in das Gebiet mit niedrigerem Luftdruck. Der Himmel tut sich auf, wenn er bedeckt war.

Die Möglichkeit, mit einem Ballon «statisch» zu fliegen, zeigt, dass Gase, ähnlich wie Flüssigkeiten, auch einen Auftrieb haben. Für die Fül-

ballons applicheschan ins gas ch'ei specificamein pli levs ch'aria, p.ex. acetilen.

6.2 Compressibladad dell'aria – La lescha de Boyle – Mariotte

In barometer sa era vegnir duvrausco altimeter. Il motiv schai ella pressiu atmosferica che sesminuescha cun l'altezia sur mar. Aua ei practica-mein buca compressibla, aria denton selai pressiar tgunschamein. Aschia ein las zonas d'aria inferiuras pli spessas, perquei che las superiuras smacchan sin las inferiuras. Ei il stadi barometric normals, corrispunda mintga indicaziun de pressiu ad ina determinada altezia. Ils altimeters ils pli usitai ein ils barometers de capsla.

L'indicaziun «1 liter aria» ha pia mo lu in senn sch'ins di enaquella era con gronda che la pressiu dell'aria ei. En in uder de velo che tschaffa cun normala pressiu 6 liters aria, san ins senz'uter pumpar viaden 12 liters. Lu ei la pressiu dubla. La pressiu dell'aria crescha era sch'ins fa pli pigns in spazi emplenius cun aria. Per in medem quantum gas enserraus vala pia la lescha:

Pli grond il spazi, ton pli pintga la pressiu.
Pli pign ch'il spazi ei e pli gronda la pressiu.

Quella lescha ei numnada tenor il fisicist Boyle e Mariotte e secloma: Tier ina quantitat gas enserrada e de temperatura constanta, stat volumen e pressiu en proporziun reciproca. Multiplischeschan ins omisduas grondezias ina cun l'autra, seresulta adina la medema cefra, ni en fuorma matematica:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 \dots = \text{constant.}$$

6.2.1 Exempel: En ina butteglia d'oxigen cun in spazi vit de 200 liters ed in squetsch de 50 kp/cm², ein pressiai viaden 10 000 liters. Ins sa pia svidar lunderora 10 m³ gas en pressiu normala.

lung der Ballone verwendet man Gase, die spezifisch leichter sind als Luft, z.B. Azetylgas.

6.2 Zusammendrückbarkeit der Luft – Das Boyle-Mariottesche Gesetz

Ein Barometer kann auch als Höhenmesser benutzt werden. Der Grund liegt darin, dass der Luftdruck mit der Höhe über Meer abnimmt. Diese Abhängigkeit ist keine einfache, wie bei der Wasserhöhe. Wasser ist praktisch nicht, Luft hingegen leicht zusammendrückbar. So sind die unteren Luftschichten dichter, weil die oberen auf die unteren drücken. Bei normalem Barometerstand entspricht jede Druckangabe einer bestimmten Höhe über Meer. Die gebräuchlichen Höhenmesser (Altimeter sind meistens Kapselbarometer. Die Bezeichnung «1 Liter Luft» hat also nur dann einen Sinn, wenn man sagt, wie gross der Luftdruck gerade ist. In einen Veloschlauch, der bei normalem Druck 6 Liter Luft fasst, kann man ohne weiteres 12 Liter Luft hineinpumpen. Dann ist der Druck doppelt so gross. Der Luftdruck steigt auch, wenn man einen luftgefüllten Raum verkleinert. Für eine abgeschlossene, gleichgrosse Menge Gas gilt also:

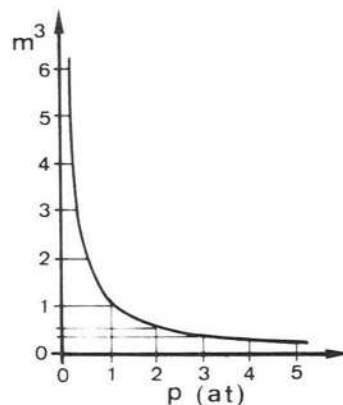
Je grösser der Raum, desto kleiner der Druck, und
je kleiner der Raum desto grösser der Druck.

Das Gesetz ist nach den Physikern Boyle und Mariotte benannt und lautet: Bei einer eingeschlossenen Gasmenge und konstanter Temperatur verhalten sich Volumen und Druck umgekehrt. Multipliziert man beide Grössen, so ergibt sich immer die gleiche Zahl, oder kurz geschrieben:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 \dots = \text{konstant}$$

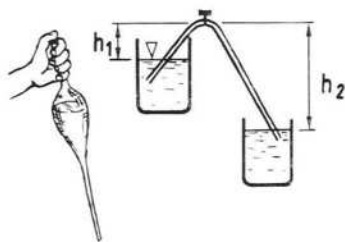
6.2.1 Beispiel: In einer Sauerstoffflasche mit dem Inhaltsraum von 200 Liter und einem Druck von 50 kp/cm² sind 10 000 Liter zusammengepresst. Bei gewöhnlichem Druck kann man ihr 10 m³ Gas entnehmen.

Quella grafica muossa la lescha de Boyle-Mariotte. Pli gronda che la pressiu P daventa e pli pigns ch'il volumen ei. Sch'ins multiplischescha la vart verticala cun la horizontala, dat ei adina il medem resultat: $1 \cdot 1 = 1$; $2 \cdot \frac{1}{2} = 1$; $3 \cdot \frac{1}{3} = 1$, etc.



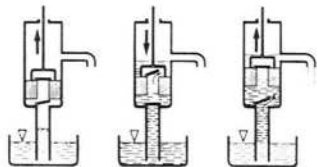
En butteglia de fier san ins comprimer ils gas aschia ch'els drovan pli pauc plaz per transportar. El liug de destin san ins schar vegnir ora il gas dad ina spina. Sin nies tgiert agescha la pressiu dell'aria continuadamein. Sche nus quintein cun ina surfatscha ded in m² sche fa quei 10 000 cm². Sin mintga cm² presiescha ina forza ded in kp. En tut supporta il tgiert human ca. 10 tonnas. Quei sentan ins buc, perquei che la pressiu agescha da tuttas varts, dadens e dado. Igl ei in equiliber de pressiu. Sche nus midein denton anetgamein l'altezia sur mar, sentin nus p.ex. mal il tgau u in sunem ell'ureglia. Cun laguoter da vit san ins puspai ulivar ora la differenza de pressiu. Aschia sentan biars carstgauns era l'aura che mida.





Il sifon sfunsan ins el liquid ch'ins vul tschaffar. Il liquid secat-scha en quei vischi entras sia atgna pressiun. Ei setracta de recipients colligiai (mira 5.2). Ussa tegnan ins in det silla ruosna sura, aschia che l'aria sa buca pressiar da quei maun. Sch'ins pren ord il liquid il sifon, sche stat il liquid el vischi, perquei che l'aria pressiescha da sutensi ed impedescha l'efflussiun dil liquid. In sifon de tschetsch san ins improvisar cun in uder. Ina vart mettan ins en in vischi cun aua, tschella vart lain ins pender engiu, pli bass che il nivel dell'aua. Ins dat in tschetsch e lai lu liber igl uder. La differenza dellas duas altezias h_1 e h_2 effectueschan ina pressiun.

Cun trer ensi il piston sesarva il ventil sut perquei che la pressiun dell'aria ei ual sura pli pintga. La pressiun dell'aria el vischi giudem catscha suenter aua. Stuschond engiu il piston sesaria il ventil giudem e quel sisum sesarva e l'aua po mitschar si el spazi sura. En in tierz moviment vegn quella aua alzada aschi lunsch ch'ella fluescha ord il tgiern dil begl.



6.3 Sifons, pumpas e squetras

En principi ein ils indrezn technics ils medems per liquids e gas. Els sebasan sin la inschignusa applicaziun dil deplazzament facil e della pressiun statica. Pils gas acceda aunc la compresibladad.

Ils sifons drovan ins per alzar pintgas quantitats liquid ord in vischi. Il sifon-infunsader ei in bischelet satel aviarts sin omisduas varts, il qual ins catscha el liquid. Il liquid che penetrescha san ins alzar neuado sch'ins siara la ruosna sura cun in det. Cura ch'ins tila neuadora, culan enzacons daguots dalla ruosna sut. Aschia sefuorma sura in spazi d'aria rarificada, ina sutpressiun. En quella moda contonschan ins igl equiliber denter la pressiun d'aria exteriura, che agescha silla ruosna sut dil bischel e la pressiun el bischel. Quella secompone dalla pressiun dil fil d'aua e la pressiun d'aria el bischel. Cunquei che la pressiun exteriura importa sil pli 1 kp/cm², sa la colonna d'aua esser sil pli 10 m aulta. Quei vala era per la pompa de tschetsch.

Il sifon de tschetsch consista d'in bischel sturschiu. Ina vart, ina asta, tonscha el liquid, l'autra sesanfla dadovart pli bass che la surfatscha dil liquid. Ins empleina igl emprem il bischel dil tuttafatg, p.ex. cun tschitschar dalla vart dado. Entras l'atgna peisa cula l'aua ord il toc bischel pli liung. Cheutras seformescha el bischel in vacuum. La pressiun dell'atmosfera silla surfatscha dell'aua stauscha pia suenter l'aua.

Tier la squetra e pompa vegn la sutpressiun producida entras in piston, tier la pipetta entras in ballon de gummi. Pumpas han ultra de quei dus ventils che laian ir il liquid mo en ina direcziun.

6.3 Heber und Pumpen, Spritze

Im Prinzip sind die technischen Einrichtungen für flüssige und gasförmige Körper die gleichen. Sie beruhen auf der sinnvollen Anwendung der leichten Verschiebbarkeit und des statischen Druckes. Bei Gasen kommt noch die Zusammendrückbarkeit hinzu.

Die Heber braucht man, wie es der Name sagt, zum Heben von Flüssigkeiten. Der Stechheber ist eine beidseitig offene, dünne Röhre, die man in die Flüssigkeit steckt. Die eingedrungene Flüssigkeit lässt sich herausheben, wenn man die obere Öffnung mit dem Finger schliesst. Beim Herausheben fließen einige Tropfen hinaus. So entsteht oben ein luftverdünnter Raum, ein Unterdruck. Auf diese Weise erreicht man das Gleichgewicht zwischen dem äusseren Luftdruck, der auf die untere Öffnung der Glasröhre wirkt, und dem Druck in der Röhre. Dieser setzt sich zusammen aus dem Druck der Wassersäule und dem Luftdruck in der Röhre. Da der äussere Druck höchstens 1 kp/cm² beträgt, kann die Wassersäule höchstens 10 m betragen. Dies gilt auch für die Saugpumpe.

Der Saugheber besteht aus einer gebogenen Röhre. Ein Schenkel taucht in die Flüssigkeit, der andere liegt mit der Öffnung tiefer als die Flüssigkeitsoberfläche. Man füllt die Röhre zuerst ganz, z. B. durch Ansaugen am tieferen Ende. Durch das Eigengewicht fliesst das Wasser aus dem längeren Schenkel. Damit entsteht in der Röhre ein Vakuum. Der äussere Druck auf die Wasseroberfläche drückt somit das Wasser nach.

Bei einer Spritze und Pumpe wird der Unterdruck durch einen Kolben erzeugt, bei der Pipette durch einen Gummiballon. Pumpen haben zusätzlich zwei Ventile, welche die Flüssigkeit nur in einer Richtung fliessen lassen.

7. Structura della materia e del- las qualitads molecularas

7.1 Las parts elementaras de ma- teria – Il garter spazial

Partin nus in diember, p.ex. 1 entras in grond diember, p.ex. entras 1 000 000, vegn il resultat ni la singula part fetg pintga, en nies cass p.ex. in milliunavel. Schi pintga che ina cefra po era esser, nus savein aunc adina s'imaginar ella pli pintga, in milliun ga pli pintga etc., ed arrivar aschia ad ina pitschnadad infinita. La damoda s'impona: san ins era divider materias schi ditg ch'ei plai, ni dat ei confins? Per scrutar quei problem han ins p.ex. mess in daguot ieli sill'aua. Silla surfatscha ded aua seformescha lu in tac rondud ded ieli. Cun medem gronds daguots ei quella surfatscha adina tutta gronda. Ei reussescha buc de surtrer ina pli gronda surfatscha cun in daguot ieli. Aschia stuein nus supponer ch'ei seigi la pli satella cozza d'ieli pusseivla. La cozza sto pia esser gest schi grossa sco quei che las pli pintgas parts della substanza ded ieli ein, enten las qualas ella sa vegnir dividida. Quellas pli pintgas particas ded ina substanza numnein nus moleculs. Ins imaginescha quels sco pintgas ruclas. La rasada ded ieli ei pia nuot auter che in immens diember de moleculs che senodan in sper l'auter, buca in sin l'auter, e paran de formar ina cozza uliva. Il diameter dellas ruclas, tenor la grondezia della cozza d'ieli, ei tenor mesiraziuns 1/1 000 000 mm.

$$\text{Diameter} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ mm.}$$

Mintga tgierp, seigi el solids, liquids ni gasus, consista de moleculs; il sal de cuschina p.ex. consista de moleculs de natrium e de clor, en scursanida: NaCl; aua consista de moleculs de hidrogen ed oxigen, cun duas ga de pli parts de hidrogen che d'oxigen, exprimiu en lungatg chemic entras: H_2O e pronunziau: «Ha dus O». Quellas singulas parts Na, Cl, H, O numnein nus atoms. Ellas determi-

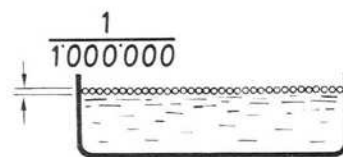
7. Aufbau der Stoffe und Molekulareigenschaften

7.1 Die kleinsten Stoffteile – Das Raumgitter – Die Aggregatzustände

Teilen wir eine Zahl, z.B. 10, durch eine grosse Zahl, z.B. durch 1 000 000 wird das Resultat oder der einzelne Teil sehr klein, in unserem Fall z.B. ein Millionstel. So klein aber auch eine Zahl sein mag, wir können uns immer eine noch kleinere vorstellen, z.B. eine Million mal kleiner und so weiter bis zum unendlich Kleinen. Die Frage drängt sich auf: Können wir auch Stoffe beliebig weit unterteilen oder gibt es eine Grenze? Um dies zu erforschen hat man z.B. einen Tropfen Öl auf Wasser gegeben. Dabei entsteht ein runder Ölfleck auf der Wasserschicht. Bei gleichgrossen Tropfen ist diese Fläche immer gleich gross. Zwei Tropfen ergeben eine Fläche, die doppelt so gross ist. Es gelingt nicht, eine grössere Fläche mit gleich viel Öl zu bestreichen. So müssen wir annehmen, dass es die dünnste Fläche ist, die möglich ist. Die Schicht muss also genau so dick sein wie die kleinsten Teilchen der Ölschicht, in die sie zerlegt werden kann. Diese kleinsten Teile einer Substanz nennt man Moleküle oder Molekel. Man stellt sich diese modellmässig als kleine Kugeln vor. Bei der Ölschicht im Wasser schwimmen diese Kugeln auf dem Wasser und bilden eine Schicht, bei der sie nur nebeneinander, nicht übereinander gelagert sind. Der Durchmesser der Kugeln ist gemäss der Messung der Öl-

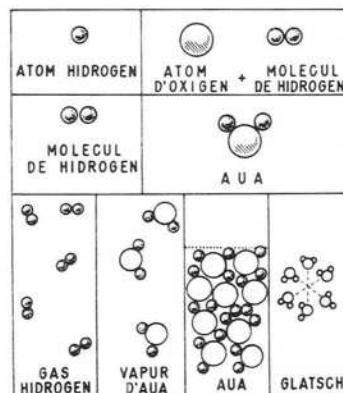
$$\text{schichtdicke} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ mm.}$$

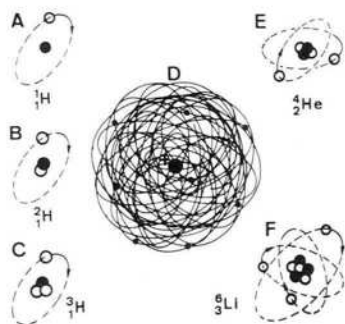
Jeder Körper, sei er fest, flüssig oder gasförmig, besteht aus Molekülen, das Kochsalz z.B. aus Natrium – und Chlormolekülen, abgekürzt NaCl geschrieben; Wasser aus Wasserstoff- und Sauerstoffmolekülen, wobei doppelt so viel Wasserstoffteile als Sauerstoffteile vorhanden sind, in der chemischen Sprache mit H_2O bezeichnet und «Ha-zwei-O» gesprochen. Diese Einzelteile, Na, Cl,



Ins di che la natira fetschi buca segls. Cun quei vulan ins dir che tut sesvilupescha plaunsiu ed organicamein. Quei vala per la natira all'ingronda. Sch'ins entra en ils detagls pigns sche anflan ins che la natira ei buca ina structura continuada de parts infinitamein pintgas. Ei dat alla finala daper-tut, ella materia ed ella energia pintgas quantitads ch'ins sa buca far pli pintgas. La natira ei internamein in discontinuum e buca in continuum. Era sch'ils atoms per exempel ein fetg pigns sche han els tutta mintgin sia atgna mesira. Per dar ina grossezia ded in pupi stuessen ins metter 100 000 atoms in sin l'auter.

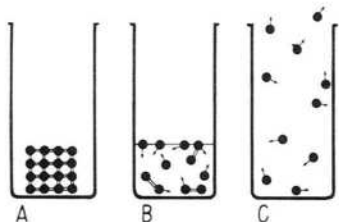
Atom ei in plaid grec e vul dir, nunseparabel, nunsparteivel. Ins sa buca sparter in atom senza disfar el e decomponer el en aunc pli pintgas parts. En quei desegn ein ils atoms buca sezionai. El muossa las combinaziuns ded atoms che constitueschan in molecul, per exempel l'aua cun dus Hed in O.





Igl atom ha pliras parts elementaras. Las principales ein il nushegl u nuclin, ils electrons ed ils protons. Dasperas dat ei aunc in grond diember de parts elementaras ch'ins ha anflau mo ord certs effects ch'ins sa observar e miserar. Sut certas condiziuns san ins gudignar immensas energias cun sparter ils atoms. Quei fan ins els implonts atomics. Medemamein dat la difusiun ded atoms liber energia. La gronda difficultad ei il curdem de quellas energias, la radiazion radioactiva che constituescha in prighel per l'entira tiara e quei che viva sin ella.

Ei il moviment molecular buca fetg ferm, stattan ils atoms sco en pluna in sper l'auter sco in garter spazial. Quei ei igl aggregat solid. Daventa il moviment pli gronds, van ils moleculs a spass empau in denter l'auter, la sostanza ei liquida. Survarga la forza dil moviment molecular la forza della attracziun dils atoms, seglian ils moleculs sco narradira per il spazi entuorn e sch'il vischi ha ina ruosna, scappan els da quella ora. Quei ei il stadi liquid.



neschan las substanças fundametalas ni ils elements, ferton che ils moleculs, che consistan baul ded ina, baul de l'autra substança fundametal, determineschan la specia de materia. Aschia ei la pli pintga quantitat ded aua ina combinaziun de dus differents elements, numnadamein de H ed O, tier in molecul aua H_2O . Ella fisica atomica muossan ins che era atoms ein formaziuns complicadas. En in tgierp solid ein ils atoms disponi en moda regulara, semegliantamein sco ina gronda quantitat de ruclas tuttina grondas per la medema specia d'atoms. Per illustrar quei mettein nus ruclas identicas en ina scatla transparenta e scurle in ella tochen che las ruclas ein bein ordinadas. Ei dat in schinumnu garter spazial. Quei fenomen geometric spazial explichescha a nus era la natira dellas cristallas cun lur multifaras fuormas, ch'ei en sesez nuot auter che l'expressiun exteriura de lur structura regulara interna.

Ella materia solida setuccan las differents ruclas buc, mobein pendan orembora en ina certa distanza ina da l'autra e vegnan tenidas da schinumnadas forzas atomicas. Auncallura stattan ellas buc en ruaus, denotier ina temperatura de -273 grad Celsius, ni sco quella temperatura vegn numnada: punct nul absolut (della temperatura). Ils atoms semovan in encunter l'auter en cuorts moviments rasants, denton senza scumiari lur plaz cun auters moleculs. Il moviment (numnaus: moviment molecular, ni moviment Brown) crescha cun la temperatura. Daventa il moviment schi gronds che las forzas che tegnan ensemen il tgierp solid, ein buca sufficientas, va tut turbulentamein in denter gl'auter; la structura ordinada, ni il garter spazial vegn destruius, las parts scomian ora lur plazz, il tgierp vegn liquids perquei ch'el ha ussa contonschiu la facila translaziun dellas differents parts. Vegn la calira aunc pli gronda sche sgolan las differents parts ina ord l'autra, sestauschan sco ballas de pingpong scurladas en in vischi ed empleinan aschia ora mintga spazi a

H, O, nennen wir Atome. Sie bestimmen die Grundsatzsubstanz oder die Elemente, während die Moleküle, die bald aus einer, bald aus mehreren Grundsatzsubstanzen bestehen, die Stoffart bestimmen. So ist die kleinste Wassermenge eine Verbindung von zwei verschiedenen Elementen, nämlich H und O, zu einem Molekül Wasser H_2O . In der Atomphysik zeigt man, dass auch die Atome komplizierte Gebilde sind. In einem festen Körper sind die Atome regelmässig angeordnet, ähnlich wie eine Menge gleich grosser Kugeln für die gleiche Atomart. Um dies zu veranschaulichen legen wir gleichgrosse Kügelchen in eine durchsichtige Schachtel und schütteln die Kugeln darin, bis sie sich schön angeordnet haben. Es entsteht ein sogenanntes Raumgitter. Diese raumgeometrische Erscheinung erklärt uns auch die Natur der Kristalle mit ihren mannigfaltigen Formen, die nichts anderes sind als der äussere Ausdruck ihrer inneren regelmässigen Struktur.

In der festen Materie berühren sich die einzelnen «Kugeln» nicht, sondern sie schweben in einem gewissen Abstand von einander und werden durch die sog. Atomkräfte gehalten. Dabei bleiben sie nicht in Ruhe, ausgenommen bei einer Temperatur von -273 Grad Celsius, oder wie man diese Temperatur nennt: beim absoluten Nullpunkt. Die Atome bewegen sich gegeneinander in rasenden kurzen Bewegungen, jedoch ohne ihren Platz mit andern Molekülen auszuwechseln. Die Bewegung 475 Molekülen auszuwechseln. Die Bewegung, Molekularbewegung oder Brownsche Bewegung nimmt mit der Temperatur zu. Ist die Bewegung so gross, dass die Kräfte, die den festen Körper zusammenhalten, nicht mehr ausreichen, geht alles wirr durcheinander, die geordnete Struktur, oder das Raumgitter wird zerstört, die Teilchen wechseln ihre Plätze aus, der Körper wird flüssig, weil er eine leichte Verschiebbarkeit der einzelnen Teile erhalten hat. Wird die Hitze noch grösser, so fliegen die einzel-

lur disposiziun. Aschia selaian qualitads de liquids e gas explicar tschunschamein, p.ex. la pressiu dil gas, il punct de fusiun u de luentada, il punct de buglida ed autras qualitads, ch'ein de tractar pli tard ella calorica ed electricitad.

7.2 Adhesiun, cohesiun, tensiun de surfatscha e capillaritad

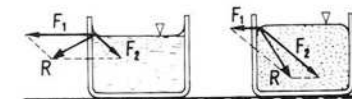
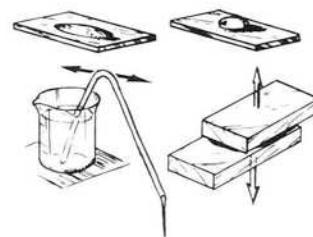
Culla noziun dil moviment molecular (7.1) vein nus allegau las forzas che tegnan ensemen ils moleculs dil tgierp. Ellas senumnan forzas de cohesiun. Tier corps gasus ein quellas forzas las pli pintgas, tier solids las pli grondas. Ellas cunterponan ad ina spartiziun gronda resistenza. Itschal survegn entras questas forzas ina gronda fermezia. Tier liquids sepresentan fenomens specials. La forza de cohesiun tegn p.ex. ensemen pigns daguots ded aua ni d'argienviv. Surfatschas d'argienviv en recipients de veider ein perliung igl ur rodundai engiuviars. Dus daguots ded aua en contact in cun l'auter flessegiun cun ina certa forza in en l'auter. Ina surfatscha ded aua para entras la cohesiun dils moleculs ded esser ina pial tendida, perquei che la componenta de forza della cohesiun manca sura (pareglia igl insect calger che cuora sur l'aua). Quei fenomen, la tensiun superficiala, tegn era ensemen scuflas de savun en fuorma de ruclas. Las forzas molecularas ageschan buca mo sco cohesiun egl intern dil tgierp, ellas penetreschan sco forzas d'adhesiun, u forzas adhesivas, era exteriuramein (pareglia la noziun «fricziun d'adhesiun» 4.5.6). Aua vegn p.ex. attratga dals moleculs de veider. In daguot aua flessegia ora sin ina schubra platta de veider. En quei cass ein las forzas de cohesiun dell'aua pli pintgas che las forzas d'adhesiun dil migiel all'aua. Cun argienviv eis ei il cuntra-ri, ei sefuorman ruclettas. Ins di: aua bogna glas, argienviv bogna buca veider, quei vul dir: veider refutescha argienviv.

nen Teile auseinander, sie stossen sich wie Pingpong-Bälle in einem gerüttelten Gefäss und sie füllen dadurch jeden ihnen zur Verfügung stehenden Raum aus. So lassen sich die Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase leicht erklären, z.B. der Gasdruck, Schmelz- und Siedepunkt und weitere Eigenschaften, die später in der Kalorik und Elektrizität zu behandeln sind.

7.2 Adhäsion, Kohäsion, Oberflächenspannung und Kapillarität

Beim Begriff der Molekularbewegung (7.1) haben wir Kräfte erwähnt, welche die Moleküle des Körpers zusammenhalten. Sie heissen Kohäsionskräfte. Bei gasförmigen Körpern sind diese Kräfte am kleinsten, bei festen Körpern am grössten. Sie setzen einer Trennung grossen Widerstand entgegen. Stahl z.B. erhält durch diese Kräfte eine grosse Festigkeit. Bei Flüssigkeiten ergeben sich besondere Erscheinungen. Die Kohäsionskraft hält z.B. kleine Wasser- oder Quecksilbertropfen zusammen. Quecksilberoberflächen in Glasgefässen sind am Rande nach unten abgerundet. Zwei Wassertropfen fliessen bei Berührung ineinander. Eine Wasseroberfläche scheint durch den Zusammenhalt der Moleküle wie eine gespannte Haut, weil die Kraftkomponente der Kohäsion nach oben fehlt. (Wasserläufer). Diese Erscheinung, Oberflächenspannung genannt, hält auch Seifenblasen in Kugelform zusammen. Die Molekularkräfte wirken nicht nur als Kohäsion im Innern der Körper, sie dringen als sogenannte Adhäsionskräfte oder Haftkräfte auch nach Aussen (Vergleiche den Begriff «Haftreibung» 4.5.6). Wasser wird z.B. von den Glasmolekülen angezogen. Ein Tropfen Wasser zerfliesst auf einer sauberen Glasplatte. In diesem Falle sind die Kohäsionskräfte des Wassers kleiner als die Adhäsionskräfte zwischen Glas und Wasser. Bei Quecksilber verhält es sich umgekehrt, es bilden sich Kügelchen. Man sagt: Wasser benetzt Glas; Quecksilber benetzt Glas nicht, oder Glas stösst Quecksilber ab.

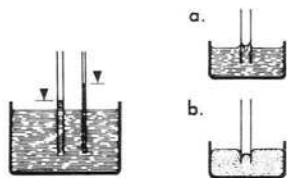
In daguot aua serasa ora sin in veider schuber. La adhesiun ei gronda, pli gronda che la cohesiun dell'aua. Ei la surfatscha dil glas empau de grass, sche bogna l'aua buca il glas. Sia cohesiun ei pli gronda che l'adhesiun cul glas. Quella forza de cohesiun sefa era valer el sifon de tschetsch. L'aua sesparta buca el bischel, ed era alla sbuccada se- tegn l'aua ensemen sco in fil. Sch'ins fa bletsch dus tscheps u glas de surfatschas neidias, metta quellas in vid l'autra, drova ei pulita forza per sparter ellas.



Il desegn muossa ils differents meniscus tier aua ed argienviv. Aua bogna glas perquei ch'il glas tila pli fetg l'aua che l'aua sesezza. Il resultat R dellas duas forzas F_1 ed F_2 ei anoviarts e l'aua vegn tratga dalla spunda dil vischi. Argienviv bogna buca glas. La resultanta R ei dirigida anenviars. Igl argienviv ei vischi tila pli fetg che la spunda de glas.



La teila ded in parisol ed era ded in manti de plievgia ei impregnada aschia che la teila vegn buca bletscha. L'adhesiun della teila tier aua ei minimala aschia che la plievgia serimna en daguots e croda per tiara senza penetrar atras la teila. Ins di che quellas materias renvieschien l'aua. Ver ei mo ch'ellas han ina pintga adhesiun tier aua aschia che l'adhesiun dell'aua ei pli ferma.



Il medem fenomen anflein nus tier quei ch'ins numna capillaritad. La forza adhesiva de glas s'augmenta sche pliras preits ded in vischi de glas ein maneivlas ina sper l'autra. Quei ei surtut il cass per in bischel satel. Il nivel dell'aua en in bischel, satels sco in cavegl (lat. capillus), sesaulza veseivlamein. Per argienviv eis ei il cuntrari. In piez de lavar ei plein ruosnas u poras. Quellas tschetschan l'aua aschia ch'il piez pren si bia aua. Ina teila ded in parisol fuss buca in bien piez de lavar.

Ultieriurs exempels: Curom trai aua, grass scatscha aua, vegn denton attratgs dal curom. Pia unschan ins calzers (encunter penetraziun dell'aua). Tschera de skis ha ina gronda adhesiun sil lenn de skis, mo ina pintga sin neiv. – Biaras substanzas d'artechels moderns de diever han qualitäts che repulseschan aua. Sin mantials de plievgia e parisols formescha la plievgia daguots che setegnan buc, e fan buca bletsch.

Nus havein empriu (5.2) che l'aua en recipients colligiai stat dapertut en medema altezia. Quei vala buc sche ils recipients consistan de bischels fetg satels (capillaras). Nus catschein in bischel satel de veider en in recipient emplenius cun aua. L'aua sesaulza el bischel sur il nivel dell'aua circumstonta siado. Per declarar quei vala la suandonta ponderaziun: aua bogna veider, v. d. il veider attrai l'aua pli fetg che l'aua sesezza, ni: l'adhesiun d'aua a veider ei pli gronda che la cohesiun dell'aua. Pia trai il bischel de veider l'aua ad ault. Era agl ur nua che l'aua tucca il recipient de glas vesan ins, ch'ella reiva dalla preit siado. Quei fenomen secloma «meniscus» ed il tschitschar de bischels satels «capillaritad». Zucker, spungia, pupi de schigentar, sablun, mirs porus etc., muossan il medem fenomen. Tier liquids che fan buca bletsch, ei igl effect capillar cuntrariss, la surfatscha ella capillara schai pli bass ed il meniscus ei urschiaus engiuviars. In sempel experiment demonstrescha quei fatg: nus catschein in zulprin cul tgau menaus ensi, enzacons centimeters ell'aua entochen ch'el ei bugnaus atras. In secund unschin nus cun gras de maschinas. Omisdus mess ell'aua in sper l'auter muossan claras differenzas: tiel schuebel bletsch sesaulza l'aua dil recipient ensiviars, tier igl unschiu sefuorma ina cava engiuviars.

Weitere Beispiele: Leder zieht Wasser an, Fett stösst Wasser ab, wird aber von Leder angezogen. Also fettet man Lederschuhe ein. Skiwachs hat eine grosse Adhäsion zum Holzski, aber eine kleine zu Schnee. – Viele Substanzen der modernen Gebrauchsartikel haben eine wasserabweisende Eigenschaft. Auf Regenmänteln und Schirmen bildet der Regen Tropfen, die sich nicht festhalten, die nicht benetzen.

Wir haben gelernt (5.2) dass in verbundenen Gefässen die Wasseroberfläche überall gleich hoch steht. Dies gilt nicht, wenn die Gefässe aus sehr dünnen Röhren (Kapillaren) bestehen. Wir stecken eine dünne Glasröhre in ein mit Wasser gefülltes Gefäss. Das Wasser steigt in der Röhre über den umgebenden Wasserspiegel empor. Zur Erklärung gilt folgende Überlegung: Wasser benetzt Glas, d.h. das Glas zieht das Wasser stärker an als Wasser sich selbst, oder: die Adhäsion von Wasser zu Glas ist grösser als die Kohäsion des Wassers. Also zieht die Glasröhre das Wasser nach oben. Auch am Rande, wo das Wasser das Glasgefäss berührt, sieht man, dass es an der Wand «hochklettert». Diese Erscheinung heisst «Meniskus» und das Saugen dünner Röhren «Kapillarität». Zucker, Schwamm, Löschpapier, Sand, poröse Mauern u.s.w. zeigen die gleiche Erscheinung. Bei Flüssigkeiten, die nicht benetzen, ist die Kapillarkwirkung umgekehrt, die Oberfläche in der Kapillare liegt tiefer und der Meniskus ist nach unten gekrümmt. Ein einfacher Versuch bestätigt dieses Verhalten: Wir strecken ein Zündhölzchen, Zündkopf nach oben, einige Zentimeter ins Wasser bis es durchnässt ist. Ein zweites fetten wir mit Maschinenfett ein. Beide nebeneinander ins Wasser gesteckt zeigen einen deutlichen Unterschied: Beim nassen Zündhölzchen steigt das Wasser des Gefässes aufwärts, beim eingefetteten entsteht eine Einbuchtung nach unten.

8. Entruidament ella chinematica e dinamica

8.1 Il moviment uniform buca accelerau

Nus vein viu (2.4) che in tgierp ruasont vegn mai da sez en moviment, mo era che in tgierp muentau vegn buc a ruas ni mess ord sia direcziun rectiligna. Quella qualitat havein nus numnau l'energia dils corps. Igl emprem contemplein nus in tgierp che semova uniformamein, ch'ei pia gia en moviment, e sil qual neginas forzas jastras ageschan. Tgunschamein savein nus observar treis grondezas fisicalas: la via che il tgierp percuora, il temps ch'el drova e la spertadad cun la quala el semova. Sche nus reflectein, tenor la remarca 4.4.2, anflein nus gleiti ina lescha tenor la quala mintga moviment uniform sedrezza. Nus fagein la damoda: da tgei ei la grondezia della via (s) dependent?

8.2 Exemplificaziun

Tenor 4.4.2 ponderein nus il suandont: il tschancun via (s) ei dependents dalla spertadad (c) e dal temps (t), quei vul dir, la via ei directamein proporzionala alla spertadad ed al temps, pia:

Pli grond c, ton pli grond s

Pli grond t, ton pli grond s

Da quei sresulta la fuormla de via:

Tschancun de via = spertadad \times temps, en scursanida: $s = c \cdot t$.

Tenor reglas matematicas vala era

$$c = \frac{s}{t} \quad \text{e} \quad t = \frac{s}{c}$$

La noziun «spertadad», dada cun «via tras temps» enconuschein nus ord biars exempels della veta de mintga di, sche nus schein p.ex.: 100 km per ura etc. Characteristic per il moviment uniform e linear ei: En medem temps medems tschancuns.

8. Einführung in die Bewegungslehre und Dynamik

8.1 Die gleichförmige unbeschleunigte Bewegung

Wir haben gesehen (2.4), dass ein ruhender Körper von selbst niemals in Bewegung gerät, aber auch dass ein bewegter Körper von selbst nicht zur Ruhe oder aus der geradlinigen Bewegungsrichtung kommt. Diese Eigenschaft nannten wir die Trägheit der Körper. Zuerst betrachten wir einen Körper, der sich gleichförmig bewegt, also schon in Bewegung ist, und an dem keine fremden Kräfte wirken und somit in seinem unbeschleunigten Bewegungszustand verharrt. Wir können leicht drei Grössen erkennen: Die Strecke, die der Körper zurücklegt, die Zeit, die er dazu braucht und die Geschwindigkeit, mit der er sich bewegt. Wenn wir nun nach der Bemerkung 4.4.2 überlegen, finden wir bald ein Gesetz, nach dem sich jede gleichförmige Bewegung richtet. Wir stellen die Frage: Wovon ist die Grösse der Wegstrecke (s) abhängig?

Gemäss 4.4.2. überlegen wir: Die Wegstrecke s ist von der Geschwindigkeit c und von der Zeit t abhängig, und zwar ist die Wegstrecke direkt proportional der Geschwindigkeit und der Zeit, also:

Je grösser c, desto grösser s

Je grösser t, desto grösser s

daraus ergibt sich die Wegformel:

Wegstrecke = Geschwindigkeit \times Zeit, in Abkürzung: $s = c \cdot t$.

Nach mathematischen Regeln gilt dazu auch:

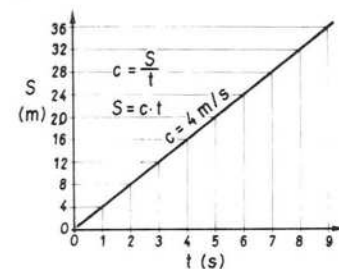
$$c = \frac{s}{t} \quad \text{und} \quad t = \frac{s}{c}$$

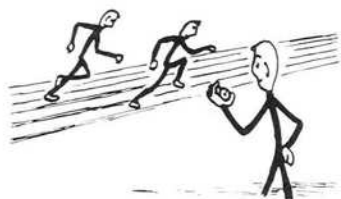
Der Begriff «Geschwindigkeit» als «Weg durch Zeit» ist uns schon aus dem täglichen Leben vertraut, z.B. wenn wir sagen: 100 km pro Stunde u.s.w. Das Charakteristische an der gleichförmigen Bewegung ist: In gleichen Zeiten gleiche Strecken.



Quei signal vul dir che in autist astga buca carrar pli dabot che 70 km en ina ura. Quella spertadad ei ton sco 1,17 km en ina minuta e ca. 20 m en ina secunda. La tiara semeina ina gada entuorn sesezza en 24 uras. La via ei 40 000 km pigl equator ed il temps ei $24 \cdot 60 \cdot 60$ secundas. Sche nus partin la via entras il temps, ei il resultat 465 m/sec. Nus, en nossas cuntradas, mein cun nossa tiara mo ca. 325 m/sec. Bia pli gronda ei nossa spertadad entuorn il sulegl, numnadamein ca. 30 km/sec.

Sch'ins malegia en in desegn il temps horizontalmein e la via verticalmein, survegnan ins per in moviment uniform ina lingia grada. Per ina spertadad pli gronda, daventa quella lingia pli teissa.





Cun ina buna ura che indichescha cun in agen indisch las secundas, san ins mesirar gest silla secunda. Per temps pli cuorts ston ins far diever ded indrez pli complical. Segidar san ins cun in pendel de fil. Vid in fil pendan ins ina peissetta de 20 tochen 30 gr, p. ex. in crapet e fa oscillar quel vi e neu. Il temps u la frequenza della oscillaziun dependa mo dalla lunghezia dil pendel. La lunghezia per mintga temps ch'ins giavischas san ins calcular ord la fuormla: lunghezia ei il temps ga il temps partiu entras quater ($l = t^2 : 4$). A quella fuormla corrispunda era $t = 2 \sqrt{l}$. Il temps ei quinquas per vi e neu. Sch'ins quenta mo cun vi persul e neu persul, ei il temps ina gada pli cuorts. Ina pintga tabella:

temps (sec)	lunghezia (mm)	temps (sec)	lunghezia (cm)
0,2	10	0,8	16
0,4	40	0,9	20
0,5	65	1,0	25
0,6	90	1,5	55
0,7	122	2,0	100

Dall'aissa inclinada b giu va la hucla pli e pli dabot, perquei che ina forza, la gravitad della tiara ei entrasora en acziun. L'aissa (a) ei horizontala; leu agescha la gravitad buca pli. La hucla va alla grada en medem temps medem dabot, priu ora ina pintga rallentaziun pervia della fricziun. Silla via (a) savein nus pia mesirar con dabot la hucla era il mument ch'ella ei stada giudem, la spertadad finala (v). Quella mesiraziun ei buca fetg exacta. Pli exact vegn il quen, sch'ins applichescha la fuormla per la via ded in movi-

$$\text{ment accelerau: } s = \frac{a \cdot t^2}{2}$$

8.2.1 Exempel 1: Con lunsch vegn in scolar cun ina spertadad de 2 m/sec, sch'el marscha 20 sec ditg?

$$\left. \begin{array}{l} c = 2 \text{ m/sec} \\ t = 20 \text{ sec} \end{array} \right\} s = c \cdot t = 20 \text{ sec} \cdot 2 \text{ m/sec} = 20$$

8.2.2 Exempel 2: Con ditg drova in scolar per ir da siu vitg natal tochen tier il vitg vischin ch'ei 6 km lunsch naven, sche il scolar fa mintga secunda 2 pass de 50 cm lunghezia?

$$\left. \begin{array}{l} s = 6 \text{ km} = 6000 \\ c = 2 \cdot 0,5 \text{ m} = 1 \text{ m/sec} \end{array} \right\} t = \frac{6000 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 6000 \text{ sec} = 100 \text{ min} = 1 \text{ ura e } 40 \text{ min.}$$

8.2.3 Exempel 3: Con gronda ei la spertadad dil siet d'ina buis, che fa en 0,3 sec la distanza de 300 m?

$$\left. \begin{array}{l} s = 300 \text{ m} \\ t = 0,3 \text{ sec} \end{array} \right\} c = \frac{s}{t} = 300 \text{ m} : 0,3 \text{ sec} = 1000 \text{ m/sec}$$

8.3 Il moviment accelerau

In velocipedist ingrondescha per dar catsch la spertadad da 0 a circa 3 m/sec. Sche la via ei denton schliata u entscheiva a montar, semida la spertadad tenor situaziun. Era la stauncladad gioga ina rolla. Nus lein mo intercurrir moviments tiels quals igl augment della spertadad, v.d. l'acceleraziun s'augmenta en mintga secunda per il medem quantum. Sche nus pretendin tier il moviment buca accelerau: en medems temps medemas vias, secloma ei ussa: En medems temps il medem augment de spertadad.

Nus schein rullar ina rucla ni in spiel de fil sin in'aissa inclinada. Il mument che nus schein dar la rucla ei la spertadad 0; alla fin dell'aissa ha la rucla contonschiu ina spertadad la quala ins numna: spertadad finala. La spertadad suenter l'emprema secunda (v_1) numnein nus a; suenter duas secundas eis ella $2a$ ($v_2 = 2a$), ed aschia vinavon. La spertadad del-

8.2.1 Beispiel: Wie weit kommt ein Schüler mit einer Geschwindigkeit von 2 m/sec, wenn er 20 sec lang läuft?

8.2.2 Beispiel: Wie lange braucht ein Schüler, um von seinem Heimatort zum benachbarten Ort zu gehen, der 6 km entfernt liegt, wenn der Schüler jede sec 2 Schritte von 50 cm Länge macht?

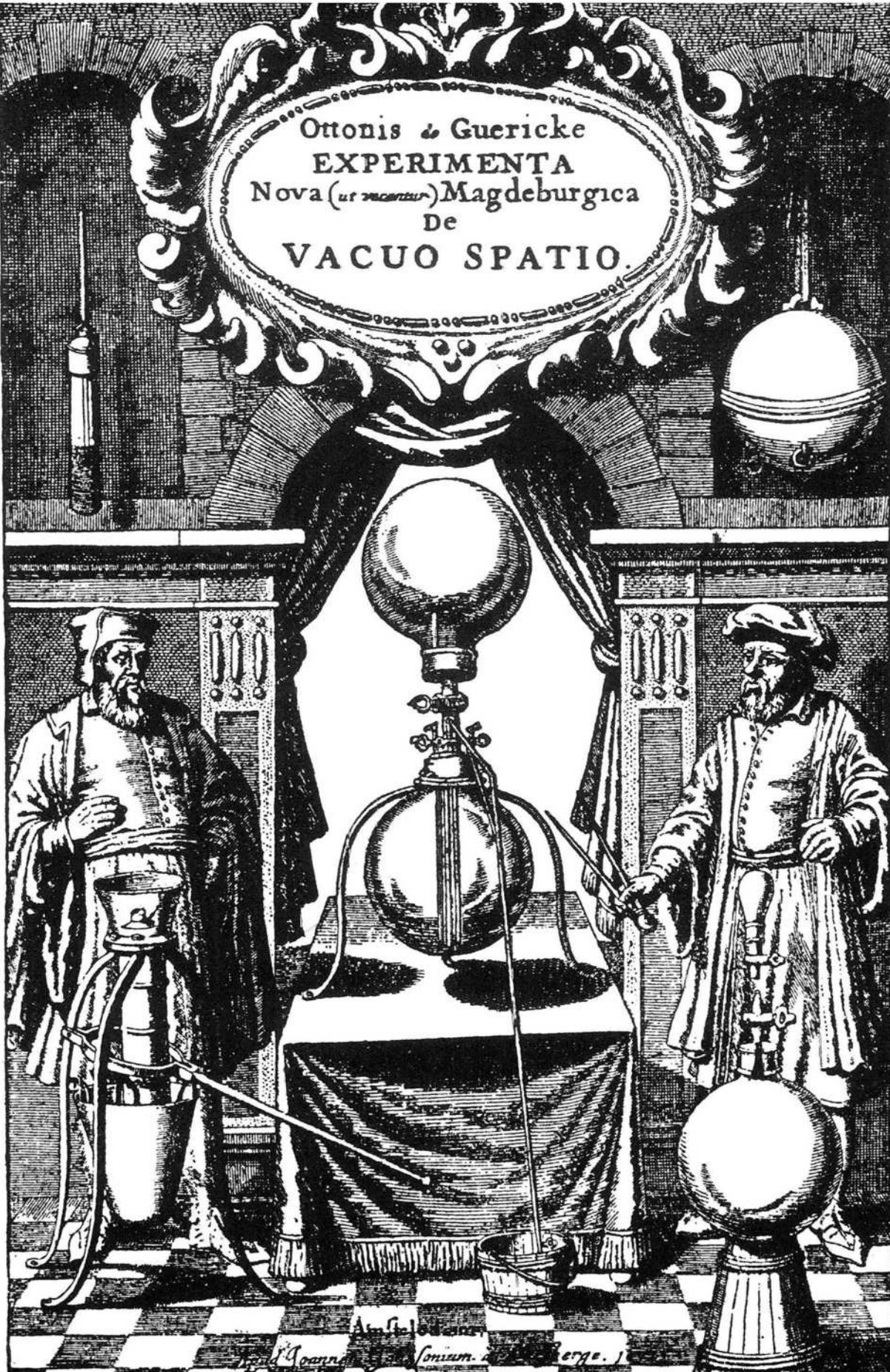
8.2.3 Beispiel: Wie gross ist die Geschwindigkeit einer Gewehrkuugel, die in 0,3 sec die Entfernung von 300 m zurücklegt?

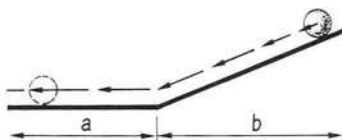
8.3 Die beschleunigte Bewegung

Ein Radfahrer vergrössert beim Anfahren die Geschwindigkeit von 0 auf 3 m/sec. Wenn aber der Weg schlecht ist oder zu steigen beginnt, ändert sich die Geschwindigkeit je nach Verhältnis. Auch die Müdigkeit spielt eine Rolle. Wir wollen nur jene Bewegungen untersuchen, bei denen zwar nicht die Geschwindigkeit gleich bleibt, hingegen die Zunahme der Geschwindigkeit, d.h. die Beschleunigung, in jeder Sekunde um den gleichen Betrag zunimmt, den wir a (accelerativ) nennen wollen. Wenn wir bei der unbeschleunigten Bewegung forderten: In gleichen Zeiten gleiche Strecken, heisst es nun: In gleichen Zeiten gleiche Zunahme der Geschwindigkeit.

Wir lassen eine Kugel oder eine Fadenspule über ein schiefgestelltes Brett rollen. Wenn wir mit der Hand aufsetzen und loslassen, ist die Geschwindigkeit am Anfang 0; am Ende der Bahn hat die Geschwindigkeit einen Betrag erreicht, den wir Endgeschwindigkeit nennen und mit v bezeichnen wollen. Nach einer Sekunde ist diese Geschwindigkeit

Ottonis & Guericke
EXPERIMENTA
Nova (ut vocantur) Magdeburgica
De
VACUO SPATIO.





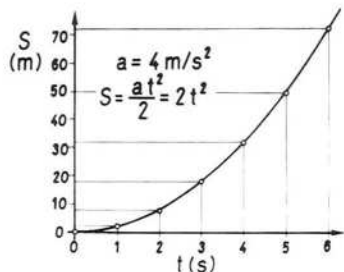
Quella fuormla sligein nus sin a.

$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}. \text{ Nus schein rullar}$$

la hucla dad ina spunda giu u schein curdar ella libramein, mesirein il temps fetg exact e la tenda che la hucla ei avanzada. Exempel: Nus mein cul velo dad ina via teissa giu laschond ir el sco el vul. En 20 secundas mesirein nus ina via de 100 meters. Con gronda ei l'acceleraziun? $a = 2s:t^2 = 200 \text{ m}:400 = 0,5 \text{ m/sec}^2$. Quei vul dir: mintga secunda augmenta la spertadad per miez meter. La spertadad suenter 20 secundas ei en quei cass: $v = a \cdot t = 0,5 \text{ m/sec}^2 \cdot 20 \text{ sec} = 10 \text{ m/sec}$. Nus savein far la controlla dumandond con liunga la via seigi per 20 secundas ed ina acceleraziun de $0,5 \text{ m/sec}^2$

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{0,5 \cdot 20^2 \text{ sec}^2}{2} = 100.$$

Tier in moviment accelerau cun ina forza constanta pren la spertadad tier reguladamein, mintga secunda per la medema grondezia. Quei semuossa fetg bein ella curva, ella quala la spertadad (tessaglia della curva) s'augmenta, denton cun ina sturschida regulada.



la rucla ei pia adina proporzionala al temps e sia spertadad suenter t secundas $v_t = a \cdot t$.

Quella spertadad finala v savein nus buca oberservar directamein e mesirar, demai ch'ella semida traso. Il carschament della spertadad denton ei lev d'observar. Per demonstrar quei, schein nus rullar pliras gadas la rucla sur l'aissa inclinada. Nus empruein de spluntar treis gadas cun in det de maniera che l'emprema spluntada crodi ensemen cun il schar liber la rucla, la tiarza culla ruclada sin meisa alla fin dell'aissa. La posiziun della rucla tier la secunda pitgada ei buca enamez dell'aissa, mobein el contuorn digl'emprema quart. La via ei en duas secundas quater ga pli liunga ch'ell'emprema secunda. Per la fuormla de via dil moviment accelerau s'eresulta pia ina schinumada lescha quadratica: La via crescha cul quadrat dil temps. Ins di: La via ei proporzionala al quadrat dil temps e scriva: $s \sim t^2$.

Ella fuormla de via $s = c \cdot t$ (8.1) astgein nus per c buca metter la spertadad finala $v = a \cdot t$, demai che la rucla ha sco spertadad d'entschatta $v = 0$ e per alla fin la spertadad finala $v = a \cdot t$. La media della spertadad sill'entira via ei mo la media aritmetica.

$$v_m = \frac{0 + a \cdot t}{2} = \frac{a \cdot t}{2}.$$

La valeta V_m prendein nus per c:

$$s = V_m \cdot t = \frac{at}{2} \cdot t = \frac{a \cdot t^2}{2}.$$

La fuormla per tuts moviments accelerai ei:

$$s = \frac{at^2}{2}$$

In moviment progressiv, enten il qual la spertadad s'augmenta regularmein, ei mo pusseivla sche ina forza

$v = a \text{ m/sec}$, nach 2 Sekunden $2a \text{ m/sec}$ und so fort. Die Kugelgeschwindigkeit ist also jederzeit proportional der Zeit und seine Endgeschwindigkeit nach t Sekunden $v = a \cdot t$.

Diese Endgeschwindigkeit v können wir nicht direkt beobachten und messen, da sie sich ja beständig ändert. Die Zunahme der Geschwindigkeit jedoch lässt sich leicht beobachten. Dazu lassen wir die Kugel mehrmals über das wenig geneigte Brett rollen. Wir versuchen mit dem Finger dreimal regelmässig so zu klopfen, dass der erste Schlag mit dem Loslassen der Kugel, der dritte Schlag mit dem Aufschlagen der Kugel am Ende des Brettes zusammenfällt. Die Stelle der Kugel beim zweiten Schlag ist nicht in der Mitte des Brettes, sondern beim ersten Viertel. Der Weg ist in 2 Sekunden 4 mal länger als in der ersten Sekunde. Für die Wegformel der beschleunigten Bewegung ergibt sich also ein sogenanntes quadratisches Gesetz: Der Weg nimmt mit dem Quadrat der Zeit zu. Man sagt: Der Weg ist proportional dem Quadrat der Zeit und schreibt $s \sim t^2$.

In der Wegformel $s = c \cdot t$ (8.1) dürfen wir für c nicht die Endgeschwindigkeit $v = a \cdot t$ setzen, weil die Kugel am Anfang die Geschwindigkeit $v = 0$, und erst am Schluss die Endgeschwindigkeit $v = a \cdot t$ hat. Der Durchschnitt der Geschwindigkeit auf der ganzen Strecke ist nur das

$$\text{arithmetische Mittel } v_m = \frac{0 + a \cdot t}{2} = \frac{a \cdot t}{2}. \text{ Wir setzen den Wert } v_m \text{ für c ein: } s = v_m \cdot t = \frac{a \cdot t}{2} \cdot t = \frac{a \cdot t^2}{2}.$$

Die Wegformel für alle Beschleunigten Bewegungen heisst:

$$s = \frac{at^2}{2}$$

Eine Fortbewegung, bei der die Geschwindigkeit regelmässig zunimmt, ist nur dann möglich, wenn eine

constant, la forza jastia (2.4) tschaf-
fa in tgerp ed ei pli gronda che la
fricziun, dalla quala il tgerp ei rete-
nius.

8.4 Exempels

8.4.1 Exempel 1: Per la forza de
gravitaziun della tiara han ins calcu-
lau a = 10 m/sec². Quella cefra
numnan ins simplamein g. La valeta
exacta fuss 9,81 m/sec². L'altezia
d'ina punt sur in ual vi san ins eruir
cun mesirar cun in'ura de stop exact
il temps d'in crap buca memia pign,
plitost rodunds, drova per conton-
scher il letg digl ual. Prendein nus
che il crap drovi leutier 5,2 sec, ei
l'altezia, u la via:

$$s = \frac{g \cdot t^2}{2} = \frac{10 \cdot 5,2 \cdot 5,2}{2}$$

$$= \text{ca. } 35 \text{ m}$$

8.4.2 Exempel 2: Dalla fuormla de
via seresulta tenor reglas matemati-
cas

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

In crap duei curdar ord ina altezia de
20 meters silla tiara. Tgei temps dro-
va el leutier?

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = \sqrt{4} = 2 \text{ sec.}$$

8.5 La noziun dinamica de forza

El capetel 2.4 vein nus viu ch'ei dat
ordeifer la forza d'attracziun aunc
autras forzas, e che mintga accelera-
ziun suppona forzas. Che nus met-
tien en moviment in tgerp che
ruaussa, che nus freneien in tgerp
en moviment u mideien direcziun,
adina drov'ei ina forza determinada.
Da tgei che la grondezia de quella
forza dependa, muossa la repetiziun
digl experiment 2.4.

Nus mettein en moviment la rucla
suspendida cun ina frida dil maun e
sentin ina forza, ina frida. Quella for-
za ei pli gronda sche nus dein ad ina

gleichbleibende Kraft, die soge-
nannte «fremde Kraft» (2.4), an
einem Körper angreift und grösser
ist als die Reibung, mit der der Kör-
per behaftet ist.

8.4 Beispiele:

8.4.1 Beispiel: Für die Erdanzie-
hung hat man die Beschleunigung a
zu 10 m/sec² errechnet. Diese Zahl
nennt man einfach g. Der genaue
Wert wäre 9,81 m/sec². Die Höhe
einer Brücke über dem Bachbett
misst man so, dass man mit einer ge-
nauen Stoppuhr die Zeit misst, die
ein nicht zu kleiner, etwas rundlicher
Stein braucht, um die Strecke zu
durchfallen. Nehmen wir an, der
Stein braucht dazu 5,2 sec. Dann ist
die Höhe, oder die Wegstrecke

$$s = \frac{g \cdot t^2}{2} = \frac{10 \cdot 5,2 \cdot 5,2}{2}$$

$$= \text{ca. } 135 \text{ m}$$

8.4.2 Beispiel: Aus der Wegformel
ergibt sich nach mathematischen
Regeln

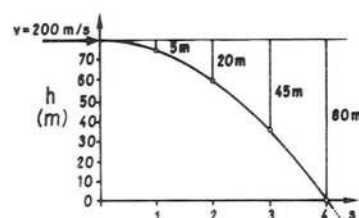
$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

Ein Stein falle aus einer Höhe von 20
Metern auf den Boden. Welche Zeit
braucht er dazu?

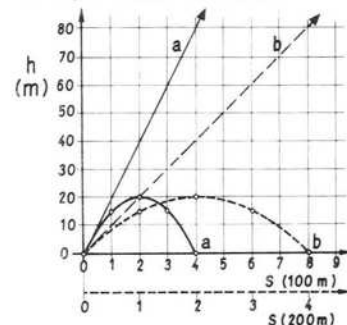
$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = \sqrt{4} = 2 \text{ sec.}$$

8.5 Der dynamische Kraftbegriff

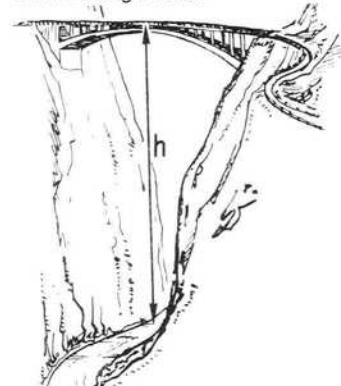
In Kap. 2.4 haben wir gesehen, dass
es ausser der Scherkraft noch weite-
re Kräfte gibt und dass jede Be-
schleunigung Kräfte voraussetzt. Ob
wir einen ruhenden Körper in Bewe-
gung setzen, einen bewegten Körper
abbremsen oder seine Richtung än-
dern wollen, immer braucht es eine
bestimmte Kraft. Wovon die Grösse
dieser Kraft abhängt, zeigt die Wie-
derholung des Experimentes 2.4.
Wenn wir eine aufgehängte Kugel
mit der Hand durch einen Schlag in
Bewegung setzen, spüren wir eine
Kraft, einen Schlag. Diese Kraft ist



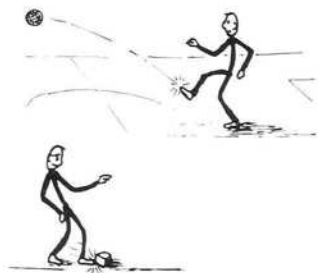
Il desegn descriva la via ded in
tgerp che croda libramein el spa-
zi. Ord la fuormla della via per
moviments acceleraei seresultan
ils resultats: En ina secunda 5 m,
en duas 20 m, en treis 45, en qua-
ter 80, en tschun 120 m etc.



Sch'ins betta in crap ensiviars,
sche ston ins capir ch'il crap
mass pervia della inerzia entraso-
ra vinavon culla spertadad ch'ins
ha dau cuigl emprem impuls de
better. Mo el entscheiva era cun-
inagada a curdar libramein en-
giu. Ord quels dus moviments se-
resultan las curvas a e b dil de-
segn. Tier quella arrivann ins
sch'ins subtrahescha per mintga
secunda quei ton giud la lingia
grada, quei vul dir, pli e pli bia te-
nor il desegn sura.



Per mesirar l'altezia ded ina punt
u ded ina casa aulta, ston ins sa-
ver eruir fetg exact il temps.
Sch'ins sbaglia en nies exempel
mo per ina dieschavla secunda,
dat quei gia in sbagl de ca. 5 m.



Pli dabot ch'ins betta in crap u in bal e pli bia forza ch'ei drova. La forza crescha era cun la massa dil tgierp ch'ins metta en moviment. Sch'ins dat cul pei aschi dabot sin in carpun, ei la forza bia pli gronda, quei sentan ins. Igl ei enzatgei auter de dar cul tgau encunter in mir che encunter ina teila pendida si. Il medem eis ei de schar dar giu ina rida sin in planschiu de crap. Ella va en tocs. Mettan ins ina teila loma suten, stat la rida entira. Egl emprem cass ei l'acceleraziun, vul dir il retener la spertadad, fetg anetga. Perquei dat ei ina gronda forza. In retardament pli liung, cun duvvar in support lom, diminuescha la acceleraziun e cun quei la forza.

pli gronda massa la medema acceleraziun. La frida ei era pli gronda sche nus dein all'emprema rucla ina pli gronda acceleraziun. Suentar la regola 4.4.2 schein nus pia: La grondezia della forza (F) ei directamein proporzionala alla massa (m) ed alla acceleraziun (a), ed en fuormla cuorta:

$$F = m \cdot a$$

L'unitad determinein nus sco suonda: ella dueigi esser *in*, pil cass che la massa ded 1 kg retscheiva ina acceleraziun ded 1 m/sec², v.d. sche per ex. in crap d'in kg massa contonscha alla fin dell'emprema secunda la spertadad finala 1 m/sec. Quella unitad numnein nus en honur de Newton: 1 Newton (1 N).

Da quella noziun della forza savein nus retroceder alla forza che deriva dalla gravitaziun della tiara, alla schinumnada peisa. Nus vein viu che l'acceleraziun della tiara ei circa 10 m/sec². 1 kp ha ina massa ded 1 kg. La peisa P d'in kilopond calculada en Newton ei:

$$\begin{aligned} P &= m \cdot g = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/sec}^2 \\ &= 10 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2 = 10 \text{ N} \\ 1 \text{ N ei pressapauc } \frac{1}{10} \text{ Kp} \end{aligned}$$

8.6 Exempels:

8.6.1 Exempel 1: In scolar velocipedist entscheiva ad ir cun siu velo de maniera ch'el ha contonschiu suenter 10 sec la spertadad finala de 10 m/sec². Cun tgei forza ha el stuiiuvrar sch'el ei, ensemen cun siu velo, 60 kp grevs?



Sin bunas vias dorva ei mo per accelerar bia forza. Ina gada ch'il vehichel ei en moviment, va ei tgunsch sche la via ei neidia. Perquei drovan ins carregiond cugl auto bia pli bia benzin, sch'ins va malregulau cun entrasora accelerar epi puspei frenar.

8.6.2 Exempel 2: In auto peisa 1 000 kg. Sia massa ei pia 1 000 kp. En 10 sec. ha el contonschiu la spertadad de 20 m/sec². Con gronda ei stada la forza acceleronta e tgei

grösser, wenn wir einer grösseren Masse gleiche Beschleunigung geben. Der Schlag ist auch grösser, wenn wir der ersten Kugel eine grössere Beschleunigung erteilen. Nach der Regel 4.4.2 sagen wir also: Die Grösse der Kraft (F) ist direkt proportional der Masse (m) und der Beschleunigung (a) und in Kurzschrift:

$$F = m \cdot a$$

Die Einheit bestimmen wir so: Sie soll eins sein, wenn die Masse 1 kg, die Beschleunigung 1 m/sec² erhält, d.h. wenn z.B. ein Stein von einem kg Masse am Ende der 1. Sekunde die Endgeschwindigkeit 1 m/sec erreicht hat. Diese Einheit nennen wir zu Ehren des Physikers Newton 1 Newton (1 N).

Von diesem Begriff der Kraft aus können wir zurückgreifen auf die Kraft, die von der Erdanziehung stammt, vom sog. Gewicht. Wir haben gesehen, dass die Erdbeschleunigung ungefähr 10 m/sec² ist. 1 kp hat die Masse 1 kg. Das Gewicht P eines Kilopondes ist also in Newton umgerechnet:

$$\begin{aligned} P &= m \cdot g = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/sec}^2 \\ &= 10 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2 = 10 \text{ N} \\ 1 \text{ N ist ungefähr } \frac{1}{10} \text{ Kp} \end{aligned}$$

8.6 Beispiele:

8.6.1 Beispiel: Ein velofahrender Schüler fährt so an, dass er nach 10 sec die Endgeschwindigkeit 10 m/sec erreicht. Mit welcher Kraft musste er arbeiten?, wenn er samt Velo 60 kg schwer ist.

$$\left. \begin{array}{l} v = 10 \text{ m/sec} \\ t = 10 \text{ sec} \\ m = 60 \text{ kg} \end{array} \right\} a = \frac{v}{t} = \frac{10 \text{ m/sec}}{10 \text{ sec}} = 1 \text{ m/sec}^2$$

$$F = m \cdot a = 60 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/sec}^2 = 60 \text{ N} \sim 6 \text{ kp}$$

8.6.2 Beispiel: Ein Auto wiegt 1 000 kp. Seine Masse ist also 1 000 kg. In 10 sec. hat es die Geschwindigkeit von 20 m/sec erreicht. Wie gross war die beschleunigende

tschancun ha el percurriu suent 4 sec, e suent 40 sec, sche la forza acceleronta continuescha vinavon?

$$\left. \begin{array}{l} a) t = 10 \text{ sec} \\ v = 10 \text{ m/sec} \\ m = 1\,000 \text{ kg} \end{array} \right\} a = \frac{v}{t} = \frac{10}{10} = 1 \text{ m/sec}^2$$

$$F = m \cdot a = 1\,000 \cdot 1 = 1\,000 \text{ N} \sim 200 \text{ kp.}$$

$$\left. \begin{array}{l} b) a = 2 \text{ m/sec}^2 \\ t_1 = 4 \text{ sec} \\ t_2 = 40 \text{ sec} \end{array} \right\} \begin{aligned} S_1 &= \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{2 \cdot 4^2}{2} = 16 \text{ m} \\ S_2 &= \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{2 \cdot 40^2}{2} = 1\,600 \end{aligned}$$

8.7. L'energia de moviment (energia chinetica)

Suent che nus vein entelgiu che forza ei zatgei dinamic, astgein nus sedumandar logicamein, sch'ei detti era ina lavur dinamica, in'energia dinamica u energia de moviment. La risposta ei leva de dar. Sche nus smenein in marti encunter ina guota, vesein nus che la massa en moviment presta lavur, la guota survenstcha entras la frida las forzas de fricziun e penetrescha ell'aissa, v.d. la guota fa ina via. Sche ina forza presta lavur perliung ina via, havein nus per resultat ina lavur. Quella deriva oriundamein dal marti en moviment. Siu moviment ei vegnius frena u negativamein acceleraus. Partenent il cuntegn dell'energia ei in crap en moviment enzatgei auter ch'in che stat eri, el posseda energia chinetica. Con gronda ei atgnamein ina tala energia chinetica? En tuts cass ei mintga energia de calcular ord forza ga via (4.3):

$E = F \cdot s$; – Tenor 8.5 ei $F = m \cdot a$.
Per in moviment accelerau ei la via:

$$s = \frac{at^2}{2}; \text{ l'energia } E \text{ pren pia la va-}$$

$$\text{leta: } E = \frac{m \cdot a \cdot at^2}{2} = \frac{ma^2t^2}{2}$$

Nus lessen ussa exprimer quella energia chineticein, v.d. entras la

Kraft und welchen Weg hat es nach 4 sec und nach 40 sec zurückgelegt, wenn die beschleunigende Kraft weiter andauert?

8.7 Die Bewegungsenergie (Kinetische Energie)

Nachdem wir erkannt haben, dass Kraft etwas Dynamisches ist, dürfen wir folgerichtig fragen, ob es auch eine dynamische Arbeit, eine dynamische Energie oder eine Energie der Bewegung gibt. Die Antwort ist leicht zu geben. Wenn wir einen Hammer gegen einen Nagel schwingen, sehen wir dass die bewegte Masse Arbeit leistet, der Nagel überwindet durch den Schlag die Reibungskräfte und dringt in das Brett ein, d.h. der Nagel macht einen Weg. Wenn aber eine Kraft längs eines Weges wirkt, haben wir als Resultat eine Arbeit. Diese stammt ursprünglich vom bewegten Hammer. Seine Bewegung wurde abgebremst, negativ beschleunigt. Inbezug auf den Energie-Inhalt ist also ein bewegter Stein etwas anderes als ein unbewegter, er besitzt Bewegungsenergie. Wie gross ist nun eine solche kinetische Energie? Eine Energie berechnen wir wie immer aus Kraft mal Weg (Vergl. 4.3).

$E = F \cdot s$; gemäss 8.5 $F = m \cdot a$.
Für eine beschleunigte Bewegung ist der Weg:

$$s = \frac{at^2}{2}; \text{ die Energie } E \text{ lautet also:}$$

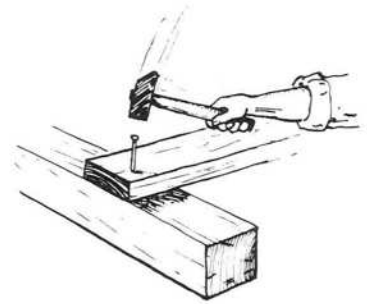
$$E = \frac{m \cdot a \cdot at^2}{2} = \frac{ma^2t^2}{2}$$

Wir möchten nun diese Energie kinetisch, d.h. durch die erreichte Ge-

In marti de fravi, cun ina massa ded 1,5 kg retscheiva ina spertadad de 5 m/sec. Quei dat ina energia chinetica:

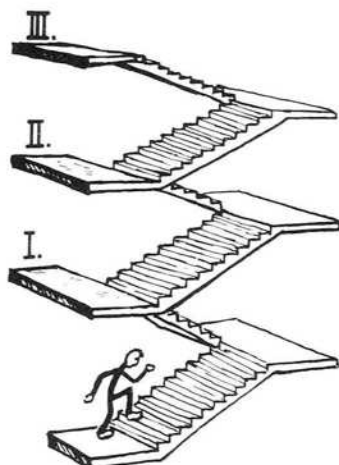
$$E = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1,5 \cdot 25}{2} = 18,75$$

Joule. Cun quella energia mass quei marti ca. 6 m ad ault, e quei ei sco de schar dar giu ina massa ded in kg 6 m.



La hucla de dar heighels che stat eri, ei buca el cass de luvrar. L'acceleraziun dada ad ella dal giugadur «carga» ella cun energia chinetica. Quella stgisa per better ils heighels per tiara. La hucla dat giu sia energia als heighels, priu ch'ella mondi buca dasperas. En gliez cass lai ella ora sia forza encunter la banda.



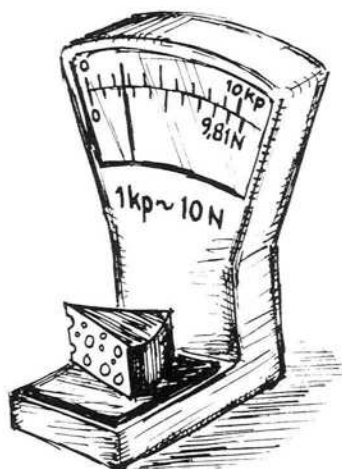


In scolar ded ina peisa de 60 kp che cuora en 15 seundas 3 alzas ad ault, presta ina pulita lavur. Priu che las alzas seigien mintgamai 3 m aultas ei la prestaziun dil scolar:

$$P = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{60 \text{ kp} \cdot 9 \text{ m}}{15 \text{ sec}} = 36 \text{ kpm/sec.}$$

Quei ei bunamein in miez PS e quella prestaziun fuss el buca el cass de mantener ditg.

Pertgei tons sistems de mesiraziun? Per vegnir tier in sempel sistem decimal stuessen ins midar entginas grondezias fundamentalas. Ella practica va quei vess. Glied veglia quenta aunc adina cun lingias, zols, bratscha,



speritadad contonschida. El capetel 8.3 havein nus exprimiu v entras a · t. Nus havein pia $a^2 \cdot t^2 = v^2$, ed aschia alla finala:

$$E_{\text{kin}} = \frac{mv^2}{2}$$

L'unitad vegn numnada Newton-Meter (Nm) ni Joule (J). Sia dimensiun ei $[1 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{sec}^2]$

L'unitad de prestaziun sresulta tenor nossa definiziun (4.3) numnada mein 1 Joule per secunda (1 J/sec), che ha era num 1 Watt (1 W).

8.8 Remarca

Per specia de grondezias fundamentalas vein nus priu all'entschatta la lunghezia $s = 1$ meter, la forza $F = 1$ kilopond ed il temps $t = 1$ sec. Quella specia de mesirar numnan ins il «sistem tehnic de mesira». Sco quei ch'ins sa indicar la valeta de cumpra d'ina mercanzia en pliras valutas ni unitads de daners, aschia eis ei era pusseivel d'anflar autras unitads de mesira per grondezias fisicalas e tehnicas. Impurtont ei mo ch'ins enconuschi las cefras de comparegliaziun, la «valuta».

Partend dalla noziun de forza (pareglia 8.5) arrivein nus ad ina nova unitad de forza: 1 Newton. Cunquei vein nus renunziau alla grondezia fundamentala della forza 1 kp. Nus vein viu che la noziun de forza sa vegnir dividida en massa (m) ed acceleraziun (a). L'acceleraziun savein nus da l'au-tra vart indicar entras las grondezias fundamentalas lunghezia e temps (meter/secunda²). Per nova grondezia fundamentala resta pia la massa (m). Sia unitad ei 1 kg. Vegn la massa (m) multiplicada cun l'acceleraziun (a) sche san ins duvra quella forza ($m \cdot a$) en Newton (N) enstagl della forza en kilopond (kp).

Quei sistem de mesira cun las grondezias fundamentalas meter, kilogram e secunda (sistem MKS) ei surtut applicaus ella scienza naturala, oz denton era per part ella tecnica. Nus tschentein in sper l'auter.

schwindigkeit v ausdrücken. Im Kap. 8.3 haben wir v durch $a \cdot t$ ausgedrückt. Es ist also $a^2 \cdot t^2 = v^2$, und endlich:

$$E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Die Einheit wird Newton-Meter (Nm) oder Joule (J) genannt. Ihre Dimension ist $[1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{sec}^2]$

Die Leistungseinheit ergibt sich nach unserer Definition 4.3, nämlich 1 Joule pro Sekunde (1 J/sec), die auch den Namen 1 Watt (1 W) führt.

8.8 Bemerkung

Als Grundgrößenarten haben wir zu Beginn die Länge $s = 1$ Meter, die Kraft $F = 1$ Kilopond und die Zeit $t = 1$ Sekunde angenommen. Diese Mess-Art nennt man das «Technische Mass-System». Wie man den Marktwert einer Ware in verschiedenen Währungen oder Geldeinheiten angeben kann, so lassen sich auch für physikalische oder technische Größen verschiedene Masseinheiten finden. Wichtig ist nur, dass man die Vergleichszahlen, die «Valuta», kennt.

Vom dynamischen Kraftbegriff ausgehend (Siehe 8.5) kamen wir zu einer neuen Kräfteinheit: 1 Newton. Dabei haben wir die technische Grundgröße der Kraft 1 kp aufgegeben. Wir sahen, dass der Kraftbegriff zerlegt werden kann in Masse (m) und Beschleunigung (a). Die Beschleunigung hinwieder können wir durch die Grundgrößen Länge und Zeit angeben (Meter/Sekunde²). Es bleibt also als neue Grundgröße die Masse (m). Ihre Einheit ist 1 kg. Multipliziert mit der Beschleunigung ($m \cdot a$) wird sie als Kraft in Newton (N) anstelle der Kraft in Kilopond verwendet.

Dieses Masssystem mit den Grundgrößen Meter, Kilogramm und Sekunde (MKS-System) wird besonders in der Naturwissenschaft, heute aber auch z.T. in der Technik benutzt. Wir stellen beide nebeneinander:

	El sistem tehnic Im technischen System	El sistem MKS Im MKS-System
Forza Kraft	1 Kilopond (kp)	1 Newton (N)
Lavur Arbeit	1 Kilopondmeter (kpm)	1 Newtonmeter = 1 Joule (Nm = J)
Prestaziun Leistung	1 Kilopondmeter/sec (kpm/sec)	1 Joule/sec = 1 Watt (J/sec = W)

8.9 Exempels practics

8.9.1 In auto ha la massa $m = 1\,000\text{ kg}$ e va cun ina spertadad de $43,2\text{ km/ura}$. Con gronda ei sia energia chinetica?

Nus encurin igl emprem la via pro secunda, v.d. la spertadad v . $43,2\text{ km/ura} = 43\,200\text{ m/ura}$. Cunquei che in'ura ha $3\,600\text{ sec}$, ei la via pro secunda $3\,600$ ga pli pintga.

Pia: $43\,200:3\,600 = 12\text{ m/sec}$. Nossas indicaziuns ein per consequenza:

$$\left. \begin{array}{l} m = 1\,000\text{ kg} \\ v = 12\text{ m/sec} \end{array} \right\} E_{\text{kin}} = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{1\,000 \cdot 12^2}{2} = 500 \cdot 144\text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{sec}^2 = 72\,000\text{ J}$$

8.9.2 Il medem auto augmenta la spertadad per il dubel, numnadamein a $86,4\text{ km/ura}$, ni 24 m/sec . Vid quei quen semida mo la valeta $v^2 = 24^2 = 576$. Quei ei 4 ga de pli che 144 . Pia ei l'energia chinetica en quei cass 4 ga pli gronda schegie che la spertadad ei stada mo dubla-mein schi gronda. Perquei ei tier in accident il prigel cun dubla spertada 4 ga pli gronds. – Ils $72\,000\text{ Joule}$ calculai el sistem tehnic ei in'energia che fuss el cass d'alzar $7,2\text{ Mp}$ (tonnas per in meter).

8.9 Berechnungsbeispiel

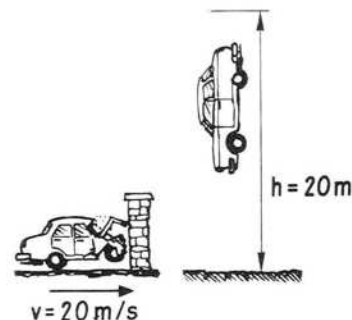
8.9.1 Ein Auto hat die Masse $m = 1\,000\text{ kg}$ und fährt mit einer Geschwindigkeit von $43,2\text{ km/Std}$. Wie gross ist seine Bewegungsenergie E_{kin} ?

Wir suchen zuerst den Weg pro Sekunde, d.h. die Geschwindigkeit v . $43,2\text{ km/Std} = 43\,200\text{ m/Std}$. Da eine Stunde $3\,600\text{ Sekunden}$ hat, ist der Weg pro Sekunde $3\,600$ mal kleiner.

Also $43\,200:3\,600 = 12\text{ m/sec}$. Die Angaben und die Berechnungen lauten wie folgt:

8.9.2 Das gleiche Auto vergrössert die Geschwindigkeit auf das doppelte, nämlich auf $86,4\text{ km/Std}$ oder 24 m/sec . An der Rechnung ändert sich nur der Wert $v^2 = 24^2 = 576$. Das sind 4 mal mehr als 144 . Also beträgt die Bewegungsenergie in diesem Falle 4 mal mehr, obwohl die Geschwindigkeit nur doppelt so gross war. Deshalb ist bei einem Unglücksfall die Gefahr bei doppelter Geschwindigkeit 4 mal grösser. – Die $72\,000\text{ Joule}$ im technischen Technischen System umgerechnet würden eine Energie bedeuten, die imstande wäre $7,2\text{ Mp}$ (Tonnen) einen Meter zu heben.

tschuncheismas etc. Surtut stuessen ins midar il meter ed il temps. Ins stuess quintar il temps cun 100 minutas e diesch u vegn uras; per il meter stuessen ins prender $98,1\text{ cm}$. Lu fussen 10 Newtons gest in kp etc. La stadera cheu speras ei pia per ina gada aunc ina utopia. Nus stuein vina-von duvrr tabellas de quintar entuorn ina mesira en ina outra (tabellas de reduziun), sco nus stuein era consultar tabellas de valuta per saver pagar en daners jasters. En quei grau constat in pli grond embrugl, perquei che las valutas midan di per di, ferton che nossas mesiras ein en mintga sistem constantas.



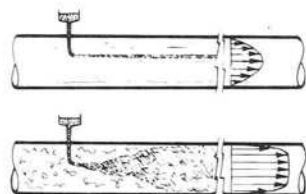
In auto che va cun ina spertadad de 20 m/sec ha en sesez la medema energia sco schiel dess giu da 20 m altezia. Conta spertadad en km/h ein quels 20 m/sec ?

20 m exprimi en km dat 1000 ga pli pauc. 1 ura ha denton 3600 sec . Pia ei il resultat: $20\text{ m/sec} =$

$$20 \cdot \frac{3600}{1000} = 72\text{ km/h.}$$

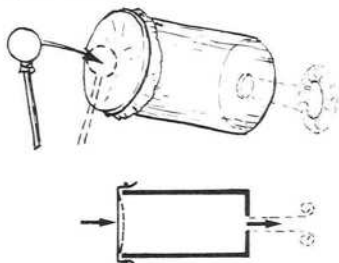
Pertgei havein nus tema de dar giu da 20 m altezia, mo buca de carrar cun ina spertadad de 72 km/h ? Per ch'ei fagess nuot de seglir giu da 20 m stuessen ins metter suten enzatgei lom che lai suenter. Quei fan ins en cass de barschament, cura che la glieud sto seglir ord finiastra sch'igl ei memia tard de duvrr scalas. Dar giu sin dir vul dir che l'acceleraziun daventa fetg gronda. Ins vegn retenius anetgamein. Perquei ei la forza immens gronda, e quella pon ins buca supportar. Egl auto san ins diminuir plaunsiu la spertadad aschia che la forza cuoza pli ditg, mo ei meins gronda. El cass ch'igl auto confrunta cun in mir, ei igl effect il

medem sco de dar giu sin dir. Sch'ins sa dir che la mesa spertadad ei quater gadas pli pauc malsegira, sche duessen ins era capir che dubla advertenzia (attenziun) ei forsa 10 gadas pli pauc malsegira, e che quels che lain muncar quella ord atgna cuolpa, cun surduvvar il tissi d'alcohol e nicotin, s'audan en perschun.



Per mussar il fluir laminar ed il turbulent, infiltreschan ins el conduct dil liquid ina color. El cass de current laminar resta il fil de color, el cass de current turbulent, se sparsa la color pervia dellas buolas.

In sempel experiment per producir ciclons d'aria: Ins metta sin ina scatla gronda de conservas in gummi enstagl digl uvierchel. El sto esser serraus giu cun ina corda hermeticamein. El fons taglian ins ora ina ruosna rodonda sco in de dus francs. Ussa spluntan ins culla detta u cul pugn sil gummi. Ord la ruosna sorteschon ciclons ded aria che pon stizzar ina candeila ord gronda distanza. Drizau sin la fatscha ded ina persuna, senta quella gest la frida de quei ciclon.



8.10 Il fluir dils liquids e gas (Dinamica dils liquids e gas)

8.10.1 Il current laminar e turbulent

Bettin nus in toc lenn en in flum nual, baul enamiez, baul pli datier della riva, vesein nus che il lenn senuond semova pli spert enamiez che dallas varts. Corps solids stattan en fuorma era sch'els semovan. Mintga part semova tuttina spert e sedeplaza buc enviers las autras. Tier liquids e gas semovan buca tuttats parts tuttina spert. Ellas flueschan sper las rivas vi, mo serguschan era vid las atgnas parts. Mintga part ei scodedir la riva de l'autra, che cula pli spert. Lein contemplar il fluir tras in bischel. La gronda deplazzablada dellas differentas parts ina encunter l'autra effectuescha che las parts s'isan ina vid l'autra. La pli gronda fricziun ei d'anflar allas preits dil bischel. Leu stattan singulas parts tacadas e semovan in summa buc. Ellas bognan ils bischels. Las parts vischinas surventschan la fricziun entras la pressiu. Ellas semovan in tec. Las parts tochen tier il centrum dil bischel semovan adina pli e pli spert perquei ch'ellas s'isan vid parts ch'ei gia en moviment. Aschia sereulta ina fuorma de moviment tier la quala las parts interiusas semovan pli spert che las exteriuras. Igl ei quasi rasadas che seleischnan ina sur l'autra, quasi sco lamellas. Ins numna perquei in tal moviment il current laminar. Vegn la spertadad dellas parts fluentas carschentada adina pli e pli entras la pressiu, contonscha ella ina spertadad determinada, dependenta en siu termin da biars facturs, tier la quala il current laminar mida vi el current turbulent u ciclonic. Quels ciclons suon dan autras leschas ed han savens effects sco corps colids en moviment. Perquei ein ils schinumnai tornados u taifuns fetg prigulus.

8.10 Das Fliesen der Flüssigkeiten und Gase (Dynamik der Flüssigkeiten und Gase)

8.10.1 Laminare und turbulente Strömung

Werfen wir in einen Fluss oder Bach ein Stück Holz bald in die Mitte bald näher am Ufer, so zeigt sich, dass das schwimmende Holz in der Mitte rascher bewegt wird als am Rande. Feste Körper bleiben in Form, auch wenn sie sich bewegen. Jeder Teil bewegt sich gleich schnell und verschiebt sich nicht gegen die andern. Bei Flüssigkeiten und Gasen bewegen sich nicht alle Teile gleich schnell. Sie fließen an den Ufern, aber auch an den eigenen Teilen vorbei. Jeder Teil ist sozusagen das Ufer des andern, das schneller fließt. Betrachten wir das Fließen durch eine Röhre: Die grosse Verschiebbarkeit der einzelnen Teile gegeneinander bewirkt, dass die Teile sich aneinander reiben. Die Reibung ist am grössten an der Wandung der Röhre. Dort bleiben einzelne Teile haften und bewegen sich gar nicht. Sie benetzen die Röhre. Die anschließenden Teile überwinden die Reibung infolge des Druckes. Sie bewegen sich etwas. Die Teile bis zur Mitte der Röhre bewegen sich immer schneller, weil sie sich an Teilchen reiben die schon in Bewegung sind. So entsteht eine Bewegungsform bei der die inneren Teile sich rascher bewegen als die äusseren. Es sind sozusagen konzentrische Schichten, die über einander gleiten, gleichsam in Lamellen. Man nennt deshalb diese Bewegung die laminare Strömung. Wird die Geschwindigkeit der fließenden Teile durch Druck immer mehr und mehr erhöht, erreicht sie eine bestimmte, von vielen Faktoren abhängige Grenze der Geschwindigkeit, bei der die laminare Strömung in die sog. wirre oder turbulente Strömung übergeht. Diese Wirbel folgen andern Gesetzen und haben oft Wirkungen wie feste Körper, die in Bewegung sind. Deshalb sind die sog. Tornados oder Taifune sehr gefährlich.

8.10.2 La pressiun statica e dinamica

El capitel 5.1 havein nus detg che la pressiun statica seigi, per medem grondas surfatschas, dependenta mo dall'altezia dil liquid. Sche il liquid perencunter semova, retscheiva il liquid sper l'energia potenziala (4.3 e 8.11) aunc ina energia chinetica, dinamica (pareglia las expectoraziuns 8.7). Cun quei che la summa de tut las energias resta en in sistem nunvariabel, ei clar quei ch'il scientist Daniel Bernouille (1700–1782) ha scuvertg: «Sche la spertadad d'in liquid u d'in gas, pia la pressiun dinamica, secarschenta, daventa la pressiun statica pli pintga». Quei vala p.ex. era en in bischel ch'ei en in liug pli stretgs. Leu cula l'aua u il gas pli spert, la pressiun sesbassa e sa perfin vegnir duvrada per effect de tschetsch. Tschentan ins in bischel satel en in migiel cun aua e sufla cun in'auter a traviers sigl ur della avertura sura, vegn il current d'aria schi sperts e stretgs che igl effect de tschitschar ei el cass de trer l'aua ord il bischel. Ella vegn spurlada sco fina nebla entras il current dell'aria. Auters fenomens emprendein nus d'enconuscher el suandont capitel.

8.10.3 Resistenza dil fluent – Fuor-ma aerodinamica – catsch ascensional dinamic

Tschentan ins in'aissa encunter in current d'aua ni d'aria sche sentan ins ina resistenza. Ella ei dependenta dalla fuorma digl impediment. In burrel cun in diameter della ladezia dell'aissa vegness a mussar circa 20 ga pli pauca resistenza. Per contonscher ina pintga resistenza ston ins impedir las buolas. La fuorma che ha la pli pintga resistenza sto la tecnica buca per inventar. La natira ha gia daditg realisau ella: In pumer che crescha el current dil vent de planira, muossa era quella fuorma, medamein il levrier, in spert utschi

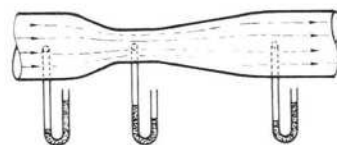
8.10.2 Der statische und dynamische Druck

Vom statischen Druck sagten wir (S. 22), dass er bei gleichem Querschnitt nur von der Flüssigkeitshöhe abhängig ist. Wenn die Flüssigkeit sich hingegen bewegt, in einem Gefäss oder in einer Leitung fliesst, erhält die Flüssigkeit neben der potentiellen Energie (4.3 und 8.11) noch eine kinetische, dynamische Energie. (Vergl. die Ausführungen 8.7). Da aber die Summe aller Energien in einem System unverändert bleiben muss, ist es klar, was der Forscher Daniel Bernoulli (1700–1782) entdeckt hat: Wenn bei einer Flüssigkeit oder einem Gas die Geschwindigkeit, also der dynamische Druck zunimmt, wird der statische Druck kleiner. Dies gilt z. B. auch in einer Röhre, die an einer Stelle dünner ist. Dort fliesst das Wasser oder das Gas rascher, der Druck fällt und kann sogar als Saugwirkung genützt werden. Steckt man eine dünne Röhre in ein Glas mit Wasser und bläst mit einer andern quer auf die Kante der oberen Öffnung, wird der Luftstrom so eingeeengt, dass die Saugwirkung imstande ist, das Wasser aus der Röhre heraufzuziehen. Es wird dann durch den Luftstrom fein zerstäubt. Andere Erscheinungen sehen wir im nächsten Kapitel.

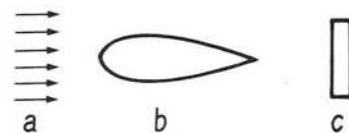
8.10.3 Widerstand beim Strömen-Stromlinienform – Dynamischer Auftrieb

Stellt man ein Brett einem Luft- oder Wasserstrom entgegen, spürt man einen Widerstand. Er ist von der Form des Hindernisses abhängig. Ein Rundholz mit dem Durchmesser der Breite des Brettes würde ungefähr 20 mal weniger Widerstand zeigen.

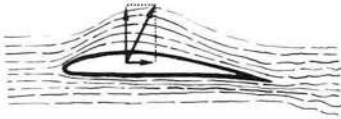
Um einen kleinen Widerstand zu erhalten, muss man die Wirbel vermeiden. Die Form, die den kleinsten Widerstand hat, musste die Technik nicht erst erfinden. Die Natur verwirklicht sie schon längst: Ein Tropfen Wasser, der durch die Luft fällt, nimmt von selbst diese günstige



Per mussar quei principi de Bernoulli dat ei plirs sempels experiments. Ins pren in tschadun grond levamein denter la detta sisum il moni. Ins lai cuorer au ord la spina e s'avischina cugl arviul dil tschadun al fil ded au. Il tschadun vegn tratgs dall'au, schi gleiti sch'ins mo tucca el. Ins pren in cartun levat de ca. 10 sin 6 cm, storscha el in tec per liung e ferma ina vart graschla vid ina lingiala. Ussa suflan ins da surengiu sper igl arviul dil cartun. Ins vesa ch'el semeina encunter il flum dil flad.



Il current d'aria va bunamein senza resistenza entuorn il tgiert b cun sia fuorma aeronautica, ferton che encunter l'aissa c dat ei ciclons che vulan prender l'aissa cun els.

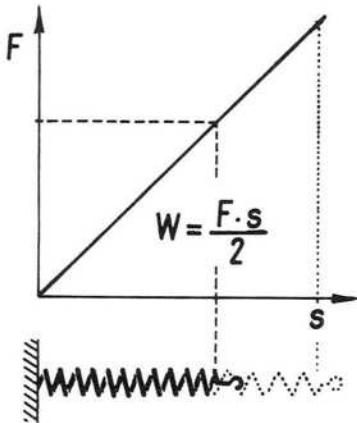


Las alas dils utschals e lur sbatter las alas han dau de bia misteris als scientists. Per anflar la megliera fuorma ded in aviun, han ins modellau tals ord glatsch ed exponiu els ad in current d'aria caulda en in tunnel baghegiaus alla posta, per saver miserar igl entir secuntener digl utschiglatsch. Leu nua che la resistenza era pli gronda, ei il glatsch luaus pli dabot, Aschia han ins alla fin survegniu la fuorma ideala.

Per calcular l'energia ded ina macchina ston ins adina ir da sempels exempels anora, per ch'ins fetschi buca in sbagli. Gia per calcular l'energia ch'ei drova de stender ina pleva, u l'energia che ina pleva sa dar giu, ston ins saver che la forza ei all'entschattat nul, vegn pli e pli gronda tochen tiel maximum. La via ei la tenda ch'ins drova per stender. La forza ei intragliauter mo la mesa forza della forza finala. Pia ha-

vein nus la lavur $W = \frac{F \cdot s}{2}$.

Ins di che igl integral della lavur seigi in triangel. Ina autra lavur, per exempel d'alzar ina peisa ad ault, dat per integral in rectangel.



u pèsch. La fuorma aerodinamica dils autos ei pia mo in'imitaziun.

Co san ils utschals sgular tras l'aria senza sbattidas d'ala? Las alas han mo mesa fuorma aeronautica, e quei survart. Prendein nus en agid la lescha de Bernouille (8.10.2), reussescha a nus la pli simpla explicaziun. In current d'aria che daventa entras il sgol ni entras il vent sto fluir per part sur e per part sut las alas. La via sur l'ala ei artgaus e pli liungs. Consequentamein sto il vent fluir leu pli spert per saver contonscher davos l'ala il current de sut l'ala. Aschia sedat sura ina pressiun bassa, ina depressiun. Quei vul dir che la pressiun sut l'ala ei pli gronda che quella sur l'ala. Aschia vegn l'ala e cun ella igl utschil alzaus. In aviun modern ei construius en medema moda e maniera. Il moviment anavon vegn denton buca effectuaus entras la battida d'ala, mobein entras in propeller, che ha era da sia vart mesa fuorma aerodinamica. Ils aviuns a vel senezegian dil current ascendent. Els crodan atgnamein en in current d'aria che ascenda pli spert che la curdada digl aviun. – Ils utschals ein schizun habels de senezegiar en moda inschignusa dils bufs de vent e de spertadads de vents alternonts.

8.11 Specias de lavur e d'energia – Il principi d'energia

Tier mintga specia de lavur anflein nus adina duas componentas: forza e via. La forza sa esser dada sco pressiun, tracziun, stausch, tensiun, fricziun, torsiun, forza d'inerzia etc. La via perliung la quala agescha la forza, sa esser ina tenda u ina altezia. Forza e via ein vecturs redrizai en medema direcziun. Ils nums ils quals las differentas lavurs vegnan signadas ein levamein capeivels: lavur de maun, de bratsch, de macchina, lavur d'alzar, de fricziun, de tensiun, d'acceleraziun, de frein. Ina preoccupaziun sa enserrar pliras

Form an. Ein Baum, der im Talwind aufwächst, zeigt ebenfalls diese Form, ebenso ein Windhund, ein schneller Fisch oder Vogel. Die Stromlinienform der Autos ist also nur eine Nachahmung.

Wie können nun die Vögel ohne Flügelschlag durch die Luft segeln? Die Flügel haben nur halbe Stromlinienform, und zwar oben. Nehmen wir den Satz von Bernoulli zu Hilfe (8.10.2), gelingt uns die einfache Erklärung. Der Luftstrom, der durch den Flug oder durch den Wind entsteht, muss zum Teil über den Flügeln und zum Teil unter ihnen fließen. Der Weg über dem Flügel ist gewölbt und länger. Somit muss der Wind dort rascher fließen um wieder hinter dem Flügel mit dem unteren Strom zusammenfließen zu können. So entsteht oben ein Unterdruck. Das heisst, der Druck unter dem Flügel ist grösser als der über dem Flügel. So wird der Flügel und mit ihm der Vogel gehoben. Ein modernes Flugzeug ist gleich gebaut. Die Vorwärtsbewegung wird aber nicht mit dem Flügelschlag bewerkstelligt, sondern durch einen Propeller, der seinerseits halbe Stromlinienform aufweist. Die Segelflieger nutzen den Aufwind aus. Sie fallen eigentlich in einen Luftstrom, der schneller steigt als das Fallen des Flugzeuges. – Die Vögel vermögen auf geschickte Art sogar, die wechselnden Windstöße und -geschwindigkeiten auszunutzen.

8.11 Arten der Arbeit und der Energie – Erster Energiesatz

Bei jeder Arbeitsart finden wir immer die beiden Komponenten Kraft und Weg. Die Kraft kann gegeben sein als Druck, Zug, Stoss, Spannung, Reibung, Drillung, Trägheitskraft usw. Der Weg, längs dessen die Kraft wirkt, kann irgend eine Bahn sein, oder eine Höhe. Kraft und Weg sind gleichgerichtete Vektoren. Die Namen, mit denen die verschiedenen Arbeiten bedacht werden, sind leicht verständlich: Hand- oder Muskelarbeit, Maschinenarbeit, Hubarbeit, Reibungsarbeit, Spannungsarbeit, Beschleunigungsarbeit, Bremsar-

specias de lavur. La lavur che il cor presta ei tensiun, fricziun, pressiun, acceleraziun che derivan tuttas d'ina lavur musculara.

La pusseivladad de prestar lavur numnan ins energia. Energia ei pia la capacitat de lavur, ni lavur magasinada. In lag artificial, ina pleva tendida, ina batteria cargada, lenn de brisch, puorla de siglientar, ina roda de catsch, in auto en moviment possedan energia. Aschia plaidan ins d'energia de posiziun, d'energia de tensiun, d'energia de moviment (chinetica, energia atomica, energia de calira, energia hydraulica, energia solara, energia electrica. Per l'energia de posiziun e de tensiun drovan ins savens era il term: energia potenziala, cunzun en contrast alla energia chinetica.

Contemplond maschinas semplas (4.5) havein nus viu ch'ina grondezia de lavur ni d'energia sa buca vegnir midada. Quei vala per tuts fenomens e vegn formulau sco axiom: En in sistem serrau giu enten il qual negin import e negina sperdita d'energia ha liug, ei l'energia nunvariabla. Ins sa era dir cuortamein: ei dat buca in perpetum mobile, v.d. in indrez che sa spender de pli energia che quei ch'ella recepescha. Ei dat buca scaffiment d'energia, ei dat mo numerusas transformaziuns d'energia.

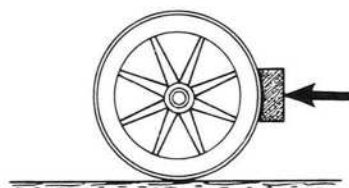
Lein contemplar igl exempel dil pendel vid il fil che vegn mess en oscillaziun. Cun l'elongaziun maximala ei la massa dil pendel en sia pli aulta posiziun. Sia energia de posiziun ei ussa maximala. In mument stat la massa eria. Lu oscillescha ella anavons enviars la posiziun la pli bassa e piarda cheutras pli e pli de sia energia de posiziun. Da l'autra vart crescha l'energia de moviment (chinetica ed ei maximala cu l'energia de posiziun ei daventada nul, numnadamein el punct il pli bass. Ussa sepleiga tut en successiun cuntraria. La massa munta entras l'energia de mo-

beit. Ein Arbeitsvorgang kann auch mehrere Arbeitsarten einschliessen. Bei der Arbeit, die das Herz bewältigt, finden wir Spannung, Reibung, Druck, Beschleunigung, die alle auf eine Muskelarbeit zurückgehen.

Die Möglichkeit, Arbeit zu leisten, nennt man Energie. Energie ist also Arbeitsfähigkeit oder gespeicherte Arbeit. Ein Stausee, eine gespannte Feder, eine geladene Batterie, Brennholz, Sprengpulver, ein Schwungrad, ein Auto in Bewegung besitzt Energie. So spricht man von Lageenergie, Spannungsenergie, Bewegungsenergie, aber auch von chemischer Energie, Wärmeenergie, Atomenergie, Wasserenergie, Sonnenenergie, elektrische Energie. Für die Lage- und Spannungsenergie verwendet man oft auch die Bezeichnung potentielle Energie, besonders im Gegensatz zur Bewegungsenergie.

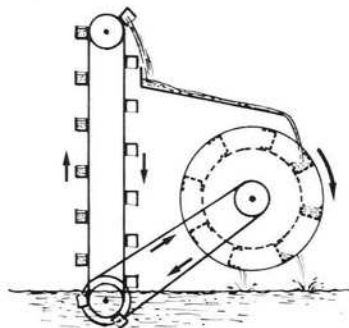
Bei der Betrachtung der einfachen Maschinen (4.5) haben wir gesehen, dass eine Arbeits-, oder Energiegrösse nicht geändert werden kann. Dies gilt für alle Naturerscheinungen, und wird als Energiesatz so formuliert: In einem geschlossenen System, in dem keine Zufuhr und kein Verlust von Energie stattfindet, ist die darin enthaltene Energiegrösse unveränderlich. Man kann auch kurz sagen: Es gibt kein perpetuum mobile, d.h. eine Einrichtung, die immer mehr Energie abgeben kann als sie aufnimmt. Es gibt keine Energieerzeugung, sondern nur mannigfaltige Energieumwandlungen.

Betrachten wir das Beispiel eines Fadenpendels, das in Schwingung versetzt wurde. Beim grössten Ausschlag ist die Pendelmassa in der höchsten Lage. Ihre Lageenergie ist am grössten. Einen Augenblick steht die Masse ruhig. Dann schwingt sie zur tiefsten Lage zurück und verliert dabei mehr und mehr von der Lageenergie. Andererseits nimmt die Bewegungsenergie zu und ist am grössten, wenn die Lageenergie null geworden ist, nämlich im tiefsten Punkt. Nun wickelt sich das Spiel in umgekehrter Reihenfolge ab. Die Masse steigt infolge der Bewe-

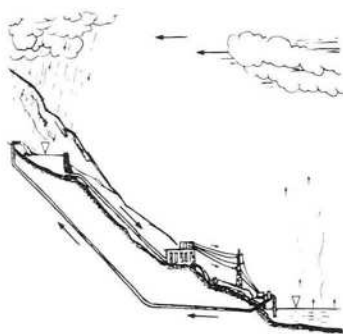


La lavur de frein san ins calcular ord la forza cun la quala il tschep de frein vegn stuschaus encunter la roda ed ord la via che il tscherchel della roda fa. L'energia de fricziun semida bunamein dil tut en energia calorica, in ton vegn duvrau per isar giu il tschep.

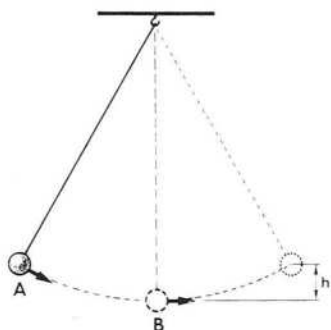
Ei dat aunc biars mez-instrui che manegian de saver untgir ora il principi d'energia, vulan crear energia enstagl de mo transformar. Quei ei ual aschi ortg sco de vuler prolungir ina corda cun tagliar giu ella e metter ensemen danovamein. Cun far biars nuvs vegn ella mo pli cuorta.



In exempel de transformaziun d'energia: Il sulegl fa vaporisar l'aua de lags e della mar, il vapor sesaulza perquei ch'el ei daven-taus pli levs che l'aria, e quei entras immensas energias dil sulegl. L'aria humida els aults se-condensescha, fuorma nibels che van encunter il continent ed encunter las alps. Leu polva ei. L'aua vegn rimnada en dutgs ed era artificialme in lags de stau. Da leu anora lain ins cuor-rer l'aua. Sia energia potenziala vegn transformada en energia mecanica dellas turbinas e quella energia mecanica en energia



electrica. Quella san ins duvra per biars survetschs a pro dil carstgaun. Ins savess era pumpar si aua el lag, danunder che quella energia hidraulica deriva. Mo ei reussess maina de rabitschar puspei tonta aua si el lag, sco quei ch'ins ha duvrau. Igl ei pli raschuneivel de puspei surdar l'aua al sulegl, ch'el rabetschi si quei che nus duvrein. El fa quei gratuitamein tenor quellas leschas naturalas en in cuors circular che cuozza aschi ditg che stattan cuolms e vals.



Las energias penduleschan pia vidaneu, in ton daventa energia ch'ins sa buca reducir alla energia primara. Ins di ch'ella mondi a piarder. Quei ton vegn adina puspei remplazzaus ord il grond arcun d'energia che nus numnein sulegl.

viment da l'autra vart ad ault e piarda sia energia chinetica, ferton che l'energia de posiziun crescha. Quei genar vi e neu dellas duas energias vegness a cuzzar vinavon senza vegnir pli fleivla, dess ei buca la resistenza dell'aria e dil fil. Quella resistenza effectuescha ina transformaziun della energia dil pendel en energia calorica. Lein persequitar la transformaziun d'energia en in cass empau pli complicau. En in lag de stau sesanfla ina gronda energia de posiziun accumulada. Ella galleria de pressiun survegn l'aua in'energia chinetica. Quella ei el cass de metter en moviment ina turbina. Sia energia chinetica ei puspei el cass p.ex. de metter en moviment in generatur. Il generatur «producescha» electricitad, quella metta en moviment motors, che movan p.ex. pumpas per puspei transportar l'aua el lag de stau. Ins vegn denton mai a saver spedir anavos tont'aua ch'ins drova per metter en moviment las pumpas. La «spersita» ei vegnida transformada en calira entras fricziun e resistenza. Quella san ins numnar persita sulettamein perquei ch'ins sa buca duvra ella practicamein.

De gronda impurtonza ei la constataziun ch'en nies exempel l'energia chinetica ei, en connex cun quei che suonda, adina in'energia potenziala. Aschia ha la turbina che rotescha la pusseivladad de metter en moviment in generatur, e l'energia chinetica che schai el generatur ei el cass de schar daventar novas energias. Ussa savein nus tschaffar pli exact la noziun della lavur: Lavur ei igl act de transformaziun d'ina energia en in'autra. En quei senn schein nus: La maschia lavura.

La lavur spirtala e l'energia dil spert suondan tut autras normas de leschas.

gungsenergie, während die Lageenergie zunimmt. Dieses Hin- und Herpendeln der beiden Energien würde ungeschwächt weiter dauern, wäre der Widerstand der Luft und des Fadens nicht vorhanden. Dieser Widerstand bewirkt eine Umwandlung der Pendelenergie in Wärmeenergie. Verfolgen wir die Energieumwandlung in einem etwas komplizierteren Fall: In einem Stausee liegt eine grosse Lageenergie gespeichert. Im Druckstollen erhält das Wasser eine Bewegungsenergie. Diese ist in der Lage, eine Turbine anzutreiben. Ihre Bewegungsenergie ist wieder imstande z.B. einen Generator in Bewegung zu setzen. Der Generator «erzeugt» Elektrizität, diese setzt Motoren in Bewegung, die z.B. Pumpen antreiben, um dem Stausee wieder Wasser zuzuführen. Man wird aber niemals soviel Wasser zurückführen können, als man brauchte, die Pumpen anzutreiben. Der «Verlust» wurde durch Reibung und Widerstand in Wärme umgewandelt, die nur insoweit ein Verlust ist, dass man sie nicht brauchen kann.

Bedeutungsvoll ist die Feststellung dass in unserem Beispiel die kinetische Energie inbezug auf das, was folgt, immer auch eine potentielle Energie ist. So hat die bewegte Turbine die Möglichkeit, einen Generator anzutreiben, und die kinetische Energie die im Generator liegt, ist in der Lage, weitere Energieformen zu bilden. Nun können wir den Begriff Arbeit genauer erfassen: Arbeit ist der Umwandlungsakt einer Energie in die andere. In diesem Sinne sagen wir: Die Maschine arbeitet.

Die Geistesarbeit und die Energie des Geistes folgen ganz anderen Gesetzen.

