

# Z EXPERIMENTÁLNÍ GEOLOGIE.

PÍŠE

J. N. WOLDŘICH.

(Se šestnácti obrázky v textu.)

Zvláštní otisk z Věstníku král. české společnosti nauk v Praze,  
1901.

Předloženo 11. ledna 1901. — Vydáno 20. února 1901

V PRAZE 1901.

Nákladem Královské České Společnosti Něk.  
V kommissi u Fr. Řivnáče.

I.

Prísspěvky z experimentální geologie.

Píše J. N. Woldřich.

*Se šestnácti obrázky v textu.*

(Předloženo 11. ledna 1901.)

Od pokusu, jímž JAMES HALL přeměnil pomocí tepla a tlaku křídou v mramor, následovalo jen málo pokusů geologických, jako na př. BECKROVÝCH. Pozoruhodnou byla zpráva, již podal A. GURLIT<sup>1)</sup> o vzniku umělých nerostů cestou suchou. A. DAUBRÉE provedl od roku 1841 řadu pokusů geologických, jimiž jakož i spisem svým<sup>2)</sup> podnět dal ku základům *geologie experimentální*.

Nejvíce se ještě těšily a těší uznání a rozšířenosti geologické pokusy chemické (BISCHOF a j.), méně však pokusy fyzikální a mechanické. Příčiny toho spočívají jednak v nedostatku kvantitativního určování, jednak v předsudku, že pokusem přírodní poměry úplně nápodobiti a znázorniti nemožno. Avšak i pokusy kvalitativní, ano i pokusy symbolické zasluhují, jak tomu i v jiných vědách přírodních, pozornosti odborné, nehledě k jejich znamenitému významu vyučovacímu čili paedagogickému.

Byl to v novější době po DAUBRÉEM zejména ED. REYER,<sup>3)</sup> jenž ve své „Theoretické geologii“ (1888) používal vydatně a s úspěchem pokusů s takovou vědeckou pozoruhodností, že byla zřízena pro odbor ten zvláštní stolice při universitě Vídeňské. Ve svém spise „Geologické

<sup>1)</sup> „Uebersicht der pyrogeneten künstlichen Mineralien.“ Freyburg 1856.

<sup>2)</sup> „Études synthétiques de Géologie Experimentale.“ Paříž 1879.

<sup>3)</sup> „Theoretische Geologie.“ Stuttgart 1888.

a geografické pokusy“ (1892)<sup>4)</sup> popisuje pak tentýž autor zevrubně značnou řadu pokusů geologických.

Geologické pokusy kvalitativní dovolují nám souditi o vzniku a postupu různých změn mechanických v zeměkdře se objevujících, jakož i o příčinách jejich, kdežto pokusy symbolické předvádějí a znázorňují nám v malém velkolepé jevy přírodní, doplňující účinně obrazností popis těchto.

Jelikož vyučování znázorňující jest od dob KOMENSKÉHO bez odporu za nejprospěšnější uznáno, a jelikož sám jsem se byl při své dlouholeté činnosti učitelské o tom přesvědčil, používám i při vyučování na geologickém ústavu české university dosti často příhodných pokusů, buď známých a osvědčených, z nichž některé zdokonaliti se mi podařilo, neb i některých pokusů vlastních. Dovolují si podat v následujících řádkách a obrazcích některé takové ovšem skrovné příspěvky z geologie experimentální, jichž při vyučování svém používám, ze stanoviska vyučovacího a s ohledem na jejich jednoduchost a láci při tom používaných mnou přístrojů.

1. Známý pokus, *znázorniti sploštění geoidu zemského a vzniku oběžnic* (kruhů a planet) splošťováním se kule olejové, kolem osy své se otáčející, na něž již PLATEAU poukázal, podaří se jen pod jistými podmínkami. Předně musí býti skleněná nádoba (nejlépe cylindr) dosti široká a vysoká, (používám cylindru 30 *cm* vysokého, průměru 24 *cm*); směsina lihu a vody (kořalky), již se cylindr naplňuje, musí míti stejnou specif. váhu jako olej (nejlépe olivový) pro kuli určený. Toho docílí se rychle pokusem vedlejším; nabere se totiž směsiny (kořalky) do malé sklénky, pustí se do ní pomocí násosky přímé kapka oleje; plave-li olejová kulička u středu směsiny v skleničce, jest specif. váha obou tatáž; stoupá-li kulička k povrchu, přileje se do cylindru lihu, klesá-li kulička ke dnu přileje se vody. Když jest potřebná specif. váha směsiny doclena, snadno se pak napustí pomocí násosky do středu směsiny v cylindru olejová kule asi 5 *cm* v průměru. Na dlouhém silném drátu (osy) rotačního přístroje jednoduchého, jež lze i bez hodinového pohybu rukou otáčeti, nastrčena jest pohyblivá kulička kovová neb korková, kterou pošineme tak, aby zasáhla do středu olejové kule v cylindru se vznášející; rotační přístroj se upevní na pokraji cylindru, a když se tekutiny ustály, počne se točiti přístrojem; olejová kule se otáčí, sploští se a při rychlejším otáčení odtrhne se olejový kruh, rozpadající se obyčejně v několik

<sup>4)</sup> „Geologische und geographische Experimente.“ Lipsko 1892—94.

kuliček, kolem ústřední kule se otáčejících. Poučný tento pokus povede se při patřičné pozornosti znamenitě.

Příčinou sploštění olejové kule a odmrštění se kruhu, potažmo kuliček olejných, jest zde jakož i v přírodě (sploštění geoidu, kruhy Saturnovy, oběžnice) tatáž síla odstředivá.

2. a 3. *Pokus znázorniti srašťování se povrchu zemského ubýváním objemu jejího následkem ochlazování.*



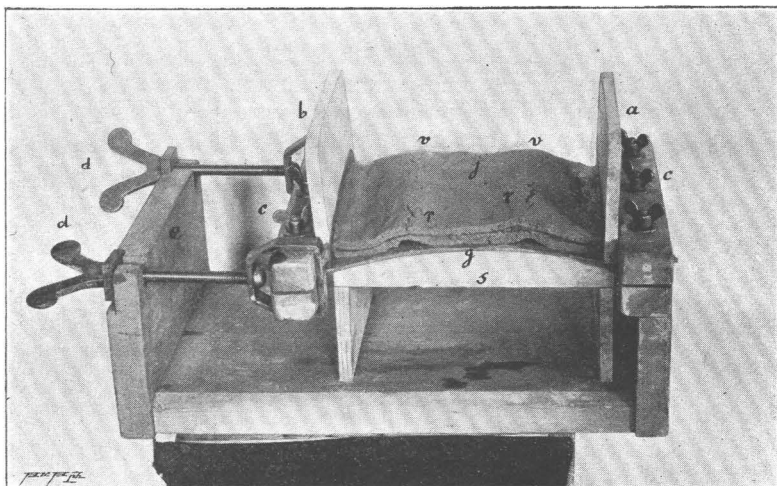
Obr. 1.

Srašťění balonku gumového.

a) V hluboké míse rozehřeje se čistý vosk a připraví se několik gumových váčků (kterých se jinak používá k naplňování plynem jako známá dětská hračka létání) tak, že do hrdla jejich upevní se brko zátkou opatřené, váček nafoukne se pak vzduchem do přiměřené velikosti, nikoliv však do krajní; takový, zátkou zacpaný balonek ponoří se do rozřídleho vosku, nikoliv však vařícího, jelikož by váček explodoval, což se někdy přihodí i jinak, jest-li gumová blána váčku velmi nestejná (pročež nutno při pokusu tom chrániti oči brejlemi a šat zástěrou a rukávy). Balonek, pokrytý jemnou vrstvou voskovou, rychle vytáhneme a zátku brka opatrně uvolníme tak, že něco vzduchu unikne; balonek stáhne se na menší objem a voskový obal sraští

se v různé zajímavé vrásy čili vrápy, někdy vrásnatému pohoří dosti podobné (obr. 1). Povrch váčku musí zůstati přirozeně drsný a nesmí se tudíž před pokusem rukou ochmatati neb ohladiti. Na podobné pokusy s balony barvou potřenými poukazuje již A. DAUBRÉE.

b) Jiný pokus o svrašťování vrstevním následkem zmenšení objemu (v dimensi jedné) jest následující: Podélná silná deska gumová (obr. 2. *g*) připevní se na jedné nepohyblivé straně přístroje *a* a taktéž i na druhé pohyblivé straně, *b*, pomocí šroubů *c*, pak se



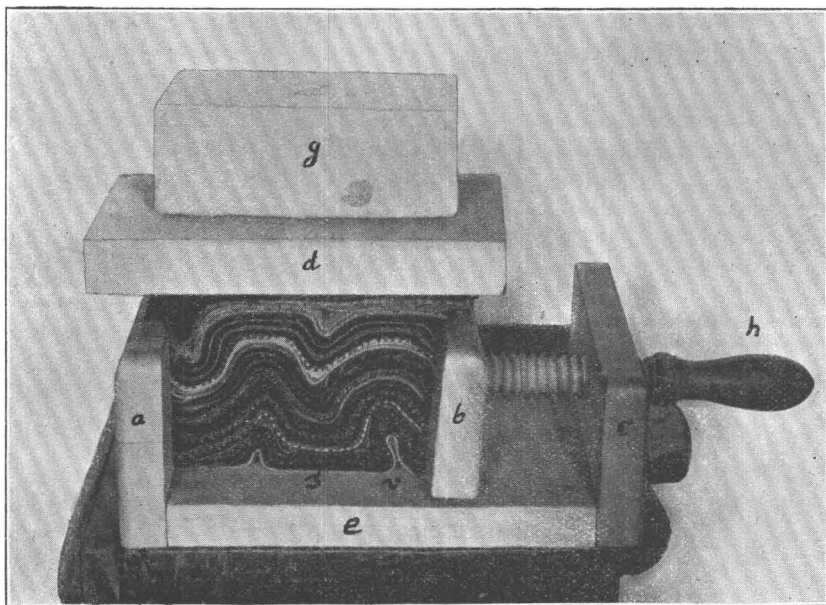
Obr. 2.

Svrašťení pláštěv jílových. ( $\frac{1}{6}$  přír. vel.)

pomocí dlouhých šroubů, *d*, stejnoměrně natáhně až k stěně *e*; po té položí se silná válcem urovnaná pláštěv (nebo dvě na sobě spočívající) jílu, povahy těsta tužšího, na gumovou desku tak, aby k ní těsně přilehla spodní plocha její poněkud vlhká a přitlačí se stejnoměrně; pod gumovou desku může se podstrčiti vypuklý krátký stolec, *s*. Dlouhé šrouby, *d*, uvolníme, gumová deska se ztahuje a jílová deska vytváří při tom jednu nebo více vrás, *v*, jejichž sedlo někdy podél praskne, znázorňujíc vznik rozsedliny kolmo na směr síly svrašťující se táhnoucí, *r*.

Přístrojem tím dají se ještě další jevy svařovací provésti, jest-li že použijeme dvou pláštěv různé hustých, aneb spodní plastve jílové a nad ní vrstvy z těsta sádrového, a j.

V obou pokusech těchto (2. a 3.) jest, podobně jako v přírodě, příčinou svrštění ztahování se hmoty, jenže toto děje se v přírodě následkem ochlazování jejího, kdežto v našem případě prvním jest



Obr. 3.

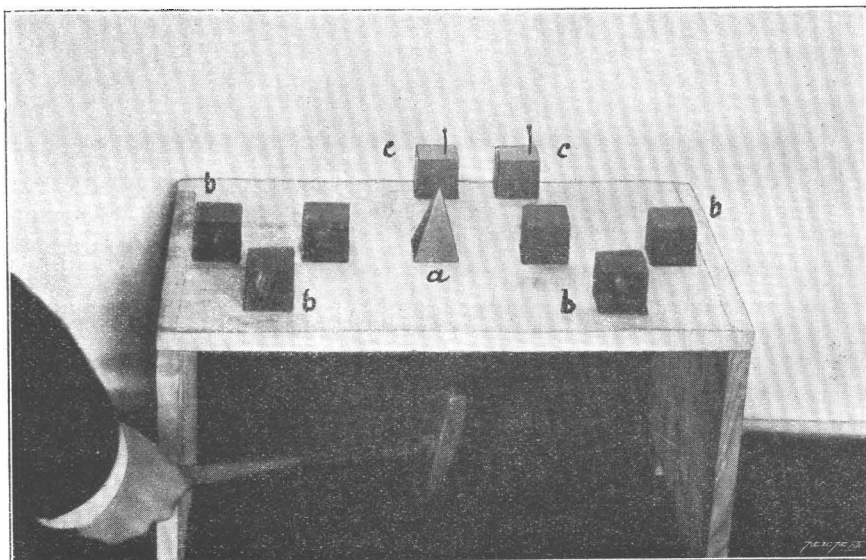
Vznik různých vrás. ( $\frac{1}{6}$  přir. vel.)

následkem unikání vzduchu z balonku a jen podřízeně poněkud následkem ochlazování jeho, a v případě druhém jest následkem ztahování se desky gumové.

#### 4. Svařování vrstev zeměkúry vlivem tangentialního tlaku.

Známeho pokusu pomocí lisu a destiček různobarevného sukna používám způsobem následujícím, vždy znamenitě se podařujícím a velmi poučným: Lisovací přístroj (obr. 3) vykazuje jednu stěnu (levou), *a*, nepohyblivou a pohyblivou kolmo stojící desku, *b*; když tato nalézá se u druhé (pravé) nepohyblivé stěny, *c*, položíme deset

až patnáct podélných, na sobě narovnaných různobarevných destiček soukenných, *s* (k dostání u každého krejčího stejnokrojů) na spodní desku přístroje, *e*; na povrch suken položíme volnou menší desku dřevěnou, *d*, obtíženou závažím neb kamenem, *g*, (anebo lépe jen silnou deskou kovovou bez závaží); po té lisují se pomocí šroubu, *h*, sukna se strany (pravé). Vznikají pak uvnitř destiček soukenných různé vrásy, úplně podobny vrstevním vrásám v přírodě, na příkl. vrásám rulovým, svorovým, silurským a j., jak to obr. 3. vykazuje. Možno tu sledovati vznik různých vrás stejnoklonných, ležatých, přecocných, vějířovitých (jako *v*), pak vznik sedel, koryt atd.



Obr. 4.

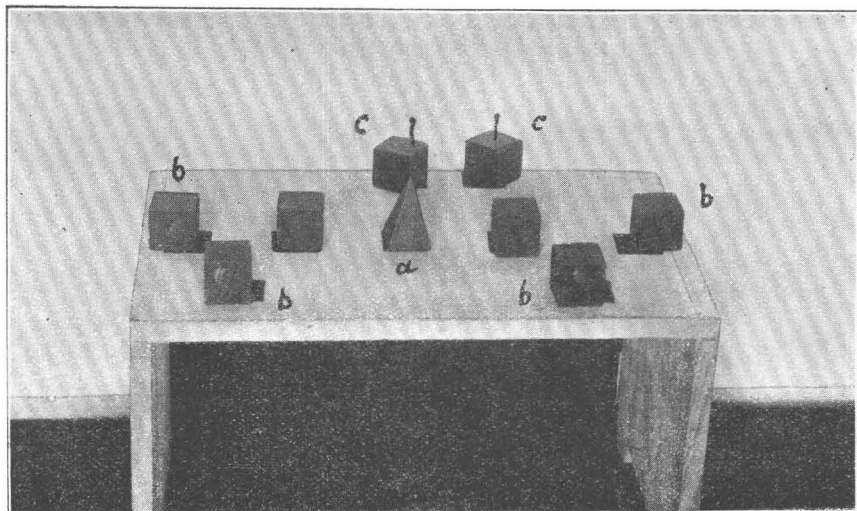
Rozestavené kostky před nárazem (zemětřesným).

Vloží-li se mezi destičky soukenné destička silnějšího papíru psacího jest účinek ještě očividnějším.

Příčinou srašťovacích zjevů jest v pokusu tom jakož i v přírodě tangentialně tlačící síla, jenže v přírodě jsou výsledkem ochlazení, kdežto zde jsou mechanicky vyvolány.

5. *Pokus znázornění různého pohybu předmětů na povrchu zemském při zemětřesení.*

Dříve se předpokládalo, že při zemětřesení každému z různých pohybů předmětů na povrchu zemském spočívajících, totiž jak je v. LA-SAULX udává, pohybu succusornímu, undulatořnímu a rotatořnímu odpovídá jinaká popudní neb nárazní síla podzemní, kdežto se ukázalo, že veškery pohyby tyto vzniknouti mohou toutéž sílou popudní. O tom poučuje nás též pokus následující: Na prkno podoby podnočky obyčejné velikosti (obr. 4.) postaví se malý jehlan neb kostka z tvrdého dřeva na zpředu černým čtverhranem naznačené místo; narazí-li se pak ze spodu malým kladivem zvolna na prkno (popud z hypocentra)



Obr. 5.

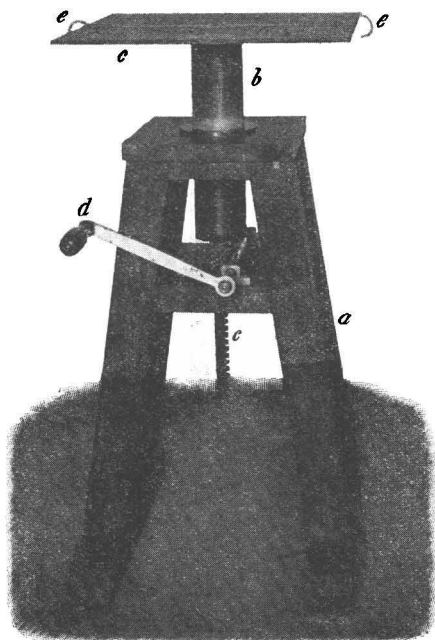
Posunutě kostky po nárazu (zemětřeseném).

nalézá se jehlan neb kostka v epicentru a vyskočí na místě svém — pohyb succusorní; narazí-li se kladivem opodál od místa, na němž jehlan spočívá, nalézá se tento excentricky nad hypocentrem a jeho pohyb succusorní stává se tím více undulatořním (posunutím z místa bez výskoku), čím menším jest úhel emergenční (čím bližší jest hypocentrum povrchu a čím vzdálenější jest předmět od něho potažmo od epicentra). Nespočívá-li jakýsi předmět povrchu zemského na své tížnici, jsa fixován postranně, otočí se při témže popudu neb nárazu, o čemž se přesvědčíme, jest-li kostku excentricky provrtáme a dlou-



hým špendlíkem k prknu připevníme tak, aby se volně pohybovati mohla; při nárazu kladivem se pak otočí, jak to na př. učinil jehlan na hřbtově Friaulském při zemětřesení r. 1873 a vícero náhrobků při zemětřesení v Záhřebě ze dne 9. listopadu 1880, atd.

Rozestavíme-li vícero kostek na prkno na z předu označená různá místa, jak to obrazec 4. vykazuje, kde kostky, *c*, jsou špendlíkem excentricky připevněny, a narazíme-li kladivem pod jehlanem *a* na prkno, shledáme, že tento na svém místě vyskočí (pohyb succusorní) a z polohy kostek shledáme po nárazu, že kostky *b* vykonaly pohyb více undulatořní, kostky *c* však pohyb rotatořní, jak to obr. 5. vykazuje.



Obr. 6.

Přístroj pro pokusy eruptivní. ( $\frac{1}{13}$  přir. vel.)

6—13. *Pokusy o zjevech eruptivních, jak intrusivních tak vulkanických.*

Pro obřtrné pokusy takové používá E. REYER přístroje, skládajícího se z roury horizontální, podélnou trhlinu vykazující, s dvěma na koncích této kolmo stojícími rourami, opatřeny nahoře nálevkami ku

naplňování těsta magmatického.<sup>5)</sup> Při přístroji tomto vykonává patřičný tlak z obou stran tíže těsta v kolmých rourách obsaženého. Závadné při tom jest, že tlak se nedá libovolně stupňovati neb zeslabovati. Týž badatel poukazuje i na přístroj lisovací s vertikální rourou pístem opatřenou.<sup>6)</sup> Tomuto podobný, avšak jinak konstruovaný přístroj sestavil jsem sám; pomocí jeho vyvolávám pohodlně zjevy eruptivní a sice nejenom celou řadu pokusů intrusivních, na něž E. REYER poukazuje, nýbrž i pokusy vulkanické.

Pohled na přístroj ten, zhotovený českým mechanikem v Praze, podává obrazec 6.

V pevném dřevěném stativu *a*, 80 *cm* vysokém, spočívá mosazný cylindr *b*, 36 *cm* dlouhý s otvorem 9·3 *cm* v průměru světlém a asi 19 *cm* nad dřevěný stojan vystupující; v cylindru tom (botě) pohybuje se těsně k stěnám jeho přiléhající píst, pomocí silné ozubené páky, *c*,



Obr. 7.

a) pláštvev jílu, b) *přékrév* hmoty eruptivní, c) plotna kovová.

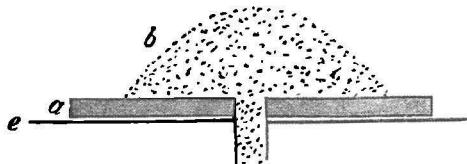
a ozubeného kola, jež se pákou *d* otáčeti dá; na svrchní okraj roury (boty) přilehá silná těžká deska kovová, *e* (čtverec se stranou 50·5 *cm* dlouhou), připojená dvěma silnými zuby pohyblivé k rouře tak, že se dá otočením v levo snadno vyzvednouti a odstraniti. (Při pokusech se ukázalo, že by byla deska kruhovitá účelnější než-li deska čtverhranná). Deska má u středu podélný otvor, jež možno postrannými pásky, *e*, regulovati neb docela uzavříti.

Jako eruptivní hmoty používám ponejvíce jemný jíl na husté těsto rozředlý, taktéž i rozředlé sádry. Před pokusem pustíme píst v rouře dolů dle potřeby a tuto naplníme eruptivní hmotou až k okraji, na něž se pak deska kovová položí a připevní. Při nejmenším tlaku na páku *d* ozubního kola vyvřívá otvorem eruptivní hmota. V tom, že tlak přístroje tohoto možno podle potřeby zastaviti, zesilniti neb zeslabiti, spočívá jedna z hlavních výhod jeho.

<sup>5)</sup> E. REYER: Geologische u. Geographische Experimente, fig. 70—73.

<sup>6)</sup> Tentýž fig. 67—77.

Z nekonečné řady pokusů s eruptivní hmotou, jež se dají přístrojem tím snadno provést a studovati, dle toho, jest-li jest eruptivní hmota homogenní a to stejno- neb různobarevná (naplní-li se na příkl. bota z části červeně, pak zeleně a pak šedě zbarveným těstem), neb jest-li hmota jest heterogenní (na př. část ze sádry, část z jílu), dále jest-li jest hmota řidká neb hustá, měkká neb tuhá, a konečně jest-li tlak pokračuje stejnoměrně atd; chceme jen k několika jednoduchým pokusům poukázati.

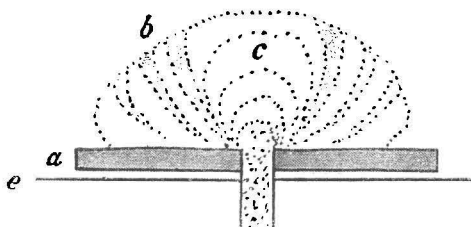


Obr. 8.

a) plástev jílu, b) kupa hmoty eruptivní, e plotna kovová.

*Pokusy o vzniku příkrovů a kup z hmoty stejnorodé.*

a) Bota naplní se těstem *řidkým*, jílovým neb sádrovým (nejlépe zbarveným krevelem, okrem a p.), na kovovou desku e (obr. 7) položí se plástev tuhého jílu a s ústředním otvorem odpovídajícím otvoru desky kovové a přitlačí se; při pozvolném lisování vyvěre eruptivní hmota v podobě *příkrovu* b.



Obr. 9.

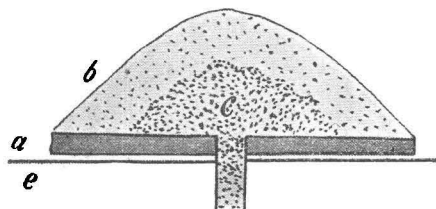
a) plástev jílu, b—c) kupa, b) *mazovité pruhy* (šlůry) *starší*, c) *mazovité pruhy* (šlůry) *mladší*, e) plotna kovová.

b) Postup tentýž, eruptivní hmota jest však poněkud *hustá*; vyvěre kupa b (obr. 8).

c) Postup tentýž, eruptivní hmota jest však *velmi hustá*; vznikne kupa slohu cibulovitého: totiž eruptivní hmota jest kolem prostoupena

tak zvanými *pruhy mazovitými*<sup>7)</sup> (Schlieren. Obr. 9., *b*, *c*.); při tom k mladším pruhům mazovitým *c* přiléhají starší po stranách od vrcholu kupy odpadávající pruhy takové *b*.

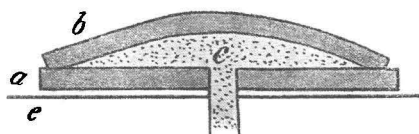
*Pokus o vzniku kupy, skládající se z dvou hmot eruptivních.*  
(Obr. 10.)



Obr. 10.

*a*) plástev jílu, *a—b*) kupa, *b*) starší hmota eruptivní, *c*) mladší hmota eruptivní jinorodá, *e*) deska kovová.

Bota naplní se z části do červena zbarveným hustým těstem (jílovým neb sádrovým), na to těstem šedým; jílová plástev položí se na desku kovovou jako dřívě. Při lisování vznikne kupa (obr. 10.) sestávající u povrchu z hmoty šedé *b* a u vnitru z hmoty červené *c* (výlevu pozdějšího). Podobně na příkl. granit hrubozrný (*b*) a granit jemnozrný (*c*) v Karlovarském massivu.



Obr. 11.

*a*) plástev jílu, spodní, *b*) plástev jílu, svrchní, *c*) laccolithu příkrovitý *e*) plotna kovová.

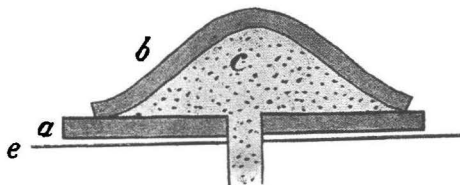
*Pokusy o vzniku laccolithu hmotou intrusivní.*

*e*) Vznik laccolithu příkrovitého. Bota naplní se řídkým těstem, na desku kovovou položí se plástev jílová jako dřívě (obr. 11., *a*), ta posype se poněkud pískem jemným neb prachem (jílovým neb

<sup>7)</sup> Táhnoucí se neurčitě ohraničeny a do vedlejší hmoty zponenáhlu přecházející pruhy, jako na příkl. brousky chleba.

sádrovým) a nad ní položí se druhá plástev jílová měkká bez otvoru *b*, po stranách však k spodní plástvi jílové těsně přiléhající; při lisování vnikne intrusivní hmota mezi obě plástve v podobě laccolithu přikrovitého *e*.

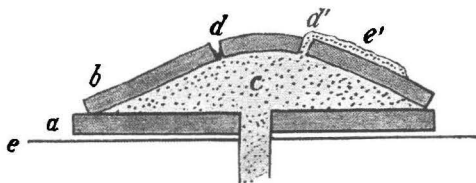
*f*) Vznik laccolithu kupovitého (obr. 12., *c*); postup jako předešle, jenže hmota intrusivní jest *hustá*.



Obr. 12.

*a*) plástev jílu, spodní, *b*) plástev, jílu svrchní, *c*) laccolith kupovitý, *e*) plotna kovová.

*g*) Vznik laccolithu kupovitého s apofysami a přikrovem povrchním. Postup jako předešlé, jenže jest svrchní plástev jílová (obr. 13., *b*) tuhá a na povrchu poněkud seschlá; tato rozpukává nad laccolithem *c* a vzniknou rozsedliny *d*, *d'*, do nichž vniká apofysa hmoty intrusivní *d'*; stupňuje-li se tlak, vyleje se magma v podobě přikrovu povrchního *e* nad vrstvou *b*.



Obr. 13.

*a*) plástev jílu, spodní, *b*) plástev jílu, svrchní, *c*) eruptivní hmota laccolithu, *d*, *d'*) rozsedliny, *e'*) přikrov hmoty eruptivní, *d'*) apofysa, *e*) plotna kovová.

Pokusy tyto dají se měniti, rozmnožiti a další zjevy eruptivní vyvolávati, podle toho, jest-li že se použije vícero plástev jílových, do nichž vnikají apofysy a mezi něž se rozleje hmota eruptivní, jest-li hmota eruptivní volí se postupně různobarevná aneb i různě hustá atd.

Posypeme-li ještě měkký příkrov (obr. 7.) vrstvou písku neb sádrové mouky (znázorňující nad příkrovem usazenou vrstvu sedimenterní) a tlačíme-li dále lisem, vystoupí a rozleje se řídká hmota eruptivní i nad touto vrstvou sedimenterní atd., čímž znázorníme střídající se sled vrstev intrusivních a sedimenterních.

Potře-li se deska kovová před pokusy těmito jakož i před následujícími olejem, dá se pak jílová plástev po uztuhnutí snadno i s vyvřelinami pozvednouti a zachovati.

#### 14. *Pokus o výlevu lávy z jícnu sopečného.*

Bota přístroje (obr. 6.) naplní se jílovým neb sádrovým těstem do červena zbarveným, hustoty prostřední; na desku kovovou postaví se uztuhlý kužel hlíněný *d* (obr. 16.), asi 22 *cm* vysoký a 26 *cm* průměru u spodu), jež probíhá ústřední, asi 2·5 *cm* široká roura tak, že dolejší otvor její přiléhá přímo na otvor desky kovové, k níž se dno kužele mazavou hlinou připevní; roura kužele končí nahoře v nálévkovitý jícen *e* (obraz. 16.); lisuje-li se pak zvolna vystoupí eruptivní hmota (lava) v rouře kužele až k jícnu, rozlévajíce se proudem *l* po stěně kužele a po kovové desce *c*; fumarola *f* při pokusu tomto ovšem žádná nevystupuje; rýhovaný povrch eruptivní hmoty poukazuje u paty kůžele na vnitřní pruhy mazovité (šliry) uvnitř proudu obsažené.

#### 15. *Pokus symbolického výbuchu sopečného s vystoupením lávy.*

Při pokusu předešlém napadlo mi, nápodobiti poněkud uměle nejhlavnější zjevy výbuchu sopečného, výlevu lávy předcházející a tak pokusem symbolickým znázorniti přibližně skutečný výbuch sopečný. Podarilo se mi to po dalších pokusech mých a zejména mého syna fil. cand. JOS. WOLDŘICHA.

Do otvoru v pokusu 13. uvedené roury kužele hlíněného vrazí se pevná *nabitá* roura plechová (2·3 *cm* v průměru) tak, aby spodní otvor její přilehl na otvor kovové desky a hořejší otvor její aby zasahoval do jícnu kužele. Roura plechová naplní se dříve než se do kužele narazí dle udání syna mého takto: připraví se směs následujících prášků,  $\frac{3}{5}$  chlorečnanu draselnatého,  $\frac{1}{5}$  prášku cukrového, a  $\frac{1}{5}$  uhlí dřevěného a něco síry; první dva prášky se smíchají; uhlí jest dílem jemně práškované dílem drsnější i přidává se ho tak dlouho až směs nabude barvy temnošedé, mimo to přidá se trochu prášku červeného světla bengalského. Nabíjení roury děje se následovně: vezme se malá lžička prášku směsu uvedeného, nasype se do roury, jejíž dolejší otvor jest prozatímne zacpán; po té se prášek přitluče

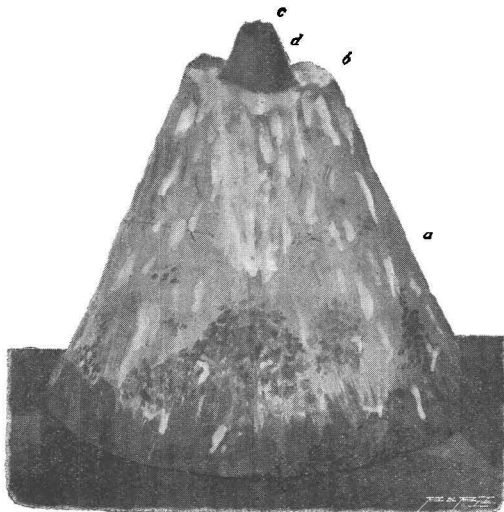
pomocí kladiva pístem, k stěnám roury těsně přiléhajícím, ovšem s jistou opatrností pro explosivnost chlorečnanu draselnatého; jest-li prášek dostatečně v rouře ztlučen a upevněn, hodí se na povrch jeho do roury asi deset kuliček staniolových, dílem jen z papíru tohoto zkroucených, dílem červeným práškem bengalským naplněných; mimo těch může se přidati i několik kuliček z obyčejného papíru stočených; mezi kuličky nasype se do roury něco odpilek železných. Nabíjení po lžičce a přidávání kuliček a odpilek opakuje se až dovisen skoro svrchní otvor roury, do kteréhož dá se ještě něco málo prášku zkládajícího se z  $\frac{2}{3}$  chlorečnanu draselnatého a  $\frac{1}{3}$  prášku cukrového. Takto nabitá roura vrazí se do kužele hlíněného na otvoru přístroje spočívajícího.

Povrchní prášek roury přivádí se v kýženém okamžiku v explozi známým chemickým pochodem, totiž nakápnutím kyseliny sírné, načež ostatní část plnění, v rouře obsaženého, ponaáhlu vzplane. Z jícnu vyblesknou plaménky, páry vystupují, jiskry a žhavý popel vystřikují (odpiliny železa), taktéž vyběhají lapilli (větší zrnka uhlí dřevěného) a pumy (staniolové kotouče) až přes 2 m do vzduchu obloukem upadávající ke kuželi a do blízkého okolí, pokrývající povrch kužele a jeho úpatí; jícen jest stále ozáren jako v přírodě; (pohled na výbuch ten podává obraz 15). Když výbuch jde ku konci, zatlačí se zvolna na páku přístroje, láva vystoupí z jícnu (prázdnou nyní rourou plechovou), ubírajíc se po stěnách kužele dolů a vysílajíc následkem rozhrívání se roury, vodní páry, fumaroly, jak to při skutečném soptění bývá (obraz 16).

K doclešení úplnějšího symbolismu může se postavití kolem celého přístroje plášť ze silné lepenky v podobě stínidla lampy, představující homolí sopky *a* (obraz 14.), jejíž okraj *b* znázorňuje starý jícen, z něhož vyčnívá kužel *d* s novým jícnem *c*. (Úplná výška modelu tohoto s přístrojem uvnitř umístěného, jehož pohled podává obraz 14., obnáší asi 1·22 m, průměr jeho u spodu 1·5 m). V pozadí modelu jest plášť otevřený, aby se mohlo pákou přístroje pohybovati. Ku nápodobení podzemního dunění a rachotu, skutečnému výbuchu sopečnému předcházejícího, pohybuje se za stěnou neb v místnosti vedlejší velkou deskou lepenkovou a tenkou deskou obyčejného plechu železného.

Ku provedení pokusu jest zapotřebí třech pomocníků, jednoho stojícího za přístrojem, jednoho za stěnou a jednoho u hlavního kohoutku, řídicího plynové neb elektrické osvětlení místnosti, kdežto

přednášející líčí postup zjevu. Když dunění vzniká kápne se kyselinou do jícnu modelu a když vzplane hmota výbušná zmírní se osvětlení místnosti až na nejmenší plamínky; soptící zjev, nahoře popsáný, trvá 10—12 minut, při čemž dunění a rachot se stupňuje, ku konci výbuchu rozesvíti se místnost, přitlačí se na páku přístroje a horká láva hrne se z jícnu (obraz 16. l) vysílajíc fumaroly (obraz 16. f). Nastane klid. Ač pokus ten snaží se znázorniti skutečný zjev sopečný — úplně jej napodobiti nedovede — podotknouti dlužno, že schází tu zejména ohromná spousta vodních par, obyčejně z jícnu



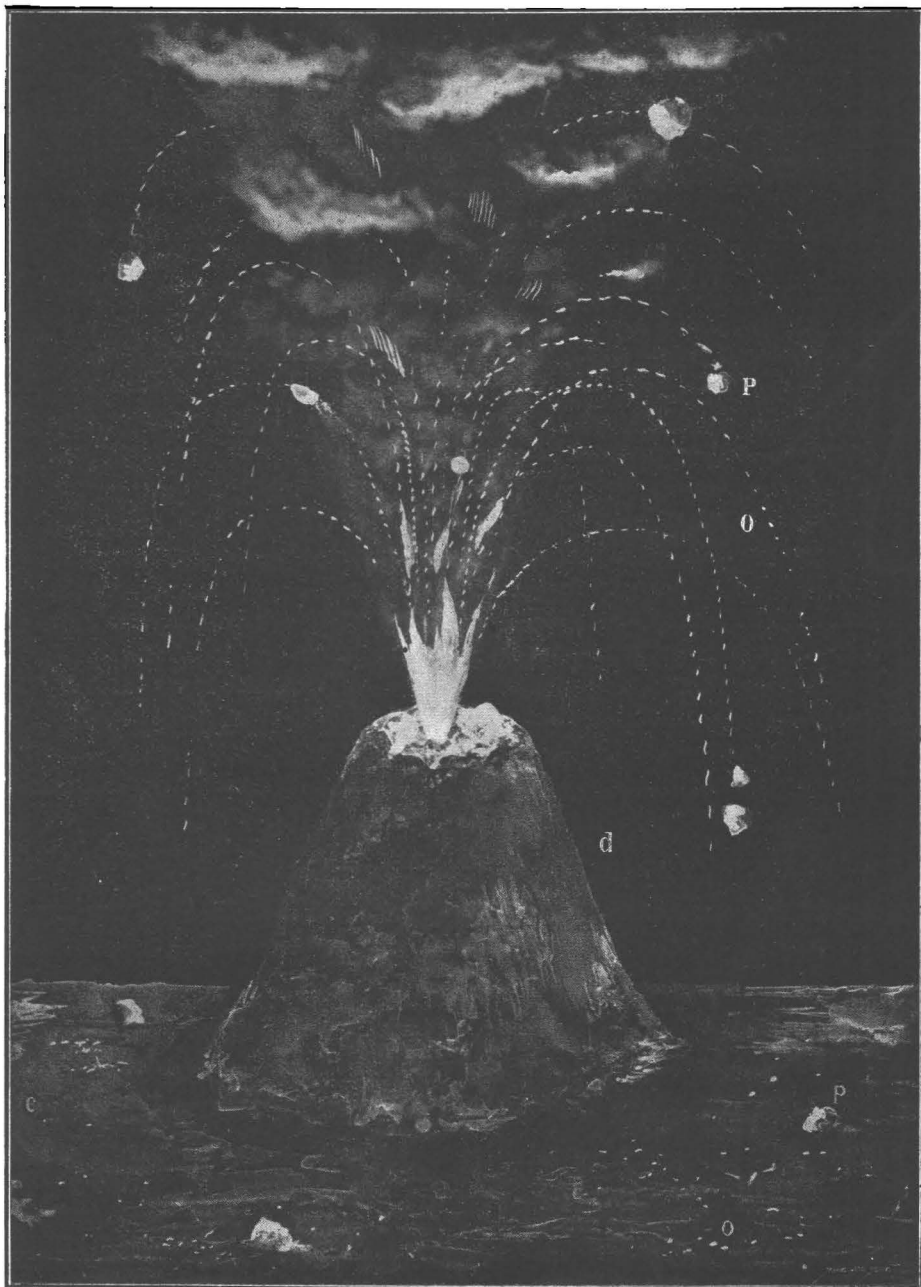
Obr. 14.

Pohled na zakrytý přístroj s nasazeným kuzelem hliněným — umělou sopku. ( $\frac{1}{20}$  přír. vel.)

vystupujících, jejichž mračna okolí sopky zatmívají, schází zde elektrické napjetí a blesky v mračnech, jakož i někdy následující hustý déšť a spousta padajícího popelu.

Pokus ten provádím před posluchači svými při pojednávání o vulkanismu a provedl jsem jej též před veřejností v lidových přednáškách universitních v Praze a v Kutné Hoře. Očitý svědek, jenž sledoval též výbuch Vesuvový, dosvědčil, že pokus odpovídá skoro úplně přirozenému soptění a výstupu lávy. Nebezpečí není při pokusu žádné, aniž pro pomocníka za přístrojem stojícího; doporučuje se

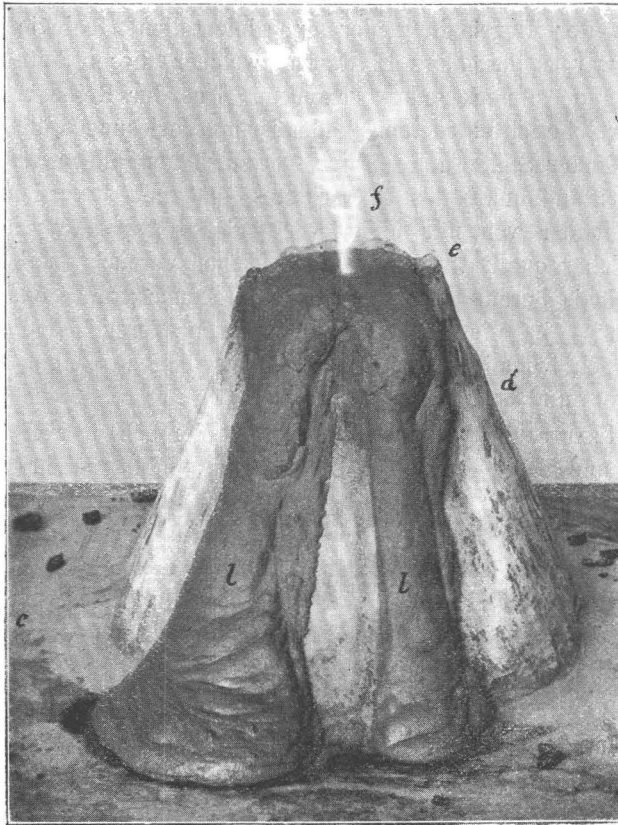




Obr. 15.

Výbuch umělé sopky. (Kužel  $\frac{1}{4}$  přír. vel.)

však aby poslouchající obecenstvo bylo na 2—3 m od přístroje vzdáleno. *Symbolický pokus* předvedený, nestoje v přímé souvislosti se



Obr. 16.

Vyvířivající lava a vystupující fumarola z umělé sopky po výbuchu.  
( $\frac{1}{3}$  přír. vel.)

silami a příčinami skutečného výbuchu sopečného, dosahává ceny toliko znázorňující — ač snad pozoruhodné — tudíž demonstrativní ceny paedagogické.

## Résumé des böhmischen Textes.

Einige Beiträge aus der Experimental-Geologie.

Seit der Begründung der experimentellen Geologie durch A. DAUBRÉE war es besonders E. REYER, welcher dieser Seite der Forschung seine Aufmerksamkeit schenkte. Aus der Reihe von Experimenten, welche ich bei meinen akademischen Vorlesungen über Geologie an zutreffender Stelle gelegentlich vorzunehmen pflege, erlaube ich mir vom Standpunkte des Unterrichtes und mit Rücksicht auf die Einfachheit der von mir hiebei verwendeten Apparate, nachstehend einige solcher qualitativen und symbolischen Versuche zu besprechen. Es sind theils bereits bewährte, durch A. DAUBRÉE\*), besonders durch E. REYER\*\*) bekannte, theils anderweitige Versuche, die zu vervollkommen ich mich bemühte, theils bescheidene Original-Versuche qualitativer und symbolischer Natur.

1. PLAUTEAU's gewiss interessanter Versuch betreffs der Abplattung und Ring- beziehungsweise Mondbildung einer rotirenden Oelkugel gelingt nur dann, wenn das specif. Gewicht des verwendeten Oeles und der Spiritus-Wassermischung genau dasselbe ist, und wenn das verwendete Gefäss hinreichende Dimensionen besitzt. Ich benütze hiezu Olivenöl und einen 30 *cm* hohen Glaseylinder von 24 *cm* Durchmesser, nebst einer einfachen Rotationsvorrichtung ohne Uhrwerk. Hiebei gelingt der Versuch stets.

2., 3. Um die Schrumpfung der Erdoberfläche anlässlich ihrer Volumverminderung in Folge der Abkühlung zu demonstriren, benütze ich zunächst gewöhnliche Kautschuksäcke, wie solche mit Gas gefüllt als Kinderspielzeug verwendet werden. Dieselben werden mit Luft (nicht extrem) gefüllt, in erwärmtes flüssiges Wachs getaucht und herausgezogen, worauf man etwas Luft aus denselben entweichen lässt; der dünne Wachsüberzug schrumpft hiebei zusammen, verschiedene, oft einem Gebirgszuge nicht unähnliche Erhebungen bildend; vergl. Fig. 1. Auf ähnliche Ballonversuche mit Farbenüberzug hat schon A. GAUDRÉE hingewiesen.

Ein anderer Versuch der Schrumpfung, der Falten- und Rissbildung besteht darin, dass ein oder zwei aus zähem Teige feinen

\*) *Études synthétiques de Géologie Expérimentale*, Paris 1879.

\*\*) *Theoretische Geologie*, Stuttgart 1888. — *Geologische und geographische Experimente*, Leipzig 1892—94

Thons verfertigte Platten auf eine *gespannte* Kautschukplatte ihrer ganzen Länge nach befestigt werden, worauf man die Letztere sich zusammenziehen lässt. Vergl. Fig. 2; *g* eine durch die Schraube *d* aus ihrer Spannung nachgelassene Kautschukplatte, welche durch die Schrauben *c* befestigt wurde; *s* ein unter dieselbe gestelltes, bewegliches, bogenförmiges Tischchen; *j* zwei Thonplatten; *v* zwei entstandene Falten, *r* Risse in denselben.

4. Eine Schichtenschrumpfung und Faltenbildung infolge tangentialen Seitendrucks versinnlicht Fig. 3; *a*, *e*, *c* ein festes Holzgestell, *b* eine mittelst der Schraube *h* bewegliche Seitenwand, *d* loser Deckel, *g* Gewicht, *s* eine Lage verschiedenfarbiger Tuchlappen (vor dem Seitendruck horizontal übereinander gelegt), lehrreiche Falten bildend.

5. Versuch, die Bewegungen der auf der Erdoberfläche befindlichen Gegenstände bei einem Erdbeben zu demonstrieren. Auf ein Holztischchen von der Grösse eines Fussstuhls werden kleine hölzerne Pyramiden oder Würfel gestellt; beim Anschlagen mit einem Hammer an das Tischbrett von unten (Hypocentrum) werden die vertical über dem Anschlag befindlichen Körper (im Epicentrum) eine succusorische, die von demselben entfernteren eine undulatorische Bewegung zeigen; Würfel, welche mittelst einer langen Spinnadel excentrisch befestigt sind, werden sich rotatorisch bewegen. Vertheilt man viele solcher Körper auf das Tischbrettchen und markirt die Fläche, auf der sie aufliegen, durch Schwärzung (vergl. Fig. 4), schlägt hierauf mit dem Hammer unter die Pyramide *a*, so wird diese eine succusorische Bewegung zeigen, während die Lage der Würfel *b* auf eine undulatorische und die der Würfel *c* auf eine rotatorische Bewegung hinweist. (Vergl. Fig. 5.)

6--13. Zum Demonstrieren von Eruptiverscheinungen sowohl intrusiver als vulkanischer Natur habe ich einen eigenen Apparat zusammengestellt, dessen Ansicht Fig. 6 zeigt. *a* ein massives Holzgestell, 80 *cm* hoch, *b* ein Messingcylinder, 36 *cm* lang und 93 *cm* Durchmesser im Lichten, in welchem sich ein dicht an die Cylinderwand anliegender Kolben befindet, welcher mittelst der Zahnstange *c*, eines Zahnrades und des Hebels *d* bewegt werden kann; *e* eine schwere Eisenplatte mit einer spaltenförmigen Oeffnung in der Mitte, welche durch die Schieber *e* erweitert oder verengt werden kann; dieselbe ruht vermittelst eines Zahnvorsprungs fest auf der Cylinderöffnung und kann durch Drehung leicht abgenommen werden.

Mittelst dieses Apparates lassen sich bequem sämtliche Intrusiv-Versuche E. REYER's durchführen, wobei diese Vorrichtung den Vortheil bietet, dass der Druck auf das im Cylinder befindliche Magma beliebig gesteigert oder vermindert werden kann. Als Magma zur Füllung des Cylinders benütze ich vorzugsweise einen Teig aus feinem Thon und untergeordnet Gypsbrei.

Je nachdem der Teig dünn- oder dickflüssig, weich oder zähe, homogen und zwar gleich oder verschieden gefärbt ist, oder heterogen ist (Thon, Gyps), und je nachdem der Druck gleichmässig andauert oder sich ändert, lassen sich die verschiedensten Combinationen eruptiver Erscheinungen nachahmen. Einige derselben werden durch die nachstehenden Figuren dargestellt:

Fig. 7, eine Decke *b* (bei dünnflüssigem Magma).

Fig. 8, eine einfache Kuppe *b* (bei zähem Magma).

Fig. 9, eine Kuppe mit zwiebelförmig angeordneten Schlieren, *b* ältere, *c* jüngere Schlieren (bei dickflüssigem Magma).

Fig. 10, eine Kuppe aus zweierlei Magma, einem älteren *b* (etwa grauem) und einem jüngeren *c* (etwa rothem — Nacherguss), bei zähem oben grauem, unten rothem Magma im Cylinder. Beispielsweise grobkörniger Granit *b* und feinkörniger Granit *c* des Karlsbader Massivs.

Fig. 11, ein deckenförmiger Laccolith *c* zwischen einer mit einer Oeffnung versehenen *a* und einer darauf lose aufliegenden Thonplatte *b* (bei dünnflüssigem Magma).

Fig. 12, ein kuppenförmiger Laccolith *c* zwischen zwei solchen Thonplatten *a* und *b* (bei zähflüssigem Magma).

Fig. 13, ein Laccolith *c* zwischen zwei solchen Thonplatten *a* und *b* mit zwei Rissen *d*, einer Apophyse *d'* und einer Decke *e'*.

Benützt man mehrere übereinander gelegte Thonplatten, zwischen welche das Magma eindringen kann und wählt man hiebei ein einfarbiges oder aber stufenweise ein verschiedenfarbiges, gleichförmig dichtes oder verschieden dichtes Magma, so ergeben sich weitere zahlreiche und instructive Versuche. Wird beispielsweise die noch weiche Decke in Fig. 7 mit Sand oder Gypsmehl bestreut (Nachbildung einer Sedimentschichte) und der Druck erneuert, so dringt das dünnflüssige Magma durch diese hindurch und bildet über derselben abermals eine Decke (Nachbildung einer intrusiven und sedimentären Schichtenfolge).

Bestreicht man vor den besprochenen Versuchen die Eisenplatte *e* mit Oel und lässt die Versuchsgebilde erhärten, so kann man dieselben leicht abheben und aufbewahren.

14. Um den Austritt der Lava aus einem Vulkan-Krater zu demonstrieren, stellt man auf die Oeffnung der Eisenplatte *c* des vorbesprochenen Apparates (Fig. 6) einen aus Thon oder Lehm gefertigten Kegel (26 *cm* im basalen Durchmesser, 22 *cm* hoch), welcher oben mit einer kraterförmigen Oeffnung und innen mit einem röhrenförmigen Loche versehen ist. Wird der Cylinder des Apparates mit einem röthlich gefärbten Thonbrei gefüllt, steigt dieser beim Druck durch die Kegelhöhle und ergießt sich aus dem Krater über die Kegelhöhle; vergl. Fig. 16, *c* Eisenplatte, *d* Thonkegel, *e* Krater, *l* zwei Lavaströme mit oberflächlich angedeuteten Schlieren; die Fumarole *f* erscheint bei diesem Versuche allerdings nicht, sondern beim nächstfolgenden.

15. Versuche einer symbolischen Vulkan-Eruption mit nachfolgendem Lavaerguss. Nach längeren Versuchen gelang es mir mit Benützung des vorbesprochenen Apparates (Fig. 6) mit dem aufgesetzten Thonkegel (Fig. 16) die wirkliche Eruption eines Vulkans wenigstens in ihren Hauptzügen nachzuahmen. In das Loch des Thonkegels wird eine feste Blechröhre von 2·3 *cm* im Durchmesser und von der Länge des Kegels eingetrieben, welche nach Angabe meines Sohnes Phil-Cand. JOSEF WOLDRICH früher folgendermassen gefüllt wird:

Es wird ein Pulvergemisch hergestellt, bestehend aus  $\frac{3}{5}$  Chlorkali,  $\frac{1}{5}$  Zuckerpulver und etwa  $\frac{1}{3}$  Holzkohlenpulver mit etwas Schwefelblüthe; das Kohlenpulver ist theilweise fein-, theilweise grobkörnig; in die fertige dunkelgraue Mischung kommt dann noch etwas Pulver rothen bengalischen Lichtes. Von dieser Mischung nimmt man einen Kaffeelöffel voll, schüttet dieselbe in die unten provisorisch verschlossene Blechröhre und klopft dieselbe mittelst eines an die Rohrwand anliegenden Kolbens fest; wirft hierauf einige aus Staniolpapier gefertigte, und einige Kügelchen, welche aus in Staniol eingewickeltem bengalischen Pulver bestehen, nebst einigen Papierkügelchen in die Röhre und dazwischen etwas Eisenfeilspähne; hierauf wird die löffelweise feste Füllung und Zugabe von Kügelchen und Eisenfeilspähnen fortgesetzt bis die Röhre voll ist. Dieselbe wird in den Thonkegel fest so eingeschoben, dass ihr oberes Ende in den Grund des kleinen Kraters reicht, worauf noch eine Mischung aus  $\frac{2}{3}$  Chlorkali

und <sup>1,3</sup> Zuckerpulver in kleiner Menge hinzu geschüttet wird. Der Kegel wird dann mit dem unteren offenen Rohrende auf die Oeffnung der Eisenplatte befestigt.


Durch einige Tropfen Schwefelsäure, welche man in den Kraterschlund fallen lässt, entzündet sich das Pulver im gegebenen Augenblicke, aus dem Krater blitzen Flämmchen auf, Dämpfe steigen empor, Funken und glühende Asche (Eisenfeilspähne) werden herausgeworfen, ebenso Lapilli (gröbere Kohlenkörner) und glühende Bomben (Staniolkügelchen) steigen bogenförmig in die Höhe, wobei der Krater feuerroth erhellt ist. Den Anblick auf diese 10—12 Minuten dauernde Eruption zeigt Fig. 15; *d* der Thonkegel, *c* die Eisenplatte, *o* Lapilli und Asche, *p* Bomben.

Behufs Erzielung eines vollständigen Symbols umgibt man den Apparat mit einem hinten offenen Mantel aus Pappendeckel (vergl. Fig. 14, *a* Mantel, *b* alter Krater, *d* Kegel und *e* neuer Krater), erzeugt das der Eruption vorangehende und dieselbe begleitende unterirdische Getöse durch Schütteln einer Pappendeckel- oder einer eisernen Blechtafel im Nebenzimmer oder hinter einer Wand und dreht bei Beginn der Explosion die Beleuchtung des Locales auf ein Minimum ab.

Sobald die Explosion zu Ende geht, öffnet man die volle Beleuchtung, drückt hinten auf den Hebel des Apparates und die durch die erhitzte Blechröhre erwärmte rothgefärbte Lava ergiesst sich aus dem Krater über den Rand des Kegels, wobei aus derselben Wasserdämpfe (Fumarolen) aufsteigen; vergl. Fig. 16, *c* Eisenplatte, *d* Kegel, *e* Krater, *l* Lavaströme, *f* Fumarole.

Dieser symbolische Versuch steht zwar mit den bei einer vulkanischen Eruption wirkenden Kräften in keinem directen Zusammenhange, indem er nur die äusseren Erscheinungen einer solchen Eruption möglichst wahr nachzuahmen bestrebt ist — es fehlt hier die ungeheure Menge von Wasserdämpfen und der daraus entstehenden, den Unkreis verfinsternden Wolken, deren elektrische Spannung sowie der mitunter nachfolgende dichte Regen — allein der Versuch dürfte gewiss einen, vielleicht beachtenswerthen, pädagogischen Demonstrationswerth besitzen.





---

Tiskem Dra Ed. Grégra v Praze 1900.

---

