

# Prijevod s njemačkog na hrvatski i Prijevod s hrvatskog na njemački

---

**Sajko, Mislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:030294>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
University of Zagreb  
Faculty of Humanities  
and Social Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb  
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FILOZOFSKI FAKULTET**  
**ODSJEK ZA GERMANISTIKU**  
DIPLOMSKI STUDIJ GERMANISTIKE  
PREVODITELJSKI SMJER  
MODUL A: DIPLOMIRANI PREVODITELJ

**Mislav Sajko**

**Prijevod s njemačkog na hrvatski**

Übersetzung aus dem Deutschen ins Kroatische

**Prijevod s hrvatskog na njemački**

Übersetzung aus dem Kroatischen ins Deutsche

Diplomski rad

Mentor: mr. sc. Sonja Strmečki-Marković, v. Lekt.

Zagreb, ožujak 2024

## **Zahvala**

Zahvaljujem svima na podršci tijekom izrade ovog diplomskog rada, a posebice svojim roditeljima, sestri i zaručnici. Također hvala svima koji su pružili bezuvjetnu podršku i pomoć tijekom studija.

## **Sadržaj**

### Inhaltsverzeichnis

#### **Prijevod s njemačkog na hrvatski**

Übersetzung aus dem Deutschen ins Kroatische

Mattes, J. & Kuffner, D. *HÖH(L)ENLUFT UND WISSENSRAUM Die Gassel-Tropfsteinhöhle im Salzkammergut zwischen Alltagskultur, Naturkunde und wissenschaftlicher Forschung.* Oberösterreichisches Landesmuseum. Linz. 262-282.....1

#### **Njemački izvornik**

Deutscher Ausgangstext.....23

#### **Prijevod s hrvatskog na njemački**

Übersetzung aus dem Kroatischen ins Deutsche

Rnjak, Goran et al. *Speleologija, II izmijenjeno i dopunjeno izdanje.* Speleološko društvo Velebit, Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja. Zagreb. 2019. 115-132.....44

#### **Hrvatski izvornik**

Kroatischer Ausgangstext.....78

#### **Popis literature**

Literaturverzeichnis.....96

**Prijevod s njemačkog na hrvatski**

Übersetzung aus dem Deutschen ins Kroatische

Mattes, J. & Kuffner, D. *HÖH(L)ENLUFT UND WISSENSRAUM Die Gassel-Tropfsteinhöhle im Salzkammergut zwischen Alltagskultur, Naturkunde und wissenschaftlicher Forschung*. Oberösterreichisches Landesmuseum. Linz. 262-282.

**JOHANNES MATTES & DIETMAR KUFFNER**

ZRAK NA VISINI I U DUBINI TE PODRUČJE ZNANJA Špilja Gassel između masovne kulture, prirodnih znanosti i znanstvenih istraživanja u kulturnom krajoliku Salzkammergut

# Speleologija - most između znanstvenih kultura

Johannes Mattes

## Predstavljaju li granice u znanosti i granice u razmišljanju?

Znanost je bez granica nezamisliva. Među važne karakteristike znanstvenog načina razmišljanja ubrajaju se definiranje i klasifikacija problematike, preciziranje ili razdvajanje područja proučavanja te razlikovanje znanja, pseudoznanja i neznanja. Ti različiti postupci definiranja učinkoviti su u smislu sadržajnih, društvenih i prostornih dimenzija. Tako se primjerice neprestano iznova preispituju granice između sadržaja te prijelazna područja između disciplina, kao i same discipline. Hijerarhije znanja često se odražavaju u društvenoj strukturi prenositelja znanja. Tako je u 19. stoljeću rangiranje muzejskih kustosa u tri (platna) razreda bilo suočeno s podjelom znanstvenih pronalazaka u tri klase. Prema tim klasama se između ostalog odlučivalo o distribuciji pronalazaka nacionalnim, državnim ili zavičajnim muzejima. Osim toga, institucionalizacijom znanstvenoistraživačkih područja nastaju institucije koje ne samo da pružaju interdisciplinarne i transferne zone, nego ih i odjeljuju uslijed ekskluzivnosti svog pristupa.

Danas u razgovoru s prirodoslovcima često možemo čuti da okolnosti predmeta proučavanja određuju granice njihove discipline pa se stoga smatraju same po sebi razumljivima. Ali zapravo je suprotno. Granice između znanstvenih disciplina, kao i same discipline, bile su tijekom povijesti podložne stalnim promjenama. One se stalno pomiču i stvaraju interdisciplinarna područja u kojima se sadržaj prenosi u druge znanstvene discipline. Kao što je pojam znanstvenika prvi put upotrijebljen na engleskom govornom području 1833. godine, tako su se i znanstvene discipline, različitom brzinom, počele razvijati tijekom 19. stoljeća. To se često povezivalo s osnivanjem instituta, stvaranjem stručnih pojmova, istraživačkim metodama, teorijom, izobrazbom mladih znanstvenika i isključivanjem istraživača bez akademske izobrazbe.

Očito je da su u igri bili i resursi. Uspostavljanje novih istraživačkih pravaca kao i akademskih disciplina na sveučilištima smanjilo je financijski udio u ukupnom proračunu za već postojeće discipline, promijenilo akademski prestiž čitavih znanstvenih grana i njihovih poznatih predstavnika, pa su etablirane discipline često pružale značajan otpor takvim pomicanjima

granica. Situacija je bila posebno komplicirana u disciplinama kao što je geografija, koja se sama nalazi na sjecištu humanističkih i prirodnih znanosti zbog svoje specifične podjele na antropogeografiju i fizičku geografiju, ili u sintetičkim istraživačkim poljima kao što je biologija, koja obuhvaća predmete poput botanike i zoologije. To vrijedi i za speleologiju, koja se u konačnici nije uspjela dugoročno pozicionirati kao akademska disciplina. Jedina međunarodna katedra za speleologiju na nekom sveučilištu postojala je samo u Beču između 1929. i 1938. godine.

## **Speleologija kao poveznica u društvu**

Speleologija je nezamisliva bez timskog rada. Danas, kao i prije 100 godina, podjela rada unutar skupine znanstvenika olakšava dokumentiranje novootkrivenih dijelova špilje. Jedan član skupine odlučuje, drugi izrađuje nacrt, treći proučava geomorfologiju objekta, a četvrti npr. skuplja uzorke životinja u špilji i radi na njihovoj zoološkoj determinaciji.

Adolf Schmidl, putopisac i viši administrativni djelatnik Akademije znanosti u Beču sakupio je radove stručnjaka iz područja botanike, entomologije i geologije u svojoj publikaciji "Speleologija u kršu" (1854.). To je bila prva moderna monografija o speleologiji. Pojam „speleologija“ kasnije je preveden s njemačkog na druge jezike, a prvi put ga je sustavno upotrijebio Schmidl (1850.) u izvješćima sa skupova Akademije znanosti u Beču. Svi autori koji su surađivali sa Schmidlom na radovima o speleologiji imali su nešto zajedničko: u vrijeme objave nitko od njih nije imao stalno znanstveno namještenje na fakultetu. Neki su čak bili stekli uvjete za postizanje zvanja redovnog profesora i zarađivali kruh kao nastavnici ili više administrativno osoblje. Nesigurni ugovori o radu u znanosti nisu novitet te su postojali i u 19. stoljeću, kada se život znanstvenika u sve više disciplinarno organiziranom istraživačkom krajoliku pretvarao iz poziva u profesiju, a znanstvenici pozicionirani u interdisciplinarnim područjima bili sve više marginalizirani. Mnogi od njih pronašli su nova područja djelovanja u prirodoslovnim udrugama utemeljenim 1860., koje su po uzoru na opsežno djelo Alexandra von Humboldta "Kozmos" promovale holistički pogled na prirodu i brisale granicu između istraživača i predmeta proučavanja nastalu u akademskim krugovima.

Nije iznenađujuće da je 1879. godine u prirodoslovnim krugovima glavnog i rezidencijalnog grada Beča osnovana prva svjetska speleološka udruga. Na njihovim događanjima susretali su se ne samo učitelji, alpinisti, ljubitelji prirode, umjetnici i autodiktati iz različitih znanstvenih kultura, već i mladi, afirmirani prirodoslovci koji su bili zainteresirani za širenje svojih



rezultata istraživanja i uključivanje obrazovanog građanstva u znanstveni diskurs. Očito je da su usprkos svim sličnostima postojale i jasne interesne razlike između dviju skupina. Dok su sveučilišni znanstvenici primarno bili u potrazi za vrijednim dobavljačima podataka i jeftinim zaposlenicima za vlastite projekte koji su bili korisni za njihovu karijeru, znanstveni autodiktati često su slijedili vrlo osobne ciljeve nadajući se da će ih brže ostvariti pomoću poznanstva s etabliranim znanstvenicima. Mnogi speleolozi u tim prirodoslovnim i alpinističkim udrugama pretvorili su prenošenje znanja u poziv, uključujući privatnika Franza Krausa, sina vlasnika tvornica, ali i bravarskog majstora Franza Pergara iz Ebenseea. Otvaranje turističkih špilja i postavljanje speleoloških izložbi i zbirki u prvoj polovici 20. stoljeća predstavljali su uobičajene aktivnosti profesionalnih autodiktata. Znanstvena istraživanja korištena su prvenstveno za reklamiranje i promicanje zaštite turističkih špilja, kao što se navodi u reportaži o špilji Gassel<sup>1</sup> objavljena u visokotiražnom časopisu "Wiener Bilder" 1920. godine (N. N. 1920) (sl. 1).

Kao plodni pisci, neumorni predavači, putnici ili posrednici znanja, istraživači poput Krausa ili Pergara gradili su mostove, povezivali granice sadržaja, različite prostore znanja, discipline, društvene skupine, mreže te posredovali između lokalnih, regionalnih i globalnih kultura. Time su ispunili jednu od središnjih funkcija modernih društava znanja. Oni su kondenzirali znanje, poticali akademsko istraživanje i pobrinuli se za to da znanje nastalo u akademskim krugovima cirkulira i unutar društva. Stoga ne čudi da je većina austrijskih sveučilišta zaposlila prve djelatnike za odnose s javnošću tek nakon 2000. godine. Nekad su tu funkciju obnašale znanstvene udruge i znanstveno popularni časopisi poput "Petermanns Mitteilungen" ili "Kosmos".

U slučaju speleoloških udruga suradnja između različitih znanstvenih kultura poslužila je kao primjer ostalima ap su rezultati tog procesa bili znanstveni priručnici poput "Höhlenkunde" Franza Krausa (1894.), "Les Abîmes" Édouard-Alfreda Martela (1894.) ili "Cave Hunting" (1874.) Williama Boyda Dawkinsa.

## **Speleologija kao grupna disciplina**

Tijekom državne institucionalizacije speleologije u obliku tzv. Komisije za speleologiju Republike Austrije (od 1920.) nastala su prva znanstveno-teorijska promišljanja o speleologiji.

---

<sup>1</sup> U izvornom tekstu napisano je Gassel-Tropfsteinhöhle, što se ugrubo prevodi kao špilja siga/špilja bogata špiljskim ukrasima, u hrvatskoj terminologiji na takav pojam ne nailazimo već samo na pojam „špilja“

Nitko drugi nego znanstveni „teškaš“ Richard von Wettstein, potpredsjednik Akademije znanosti u Beču, u uvodnom govoru o općoj znanstvenoj važnosti speleologije prvi je put identificirao speleologiju kao sintetičko polje istraživanja: "Postali smo mala država i to je prirodno [...] dovelo do intenziviranja interesa za ono što imamo. Kao što je često slučaj s interdisciplinarnim područjima, [...] tako još nije došlo do samostalnog razvoja speleologije [...]. Speleologija nije samo znanstvena međudisciplina, već grupna disciplina." (Wettstein 1921)

I Othenio Abel, kasniji rektor Sveučilišta u Beču, koji je koristio nalaze iz špilje Drachenhöhle<sup>2</sup> kod Mixnitza kao odskočnu dasku za svoju profesionalnu karijeru, podržao je Wettsteinov opis speleologije i time utemeljio interdisciplinarni sastav novog područja istraživanja, koji vrijedi i danas : "*Geolog i morfolog, petrograf i mineralog, zoolog, botaničar i paleontolog, geograf i meteorolog, na kraju i antropolog i prapovjesničar uhvatili su se u koštac s različitim problemima koji spadaju u njihovo područje istraživanja, a koji su se pojavili u znanstvenim istraživanjima špilja. Naposljetku, u nizu ovih brojnih gledišta, koja su bila odlučujuća za istraživanje špilja, bilo je i ono ekonomskog političara, koji je inicirao punjenje špiljskih ispuna bogatih fosfornom kiselinom. [...] Svatko tko pomno prati povijest prirodnih znanosti otkrit će da su ekonomska pitanja vrlo često dovela do produbljivanja i širenja znanstvenih disciplina, koje su zauzvrat mogle imati poticajan učinak na čisto ekonomska pitanja. [...] Znanstvena istraživanja špilje Drachenhöhle u blizini Mixnitza posvijestila su istraživače koji su usko surađivali [...]da se cijeli veliki lanac pitanja sjedinjuje u jedan zatvoreni krug: [...] speleologije.*" (Abel 1923)

S preuzimanjem francuskog pojma "speleologija" povezana je, međutim, i istovremena stručna devalvacija speleologije i njezinih predstavnika. Kako se često može pročitati u zapisnicima s akademskih skupova iz tog vremena, (amaterski) istraživači su primarno smatrani resursom, koji treba staviti na raspolaganje ciljevima znanosti, umjesto da "odlepršaju u turizam i diletantizam". (Menghin et al. 1928) Ovim odvajanjem od baze speleoloških udruga i odgovarajućim političkim pritiskom iz antisemitskih i kasnije nacionalsocijalističkih krugova konačno je došlo, nakon brojnih pokušaja, do imenovanja prapovjesničara Georga Kyrlea za izvanrednog profesora na novoosnovanoj katedri za speleologiju na Sveučilištu u Beču, koja se uglavnom bavila prapoviješću i geologijom/paleontologijom po uzoru na stručno obrazovanje nositelja katedre i njezinog sponzora Othenia Abela. Za razliku od današnjih

---

<sup>2</sup> Zmajeva špilja

predsjednika udruga i klubova, Kyrle je bio osoba čiji se autoritet nije mogao ignorirati, ne samo zbog njegove korpulencije. Kako je i naglašeno u nekrologu, njegovo ophođenje sa znanstvenim laicima ili akademskim osobljem u potpunosti se može opisati kao grubo: "*Dobar glas daleko se čuje?*" (Weninger 1938)

Sl. 1: Bogato ilustrirano izvješće o otkriću špilje Gassel i njezinoj znanstvenoj ocjeni u visokotiražnom časopisu "Wiener Bilder" (1920.). Foto: Johannes Mattes

## **Interdisciplinarna istraživanja u špilji Gassel**

Ovaj interdisciplinarni oblik suradnje posebno je došao do izražaja u speleološkoj istraživačkoj praksi, tj. u speleološkim ekspedicijama velikog broja sudionika koje su se organizirale osobito tijekom međuratnog razdoblja (Mattes 2016). Budući da se kod otkrivača špilje Gassel okupljenih oko Franza Pergara i članova kasnijeg Speleološkog udruženja u Ebensee radi uglavnom o radnicima ili neakademskim predstavnicima građanskog sloja, znanstveno dokumentiranje špilje uvelike je prepušteno vanjskim stručnjacima koji su ili posjećivali same špilje na poziv i/ili kojima su poslani nalazi kosti ili zoološki nalazi. Nerijetko su posredovali predstavnici drugih speleoloških udruga, koji su sami identificirali nalaze prikupljene u špilji Gassel i/ili ih prosljeđivali stručnjacima iz prirodoslovnih muzeja ili sveučilišta na daljnje proučavanje.

Posebno se ističu dvije interdisciplinarne ekspedicije u špilju Gassel dvadesetih godina 20. stoljeća. Prva je bila trodnevna ekspedicija u donju etažu, sastavljena od 29 članova Speleološkog saveza Donje Austrije, 4 istraživača iz Ebenseea i 50 istraživača iz Ebenseea u transportu opreme (Hofmann-Montanus 1948) (sl. 2). Ekspedicija je bila hijerarhijski jasno strukturirana. Uz timove odgovorne za istraživanje novog teritorija, geodetsku izmjeru, planiranje i komunikaciju, osnivane su posebne skupine za geomorfologiju, paleontologiju, hidrografiju, meteorologiju, zoologiju i botaniku.

Da je uključivanje vanjskih stručnjaka bilo definitivno povezano s hijerarhijama, pokazuje korištenje pojma "gospoda iz Ebenseea", koji su klasificirani samo kao "*rasvjeta i tehnička podrška*" (Speleološki savez Donje Austrije 1924). Odmah se može primijetiti da čak ni žene koje su sudjelovale u plovidbi oknom Wasserschacht<sup>3</sup> nisu spomenute u naknadno objavljenim

---

<sup>3</sup> Okno punjeno vodom/Vodeno okno

novinskim izvješćima, a neke su čak uposlene za kuhanje čaja u oknu Pergarschacht<sup>4</sup>. Prema ondašnjim shvaćanjima, znanstvena djelatnost bila je prvenstveno muška stvar.

Druga ekspedicija u špilju Gassel s velikim brojem sudionika odvila se 1925. godine za vrijeme konferencije Glavnog udruženja njemačkih speleologa u Ebensee, tijekom koje su "preciznom podjelom rada, uz tahimetrijsku metodu izmjere, precizno prikupljeni svi speleološki podaci te su time postavljeni svi relevantni temelji za iscrpnu znanstvenu obradu". (N.N. 1925a) Naime, jedna grupa preuzela je kartografsku i geološku obradu špilje, dok je zoološko-paleontološki tim vršio iskapanja u dvorani Bärenhalle<sup>5</sup> i pronašao brojne nalaze kostiju. (N.N. 1925b) Međutim, nalaz kostiju špiljskog medvjeda u izvješću Benna Wolfa (1925.) nije mogao biti potvrđen tadašnjom analizom nalaza postojećeg materijala (vidi članak Doris Döppes u ovom izdanju). Publikacija je primjer posredničke funkcije speleologije, a objavljena je 1926 na nagovor Franza Pergara i blagoslov Béle Markovitsa, zamjenika voditelja ekspedicije 1924. Iako je članak od osam stranica sažeo rezultate obiju ekspedicija, ovaj svezak sve samo ne znanstveni tekst. U njemu se nije očekivalo ikakvo predznanje čitatelja i stoga je služio prije svega jednoj svrsi: promicanju špilje Gassel kao turističke špilje kojom je Pergar namamio časnu gospodu iz cijele Njemačke i Austrije u južnu općinu Traunsee (sl. 3).

Sl. 2: Istraživači na stijeni u dvorani Leopoldsdorf<sup>6</sup>. Ekspedicija Speleološkog saveza u Donjoj Austriji u špilju Gassel od 14. do 16. studenoga 1924. Fotografija: Rolf Thym

## **Nova preraspodjela resursa**

Institucionalno uključivanje speleologije u nacionalsocijalistički aparat vlasti također je dovelo do restrukturiranja interdisciplinarnе suradnje nakon 1945. Ugašena je katedra na sveučilištu, a s njom je ugašen i znanstveni prioritet prapovijesti i geologije/paleontologije. Paralelno s internacionalizacijom istraživačkog polja koja je bila ubrzana povećanjem inozemnih kontakata i osnivanjem "Union Internationale de Spéléologie", događala se depolitizacija života saveza.

U novoosnovanim udrugama okupile su se sve društvene i političke skupine: bivši nacionalsocijalisti, članovi višeg i nižeg građanskog sloja te djeca iz radničkih obitelji. Preispitivanje problematične upletenosti širih krugova speleologije u NS režim je naravno

---

<sup>4</sup> Pergarovo okno

<sup>5</sup> Medvjeda dvorana

<sup>6</sup> Dvorana Leopoldova katedrala

izostalo. Različitim iskustvima međuratnog razdoblja suprotstavilo se novo poimanje polja istraživanja koje je uključivalo sve teme koje se bave kršem ili speleologijom. Činjenica da vodeći ljudi poslijeratne speleologije nisu dolazili iz akademskog miljea dovela je do istraživačke prakse koja nije toliko ovisila o hijerarhiji, ali i do smanjene prisutnosti speleologije u akademskom miljeu. Izostanak sveučilišne institucionalizacije nije donio samo nedostatke poput nesigurnog financiranja. Zauzvrat, moglo se surađivati u različitim disciplinama, uglavnom neovisno o političkom utjecaju, konkurenciji i učinku, što je nezamislivo u usporedbi s današnjom znanstvenom praksom.

Sl. 3: Naslovna stranica prve samostalne publikacije (1926.) o špilji Gassel, proizašla iz rezultata ekspedicija 1924. i 1925. godine. Foto: Johannes Mattes

Od 2000. godine, nakon kadrovskih promjena u rukovodstvu udruga i klubova, primjetna je sve veća akademizacija istraživačkog krajolika u speleologiji, što se očituje u dominaciji pojedinih specijalističkih disciplina, a posljedično i u sadržaju izvora časopisa. I dok se sve manje istraživača laika bavi pomnim dokumentiranjem špilja, u tiskovinama se tiska sve više članaka čiji sadržaj može pratiti tek mali dio čitatelja. Zadaća je budućih speleologa nositi se sa sve većim sadržajnim, društvenim i metodičkim jazom u istraživačkoj praksi istraživača amatera i akademskih stručnjaka te graditi nove mostove između različitih znanstvenih kultura.

## **Postanak i razvoj špilje Gassel**

Dietmar Kuffner

### **Pozicija špilje**

Špilja Gassel nalazi se u području Glavni dolomit, koji se prostire oko planina Gasselkogel i Hochkogel istočno od jezera Traunsee. Ona je jedina golema špilja u dijelu Predalpi istočno od Trauna, što je tim važnije jer se općenito smatra da u područjima u dolomitnim stijenama prevladava mali broj špilja (Pavuz 2007). Granica sloja prema vapnencu, koju je Bock (1930.) pronašao u donjoj etaži špilje, još nije potvrđena.

Glavni dolomit je zapravo podložan karstifikaciji, ali ima izuzetno fine pukotine, što znači da je voda ravnomjerno raspoređena u stijeni i da se ne mogu razviti željeni odvodni kanali (Pavuz & Traindl 1983). Poznate špilje u dolomitnoj stijeni stoga su sve povezane s tektonskim poremećajima na malom području.

Cijeli špiljski sustav prostire se na površini od 300 x 180 m u smjeru sjever sjeveroistok. Dijelom se nalazi pod južnom padinom, a većim dijelom ispod sjeveroistočne padine planine Gasselkogel u smjeru gradića Karbacha i proteže se u smjeru Müllnerkögerla, najudaljenijeg sjeveroistočnog vrha planine Gasselkogel.

Stijenska masa nije prevelika u usporedbi s drugim vapnenačkim alpskim špiljama. Donja etaža ima najveće vrijednosti nadslojeva od 170 do 190 m. Najviši dijelovi špilje pokazuju vrlo različite vrijednosti: kanal Elfenbeigang<sup>7</sup> 60 m, dvorana Brückenhalle<sup>8</sup> 100 m, dvorana Déjà-Vu 142 m i okno Calimero (najviša točka špilje<sup>9</sup>) samo 6 m. Nisku vrijednost stijenske mase imaju i dvorane Bärenhalle, Olympus i Weyprechthalle s oko 30 m (Kuffner 2008).

## **Pružanje špilje i tektonika**

Na zvjezdastom dijagramu (sl. 1) prikazana je raspodjela duljine poligonskih vlakova u intervalima od 10°. Ova metoda je aproksimacija stvarne raspodjele pukotina u stijeni. Dok se cijeli sustav proteže u smjeru sjever sjeveroistok, u samim kanalima je ovaj smjer jedva zastupljen. Dijagram prikazuje uzorak tipičan za sjeverne vapnenačke Alpe s dominantnim sustavom sjeveroistok-jugozapad koji slijedi dominantni horizontalni rasjed<sup>10</sup> (vidi str. 23-24) i presijecajući sustav sjeverozapad-jugoistok. Kanalima na potezu sjeveroistok-jugozapad pripadaju primjerice kanali Gerade Kluft<sup>11</sup>, Pollanschützgang<sup>12</sup>, Neuer Teil<sup>13</sup>, Nordterritorium<sup>14</sup>, dvorane Kamillus i Bonaventure itd. Prolazima na potezu sjeveroistok-jugozapad pripadaju dijelovi Bärenhalle, Gerd-Wiesinger-Gang<sup>15</sup>, Sintervulkanhalle<sup>16</sup>, a također i Faultierstörung<sup>17</sup>. Dodatno se može vidjeti akumulacija kanala u smjeru istok-zapad,

---

<sup>7</sup> Kanal bjelokosti

<sup>8</sup> Dvorana mosta

<sup>9</sup> Gledano prema nadmorskoj visini

<sup>10</sup> Rasjed Königssee-Lammertal-Trauntal

<sup>11</sup> Ravna pukotina

<sup>12</sup> Pollanova vrata

<sup>13</sup> Novi dio

<sup>14</sup> Sjeverni teritorij

<sup>15</sup> Kanal Gerd-Wiesinger

<sup>16</sup> Dvorana sintervulkana

<sup>17</sup> Rasjed ljenivca

koji ovdje slijede slojeve, kao i manja akumulacija na potezu sjever-jug. Pad sloja je oko 60-70° što je karakteristika velikog dijela dimnjaka u područjima Nordterritorium i Ostterritorium<sup>18</sup>.

Špilja se može podijeliti u jasno definirane dijelove od kojih je svaki određen karakterističnim rasjednim područjima. Najupečatljiviji su dijelovi koji se pružaju sjeveroistočno između okna Ebensee i dvorane Exzentrikerhalle<sup>19</sup> te između dvorana Sinterwalldom i Fledermausdom, a oba su okomita i dosežu dubine i do 100 m. Za ove sustave karakteristična su pružanja istok-zapad i strma područja kao što su Dunkler Grund<sup>20</sup>/Allerseelenschacht<sup>21</sup> i Pergarschacht.

Gotovo ravna donja etaža i sjeverni horizontalni sustav nagnut za 30° u smjeru sjever-sjeverozapad povezani su s glavnim pravcima pukotina u osnovnoj strukturi. Faultierstörung neobičan je i spektakularan. Kao otvorena pukotina pruža se u smjeru sjeverozapad-jugoistok, duga je oko 150 m i nastala je tek nakon formiranja dvorana koje su je presijecale. Presijeca velike dijelove područja Nordterritorium i Ostterritorium od dvorane Sinterwalldom do dvorane Payerdom i na nekim je mjestima visok do 100 m. Na mnogim mjestima, posebno u oknu Adlerschacht ili dvorani Dom der Provisoren<sup>22</sup>, korozivno je proširen s prosječne širine od 1 m na nekoliko metara. Velike količine sintera djelomično ih potpuno zatvaraju.

Prostor u planini koji zauzima špiljski sustav ima dimenzije cca 300 x 180 x 160 m (dužina, širina, visina) i relativno je oštro definiran. Unutar ovog raspona, gustoća šupljina je relativno visoka. Veliki poprečni presjeci prolaza izmjenjuju se često s uskim prolazima, a horizontalni kanali često se prekidaju i pretvaraju u vertikalne kanale. Nema dugih rastegnutih hodnika, koji su karakteristični za divovske špiljske sustave susjednih krških zaravni. Također gotovo da i nema hodnika dužih od 50 m u jednom smjeru. Isto vrijedi i za vertikalne kanale. Uobičajeni tlocrtni prikaz špilje mjestimično doseže svoje granice često zbog malih i do šesterostruko preklapajućih hodnika. Kanali podsjećaju na labirint i vrlo su zbunjujući. Pružanje špilje i povezanost s tektonskom strukturom može se jasno vidjeti samo u 3D prikazu.

Sl. 1: Zvezdasti dijagram kanala špilje Gassel, izrađen pomoću zbroja duljina poligonskih vlakova

---

<sup>18</sup> Istočni teritorij

<sup>19</sup> Dvorana ekscentrika

<sup>20</sup> Tamno dno

<sup>21</sup> Okno starih duša

<sup>22</sup> Dvorana upravitelja

## **Starost špilje**

Na pitanje o starosti špilje nije lako odgovoriti. Najstarija datirana potvrda su sige iz špilje Gassel koje se mogu datirati na starost od 700.000 godina, što ujedno predstavlja i granicu datacije. Postoje stalaktiti koji su stariji, ali se ne mogu datirati dostupnim metodama. Međutim, same pećinske prostorije još su starije od njihovog sadržaja. Glavni dolomit, u kojem se špilja nalazi, nastao je prije cca. 200 milijuna godina. Nataložen u plitkom moru prije mnogo godina, naborao se ispod razine mora i pretvoren je iz viskoznog mulja u čvrstu stijenu, u procesu tzv. dijageneze. Sve se to dogodilo ispod razine mora. Podizanje Alpa počelo je postepeno u razdoblju krede (prije 145 do 66 milijuna godina) i doseglo je svoj vrhunac u miocenu prije otprilike 20 milijuna godina. Čim se stijena izdigla iznad razine mora, mogao je započeti proces karstifikacije, a time i stvaranje prvih špilja. Time se može odrediti najveća starost špilje.

Voda koja se procjeđuje s površine u speleološke objekte oblikovane vodom formira u gorskim šupljinama vodno lice. Ono se uzdiže prema sredini planina i njegova visina znatno se mijenja. Nastanak špilja je najintenzivniji u ovom području kolebanja visine vode, koji se naziva i epifreatska zona. Prilikom promjena razine vode dolazi do stvaranja špiljskih kanala u ovoj zoni.

Izdizanje planina nije se odvijalo kontinuirano, nego u pojedinim fazama. Dok su se planine izdizale, razina vodnog lica ponovno se izravnavala sa svakom fazom izdizanja. To je dovelo do formiranja špiljskih etaža. U podnožju Alpa, zbog relativno male gustoće špilja, ne mogu se identificirati etaže špilja kao u Visokim vapnenačkim Alpama (Kuffner 1998), ali su freatski kanali formirani pod vodom, kao što se i pojavljuju u špilji Gassel, zacijelo nastali ispod razine krške vode, a kasnije su izdignuti iznad te razine. Stoga se može pretpostaviti da kanali špilje Gassel već samo zbog svoje nadmorske visine sigurno potječu iz neogena (tj. prije 5 do 20 milijuna godina), ali su nakon daljnjeg izdizanja značajno prošireni uslijed stalnog formiranja špilja.

## **Riznica špiljskih formacija**

Razvoj špiljskih kanala u špilji Gassel odvijao se uglavnom u području vadozne vode, odnosno u dijelovima špilje ispunjenim zrakom, dok su tipični freatski (podvodni) profili kanala vrlo rijetki. Međutim, može se pretpostaviti da je većina svih kanala u početku bila freatska, a i kasnije pretvorena u kanale nastale vadoznom vodom.



U većim dvoranama rasjedi gotovo uvijek određuju prostor, ali su obično skriveni ispod gustog sinteriranja. Izložene zaglađene površine, na primjer, mogu se prepoznati kao takve samo u područjima bez sinterova.

Visoki, ispucali profili, koji često dosežu visinu i preko 20 m, ali su pri dnu široki samo 1 do 2 m, formiraju se često prije svega u dužim kanalima. Špiljskih dijelova sa širokim, ravnim podom uglavnom nema, što se posebno negativno odražava na dio namijenjen za turiste, jer za vrijeme turističkih obilazaka ima malo prostora za veće skupine. Dvorana s najširim prostorom je dvorana Sintervulkanhalle. Tlocrtne je površine 15 sa 45 m.

Karakteristika riznice špiljskih formacija je vertikalni element, koji je karakterističan i za horizontalne prolaze u vidu visokih profila kanala. Ključne točke u tijeku istraživanja, koja su bila popraćena značajnim otkrićima, uvijek su bile vertikalne dionice, na primjer okno Pergarschacht 1920-ih ili usponi kao što su dimnjak Bergmilchkamin<sup>23</sup>, Nordostpassage<sup>24</sup>, okno Leiterschacht<sup>25</sup> ili kanal Tasmanierkluff<sup>26</sup> u novije vrijeme (sl. 2).

Okna su većinom mlađi dijelovi špilje i nastaju tako što voda traži najkraći odvodni put i stalno ga širi. Nakon oborina nastaju slapovi, što je osobito slučaj u oknu Wasserschacht<sup>27</sup> ili u oknu Zäpfchenschacht<sup>28</sup>. Sadašnji izgled špilje Gassel u većoj mjeri je oblikovan korozivnim djelovanjem procjedne vode. Korozija je čest element vezan za špiljske ukrase, posebno u turističkom dijelu. Ali uzburkane vode, odnosno špiljski potoci, također tvore mnoge kanale. Kroz dio od Gerade Kluff<sup>29</sup> do dijelova Wasserhalle, Pollanschützgang ili Gerd-Wiesinger-Gang protječu aktivni potoci. U nekim dijelovima poput Far Far Away<sup>30</sup> formiraju se manji kanjoni, takozvani Nackte Canyons<sup>31</sup>.

Freatski kanali (tj. oni s profilima kanala u obliku cijevi i glatkim graničnim površinama) su rijetki i uglavnom su ograničeni na kraće dijelove kanala s manjim promjerima, kao što je izlaz Wühlim. Naposljetku, tu je i nekoliko vodenih bazena, od kojih su najveći jezero Zehn- Euro-

---

<sup>23</sup> Dimnjak gorskog mlijeka

<sup>24</sup> Sjeveroistočni prolaz

<sup>25</sup> Pergarovo okno

<sup>26</sup> Tasmanijska pukotina

<sup>27</sup> Vodeno okno

<sup>28</sup> Okno siga

<sup>29</sup> Rava pukotina

<sup>30</sup> Tamo tamo daleko

<sup>31</sup> Goli kanjoni

See<sup>32</sup> veličine 5x2 m, bunar u dvorani Fledermaushalle<sup>33</sup> veličine 7x3 m i Jungbrunnen<sup>34</sup> veličine 6x5 m. Duboki su do 3 m.

Sl. 2: Silazak s Dvorane Kanzelhalle u Pergarschacht. Fotografija: Helmut Mohr

## Sedimenti

Najčešći klastični sediment, odnosno materijal koji je nastao drobljenjem većih komada je špiljska glina u špilji Gassel koja je ovdje izrazito crvenkastosmeđe boje. Budući da se takvi ostaci ne stvaraju kada se otopi glavni dolomit, a danas na površini nema crvenkastih stijena, materijal zasigurno nastaje infiltracijom nelokalnih elemenata. U špiljskim sedimentima u susjednoj planini Totes Gebirge<sup>35</sup> mogu se pronaći komponente stijena iz Središnjih Alpa na jugu i zone škriljevca, koje se obično povezuju sa šljunkom, ali i komponente iz Krkonoša, tj. granitnih područja sjeverno od Alpskog podnožja, koje je ovamo donio vjetar tijekom ledenih doba (Kuffner 1998). Dakako, to mogu biti i komponente gosauge stijena, koje se danas u maloj mjeri pojavljuju u susjednom Eisenbachu. Najvjerojatnije je riječ o ostacima isprane crvenice nastale tijekom suhих, toplih međuledenih razdoblja, kada je klima pogodovala hematitskoj oksidaciji željeznih komponenti i time stvarala crvenkastu boju. S obzirom da na ovom području nema detaljnijih analiza, to je jedini način da se dođe do preciznih podataka o podrijetlu. Mjestimično se takve crvenice mogu naći i na površini. Najveće naslage gline u špilji nalaze se u dvorani Halle der Exzentriker, kanalu Palmsamstaggang<sup>36</sup> i u dvorani Fledermausdom, od kojih su neke debele i po nekoliko metara.

Veći sedimenti obično se sastoje od uglastih fragmenata dolomita, koji su veličine od 5 do 50 mm. Zaobljeni šljunak se rijetko susreće. I u kanalima se uglavnom nalazi materijal sa zaobljenim rubovima, rijetko koji posve zaobljeni. Uz to mogu se vidjeti i velike stijene koje karakteriziraju veće dvorane kao što su Bärenhalle, Fledermausdom, Leopoldsdome<sup>37</sup> ili Verteilerhalle<sup>38</sup>.

## Sinter i sigaste tvorevine

---

<sup>32</sup> Jezero 10 eura

<sup>33</sup> Dvorana šišmiša

<sup>34</sup> Fontana mladosti

<sup>35</sup> Mrtvo gorje

<sup>36</sup> Kanal Cvjetnice

<sup>37</sup> Leopoldova dvorana

<sup>38</sup> Dvorana distributera

Sinter je nova tvorevina minerala koji se talože iz tekuće vode. U špiljama u kršu kao što je špilja Gassel, to je uglavnom sinter (kalcit) koji se može naći u najrazličitijim oblicima. Stalaktiti su daleko najčešći. Sve do otkrića područja Neuer Teil 1984. godine, dvorana Kanzelhalle se smatrala dijelom špilje s najviše stalaktita. Ali tada su otkriveni dijelovi špilje koji su ostavili znatno raskošniji utisak te su pronađeni recentniji oblici nego ovi prethodni. Otkrića nakon 2007. zasjenjuju čak i veći dio toga (Fink et al. 2008; Mattes 2012a/b).

Veličina pojedinih oblika i njihova enormna gustoća su predstavljali nova otkrića. Oni se mogu opisati kao najzanimljiviji dijelovi u dvoranama Sintervulkanhalle, Déjà-Vu, Aprilscherzhalle<sup>39</sup> i Weyprecht. Tu spadaju, primjerice, Gefährten<sup>40</sup>, stalagmiti visoki 5 m, Halbschuhindianer<sup>41</sup>, stalaktitni stup visok 11 m i širok 6 m (oba u dvorani Aprilscherzhalle) ili Elfenbeinturm<sup>42</sup> u dvorani Sintervulkanhalle visine od 7,5 m (sl. 3).

Dok se stalaktiti formiraju na točkama kapanja, rjeđi je slučaj da otjecanje vode protječe u obliku linije na stropu. Na takvim točkama formiraju se zavjese od sintera. Debljine su oko jedan centimetar i obično tvore zakrivljene zavjese kroz koje prolazi svjetlo (sl. 4).

Sve su češći dijelovi špiljskih prostorija koji su prekriveni uglavnom tankim slojem sintera. Ovi saljevi također povremeno stvaraju tvorevine u obliku malih kuglica, koje se nazivaju biserima. Dolazi i do pojave kamenica. U dvorani Dom der Provisorien pronađena je posebno masovna tvorevina, gdje je dno kanala obloženo slojem sintera 1 dm koji podsjeća na stvrđuto korito.

Sl. 3: Elfenbeinturm u dvorani Sintervulkanhalle. Stalaktitni stup visok je 7,5 m i ima promjer oko 1 m. Foto: Dietmar Kuffner

No, pronađeni su i mali oblici dosad nepoznati u špilji. Excentriques, tj. sinterirani oblici čiji rast nije uzrokovan gravitacijskom silom mogu se naći između ostalog u dvorani Halle der Exzentriker, dvorani Schatzkammer<sup>43</sup> ili u oknu Calimero (sl. 5.6). Oblici formirani pod vodom uključuju kristale kalcita i takozvane "pool fingers"<sup>44</sup>, koji su tek posljednjih godina zadobili pozornost znanstvenika. Špilja Gassel jedno je od rijetkih takvih nalazišta za koje se zna da

---

<sup>39</sup> Dvorana prvoapriilske šale

<sup>40</sup> pratioci

<sup>41</sup> Indijanci u opankama

<sup>42</sup> Kula od bjelokosti

<sup>43</sup> riznica

<sup>44</sup> Sige u bazenima ispunjenim vodom

postoje na europskom tlu. Do nastanka ovih oblika dolazi djelovanjem bakterija. Bakterijska vlakna koja vise na rubu vodenog bazena postupno se prekrivaju sinterom i oblikuju fosilne "pool fingers". U dvoranama Sintervulkanhalle i Qualitätssicherung oni dosežu značajnu duljinu od više od 50 cm. (Mattes 2010) (sl. 7-9)

Još jedna senzacija bila je dvorana Perlenhalle<sup>45</sup>, otkrivena 1984. godine. Špiljski biseri na dnu okna također su sinter oblici. Sinter se taloži u slojevima oko središnje jezgre. To je najčešće zrnce pijeska. Zbog neprestanog kapanja sa stropa špilje špiljski biseri oblikuju se u kuglice. Uz tisuće bisera promjera od 3 do 10 mm u Perlenhalle nalazi se i sedam velikih bisera, od kojih najveći ima presjek od 38 mm, što ga čini jednim od najvećih primjeraka ikada pronađenih u Austriji. Također je značajno da neki od velikih bisera imaju geometrijski skoro savršeni oblik kugle (Kuffner, 1997). Nakon 2008. špiljski biseri pronađeni su i u dvoranama Déjà-Vu, Payerdom, Wasserschacht i Weyprechthalle (Mattes 2012) (sl. 10.).

Paleta boja sinterskih formacija kreće se od čistih bijelih preko žuto-smeđih do crvenkasto-smeđih tonova. Obojenost je posljedica unošenja materijala tijekom stvaranja sintera (Gillieson 1996: 128). Općenito su to najsitnije komponente pokrova tla koje su se s površine procijedile u špilju. Još nema dokaza o obojenosti uzrokovana elementima u tragovima koji su ugrađeni u kristalnu rešetku. Treća vrsta bojenja posljedica je ulaska organskih tvari, osobito huminskih kiselina. Takvi sinteri su obično svijetložute boje i prilično su rijetki. Niz takvih formacija može se pronaći u kanalu Gelber Gang<sup>46</sup> špilje Gassel, ali i u dvorani Sintervulkanhalle (sl. 11). Manje su rijetke bijele sinterske formacije. Potpuno su bez primjesa i predstavljaju procese stvaranja sintera koji se trenutno odvijaju u špilji Gassel.

Jedinstvenost sinterskih formacija i posebno interes za njihovo očuvanje čine nužnim smanjiti broj posjeta već dokumentiranim dijelovima špilje što je više moguće. Dok je u dvorani Sintervulkanhalle uobičajena praksa da svaki sudionik pri svakom posjetu obavezno promijeni odjeću (odijelo, cipele, rukavice), to nije slučaj u drugim dijelovima špilje, posebno u dvoranama Sinterwalldom, Kamillus ili Aprilscherzhalle, gdje je to zbog tijesnog ispreplitanja naslaga sintera i gline teško moguće. Turistički posjeti špilji su stoga uvelike ograničeni.

---

<sup>45</sup> Biserna dvorana

<sup>46</sup> Žuti kanal

Kao dio projekta datiranja formacija sintera na Sveučilištu u Innsbrucku, od 1995. godine provodi se opsežno datiranje uranom i torijem, što pokazuje važnost špilje kao važnog klimatološkog arhiva. (Offenbecher 2004; Spötl et al. 2007)

Obilje sinterskih formacija još je značajnije u usporedbi sa susjednim špiljskim područjima kao što su Höllengebirge ili Totes Gebirge, jer se tamo pojavljuju gotovo isključivo kao više ili manje uništeni ostaci dovršene faze formiranja i zbog toga su relativno rijetke. Za razliku od toga, u špilji Gassel se u većoj mjeri odvija recentno stvaranje sintera. Najvažnije karakteristike špilje Gassel za razliku od tih područja su:

1. niska nadmorska visina špilje između 1.115-1.245 m; većina špilja u susjednim Vapnenačkim visokim Alpama je viša.
2. Povezano gusto tlo i vegetacijski pokrov koji je prekinut samo s nekoliko strmih stjenovitih područja, i
3. Položaj špilje u Glavnom dolomitu koji za razliku od vapnenca pokazuje drugačiji proces otapanja.

Sl. 4: Sinterska zavjesa u Sintervulkanhalle. Fotografija: Helmut Mohr

Sl. 5: Excentriques u Schatzkammeru<sup>47</sup>. Fotografija: Werner Haupt

Sl. 6: Excentriques u Nordostpassageu. Fotografija: Helmut Mohr

Sl. 7: "Pool fingers" u kanalu Tiefseekluft<sup>48</sup>, pokraj stoji Wilfred Mohr. Fotografija: Helmut Mohr

Sl. 8: Neimenovano jezero u istočnom dijelu dvorane Aprilscherzhalle. Ispod površine vode jasno se vide "pool fingers".

Sl. 9: Stalaktiti i sinter bazena u dvorani Sintervulkanhalle. Na površini vode prema sredini bazena raste takozvani shelfstone<sup>49</sup>.

Sl. 10: Špiljski biseri u Perlenhalle. Promjer cca 37 mm.

---

<sup>47</sup> riznica

<sup>48</sup> Procjep u dubokom moru

<sup>49</sup> polica

Sl. 11: Jarko žuti stalagmiti u kanalu Gelber Gang. Sve fotografije na ovoj stranici: Helmut Mohr

## Špiljski zrak i protok zraka u stalaktitnoj špilji Gassel

Christoph Spötl, Karl-Heinz Offenbecher

### Uvod

Kada uđete u špilju, obično osjetite značajnu promjenu u usporedbi s vanjskim zrakom: špiljski je zrak vlažan i hladan. Mjerenja pokazuju da zrak unutar špilja sadrži značajno više ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i radona (Rn) nego atmosfera izvan špilje. Nadalje, špiljski zrak, uz nekoliko iznimaka, ima manje prašine i sadrži daleko manje čestica. Još jedna razlika između atmosfere koju udišemo i zraka u planinama leži u vremenskoj dinamici: dok temperatura u Austriji, na primjer, pokazuje fluktuacije do oko 50°C tijekom dana ili godine, u unutrašnjosti špilja su uglavnom u rasponu od nekoliko desetinki stupnja. (Spötl & Pavuza 2016)

Ipak kroz špiljske prolaze, čak i stotinama metara udaljene od ulaza, struji zrak iz atmosfere izvan špilje i stoga de facto nema opasnosti da zrak u udaljenom dijelu špilje sadrži premalo kisika. Međutim, intenzitet te izmjene plinova varira tijekom godine i ovisi o geometriji špilje. Špilje s dva ili više ulaza obično imaju dobru ventilaciju (ova riječ, preuzeta iz jezika rudara, opisuje ventilaciju špilje odnosno špiljski sustav). Ako su ulazi raspoređeni na različitoj nadmorskoj visini koja seže više stotina metara, a izvan špilje vladaju ekstremni (vrlo hladni ili vrući) uvjeti, izmjena zraka s atmosferom u takvim špiljskim sustavima dovest će do jakih špiljskih vjetrova. Tada se na uskim grlima može stvoriti brzina vjetra veća od 100 km/h.

Drugačija je situacija u špiljama sa samo jednim ulazom. Tamo je kretanje zraka slabo i može čak dovesti do stvaranja ledenih čepova ili sezonske stagnacije u vertikalnim speleološkim objektima.

Prema dosadašnjem stanju istraženosti, špilja Gassel ima samo jedan ulaz, onaj koji koriste i posjetitelji izložbenog dijela špilje. Osim toga, više od 6 km dug sustav vrlo je razgranat i ima niz uskih grla. Iz tih razloga u ovoj špilji postoji slaba ventilacija. Slab špiljski vjetar može se

osjetiti samo na uskim grlima i u vrijeme velikih temperaturnih razlika između vanjskog i špiljskog zraka.

## Odvijanje mjerenja

U špilji Gassel tijekom nekoliko godina mjereni su neki parametri špiljskog zraka, dijelom automatski, a dijelom ručno (sl. 1) (tab. 1).

Tab. 1: Pregled mjernih mjesta, parametara i razdoblja mjerenja

Mjerna točka	Parametar	Razdoblje mjerenja
Gasselhütte	Vanjska temperatura zraka	od srpnja 2001. do srpnja 2006.
Preddvorana na početku	Temperatura špiljskog zraka	Od svibnja 2001. do travnja 2009.
Dvorana Säulenhalle	Temperatura špiljskog zraka	Od kolovoza 1998. do srpnja 2006.
Dvorana Brückenhalle	Temperatura špiljskog zraka	Od studenog 1999. do ožujka 2003.
Dvorana kleine Tropfsteinhalle	Temperatura špiljskog zraka	Od studenog 1999. do ožujka 2003.
Kanal Pollanschützgang	Temperatura špiljskog zraka	Od studenog 1999. do kolovoza 2003.
Dvorana Sintervulkanhalle	Temperatura špiljskog zraka	Od svibnja 2008. do listopada 2014.
Dvorana Kamillushalle	Temperatura špiljskog zraka	Od svibnja 2008. do lipnja 2012.
Dvorana Kanzel	Sadržaj ugljičnog dioksida	2-mjesečni ciklus između

		svibnja 2001. i kolovoza 2003.  (osim tijekom zimskih mjeseci)
--	--	--

Osim toga, između svibnja 2001. i rujna 2003. uzeti su sa šest lokacija uzorci vode te su hidrokemijski analizirani (Offenbecher 2004) (Tab. 2):

Tab. 2: Pregled mjesta uzorkovanja u špilji Gassel.

Špiljski dio	Mjesto uzorkovanja
Dvorana Hofinger	mali špiljski potok kao i nakapnica
Dvorana Wasserhalle	mali vodopad
Kanal Pollanschützgang	mali špiljski potok
Dvorana Perlenhalle	Nakapnica na tlu
Dvorana Kleine Tropfsteinhalle	mali bazen za vodu u spojnom dijelu

## Serijska mjerenja

U prvim desecima metara špilje Gassel još se može jasno prikazati sezonski hod vanjske temperature (sl. 2). U predvorju na početku stubišta mjerni uređaj pokazuje gotovo sinusoidnu krivulju temperature koja odražava godišnja doba: No, ovdje se najniže temperature ne postižu sredinom zime, već, ovisno o vremenskim prilikama u danoj godini, samo između kraja siječnja i početka travnja. Ove minimalne vrijednosti su prilično stabilne i, ovisno o godini, u prosjeku iznose +4,6 do +4,9° C. Iz ovoga bi se dalo zaključiti da u prednjem dijelu špilje nikada ne dolazi do smrzavanja, čak ni usred zime. No, to nije tako, o čemu svjedoče ledeni stupovi pronađeni usred zime na ulazu iza rešetaka i u Bärenhalleu. U ovom trenutku je sasvim očito da vrlo hladan vanjski zrak struji blizu tla u turistički dio, dok znatno topliji i temperaturno postojani špiljski zrak struji u suprotnom smjeru blizu stropa (gdje je također postavljen mjerni



uređaj). Ovo je dominantno strujanje zraka (tj. prema izlazu iz špilje) tijekom kasne zime/ranog proljeća.

Situacija za vrijeme toplog godišnjeg doba je drugačija: otprilike od početka svibnja temperatura zraka u dvorani Vorhalleu<sup>50</sup> stalno raste (sl. 2). Temperaturni maksimum se doseže krajem kolovoza/početkom rujna, da bi potom opet postojano opadao. Rastuća grana temperature ima znatno veću amplitudu od opadajuće. Razlog tome leži u smjeru kretanja zraka: u razdoblju od svibnja do kolovoza topli vanjski zrak ulazi u špilju i dvoranu Vorhalle “osjeća” i kratkotrajne temperaturne oscilacije općih vremenskih prilika. Nasuprot tome, ovo područje špilje u blizini ulaza nije pod utjecajem vanjskog zraka otprilike od kraja listopada, jer je kretanje zraka općenito usmjereno prema van (sl. 2).

Smjer strujanja zraka koji se mijenja sezonski može se stoga očitati iz promjene vrijednosti temperature u dvorani Vorhalle. Ovo također sugerira da vjerojatno postoje i drugi ulazi u sustav špilje Gassel, koji su sigurno dublji od trenutno poznatog ulaza. Trenutni ulaz se opisuje kao gornji ulaz u sustav kroz koji se špiljski zrak, koji je relativno topliji od vanjskog zraka i stoga manje gustoće, diže zimi i napušta sustav. Ne može se reći koliki je/su donji ulaz(i) i jesu li prohodni za speleologe. Moguće je da su to i uske pukotine i okna kroz koja puše vjetar.

Dugoročna mjerenja temperature nisu provedena u turističkom dijelu špilje; tek iz dvorane Säulenhalle u blizini okna Pergarschacht i dvorane Brückenhalle postoje serije mjerenja koja više ne pokazuju promjenu temperature po godišnjim dobima. Drugim riječima, temperatura zraka u ovom špiljskom području varira za manje od 0,1 do 0,2°C tijekom nekoliko godina. Srednja temperatura u dvorani Säulenhalle iznosi  $5,15 \pm 0,10^\circ \text{C}$  i unutar točnosti mjerenja identična je onoj u dvorani Brückenhalle ( $5,21 \pm 0,02^\circ \text{C}$ ).

Kao što se i očekivalo, ovaj stalni temperaturni režim nastavlja se dalje u špilju, s manjim sustavnim razlikama uočenim između viših i nižih područja. Dvorana Kleine Tropfsteinhalle<sup>51</sup> ( $5,36 \pm 0,10^\circ \text{C}$ ) i kasnije kanal Pollanschützgang ( $5,36 \pm 0,10^\circ \text{C}$ ) minimalno su hladniji od dvorane Sintervulkanhalle ( $5,64 \pm 0,03^\circ \text{C}$ ) koja se nalazi cca. 80 m više. Vrijednost u dvorani Kamillushalle nešto je niža od dvorane Sintervulkanhalle te se nalazi negdje između ( $5,45 \pm 0,02^\circ \text{C}$ ).

---

<sup>50</sup> Dvorana Predvorje

<sup>51</sup> Mala dvorana špiljskih ukrasa

Čak i kada zbog prirode špilje nisu dostupna dugoročna mjerenja iz svih dijelova razgranate špilje, može se zaključiti da špiljski zrak iz okna Pergarsschacht više ne pokazuje promjenu temperature po godišnjim dobima i, ovisno o špiljskom dijelu, ima konstantnu temperaturu između 5,2 i 5,6° C uz mogući mali vertikalni toplinski gradijent.

Hodnici špilje Gassel protežu se na nadmorskoj visini od 1125 m (Pollanschützgang) do 1260 m nadmorske visine (Ostterritorium; sl. 1), odnosno tik iznad visine ulaza, koji je na 1.229 m. Na ovoj nadmorskoj visini dugoročna prosječna godišnja temperatura vanjskog zraka iznosi oko 5,5-5,7° C (Spötl & Pavuza 2016). Dakle, serija mjerenja iz špilje Gassel udžbenički potvrđuje da špiljski zrak u dijelovima alpskih špilja daleko od ulaza ima istu temperaturu kao i dugogodišnji prosjek vanjskog zraka.

Nije dostupno mnogo podataka o sadržaju CO<sub>2</sub> u špiljskom zraku. Od svibnja do listopada mjerenja su vršena mjernim uređajem u Kanzelu, uvijek izvan vremena za posjetitelje. Mjerenja su pokazala između oko 370 i 580 ppm. Ove vrijednosti odgovaraju atmosferskom sadržaju (u to vrijeme nešto ispod 400 ppm) ili su samo malo veće od ovoga.

U dvorani Kamillushalle razina CO<sub>2</sub> mjerena je kroz dulje vremensko razdoblje. U ovom dijelu špilje daleko od ulaza zimske vrijednosti bile su oko 1000 ppm, dok su ljeti bile otprilike duplo veće. Ova sezonska razlika objašnjava se povećanim unosom CO<sub>2</sub> iz tla u krš tijekom vegetacije.

**Njemački izvornik**  
**Deutscher Ausgangstext**

# Speläologie – eine Brücke zwischen den Kulturen des Wissens

Johannes Mattes

## Grenzen in der Wissenschaft – Grenzen im Denken?

Wissenschaft ohne Grenzen ist undenkbar. Fragestellungen zu umgrenzen und aufzugliedern, Forschungsgebiete ein- oder abzugrenzen und dabei zwischen Wissen, Pseudo- und Nichtwissen zu differenzieren, zählen zu wesentlichen Charakteristika wissenschaftlichen Denkens. Diese unterschiedlichen Praktiken der Abgrenzung werden dabei in inhaltlicher, sozialer und räumlicher Dimension wirksam: So werden z.B. inhaltliche Grenzen und Übergangszonen zwischen Disziplinen – wie auch diese selbst – beständig neu ausverhandelt. Hierarchische Wissensordnungen spiegeln sich häufig in der sozialen Gliederung der Wissensträger wider. So stand etwa im 19. Jhd. der Einteilung von Fundstücken in drei Klassen, die u.a. über deren Verteilung an National-, Landes- oder Heimatmuseen entschieden, auch eine Abstufung der Museumskustoden in drei (Dienst-)klassen gegenüber. Zudem werden bei der Institutionalisierung wissenschaftlicher Forschungsfelder auch Einrichtungen geschaffen, die nicht nur Begegnungszonen und Transferbereiche bieten, sondern durch die Exklusivität ihres Zugangs auch ausgrenzen.

Spricht man heute mit Naturwissenschaftlern, werden nicht selten die Grenzen der eigenen Disziplin durch die Bedingungen des Untersuchungsgegenstands erklärt und deshalb als naturgegeben angenommen. Genau das Gegenteil ist aber der Fall: Grenzlinien zwischen wissenschaftlichen Fächern sind wie auch diese selbst im Laufe der Geschichte einem ständigen Wandel unterworfen, verschieben sich und formen

Übergangszonen, wo Inhalte in andere Kulturen des Wissen übersetzt werden. So wie der Begriff des Wissenschaftlers im englischen Sprachraum erstmals 1833 verwendet wurde, begannen sich auch wissenschaftliche Disziplinen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit im Laufe des 19. Jhdts. zu formieren. Damit waren oft Institutsgründungen, die Ausbildung fachspezifischer Begriffe, Forschungsmethoden, Theorien, die Schulung wissenschaftlichen Nachwuchses und die Ausgrenzung von Forschern ohne akademische Ausbildung verbunden.

Dass es dabei auch um Ressourcen ging, liegt auf der Hand. Die Etablierung neuer Forschungsrichtungen als akademische Disziplinen an Universitäten schmälerte den finanziellen Anteil am Gesamtbudget, veränderte das akademische Prestige ganzer Forschungszweige und ihrer namhaften Vertreter, sodass etablierte Disziplinen nicht selten erheblichen Widerstand gegen solche Grenzverschiebungen leisteten. Besonders kompliziert gestaltete sich die Situation in Fächern wie der Geografie, die durch ihre spezifische Gliederung in Human- und Physische Geografie selbst am Schnittpunkt der Geistes- und Naturwissenschaften liegt, oder in synthetischen Forschungsfeldern wie der Biologie, die u.a. Fächer wie Botanik und Zoologie umfasst. So auch die Höhlenkunde, die letztlich daran scheiterte, sich dauerhaft als akademische Disziplin zu positionieren. Der international einzige Lehrstuhl für Höhlenkunde an einer Universität bestand lediglich in Wien zwischen 1929 und 1938.

### Johannes Mattes

Österreichische Akademie  
der Wissenschaften  
Doktor-Ignaz-Seipel-Platz 2, 1010 Wien  
johannes.mattes@oeaw.ac.at

### Höh(l)enluft und Wissensraum

Die Gassel-Tropfsteinhöhle  
im Salzkammergut zwischen  
Alltagskultur, Naturkunde und  
wissenschaftlicher Forschung  
(hrsg. v. J. Mattes & D. Kuffner),  
Denisia 40, 2018: 261–268.

## Die soziale Brückenfunktion der Höhlenkunde

Höhlenforschung ohne Teamarbeit ist unvorstellbar. Heute wie vor 100 Jahren erleichtert die Arbeitsteilung innerhalb einer Forschergruppe die Dokumentation neu entdeckter Höhlenteile. Ein Mitglied der Gruppe vermisst, ein anderer Forscher kartiert, ein dritter studiert die Geomorphologie des Objekts und ein vierter sammelt z.B. Höhlentiere und kümmert sich um ihre zoologische Bestimmung.

Auch Adolf Schmidl, Reiseschriftsteller und leitender Verwaltungsangestellter der Akademie der Wissenschaften in Wien, versammelte in seiner „Höhlenkunde des Karstes“ (1854) – der ersten modernen, monografischen Gesamtdarstellung eines Höhlengebiets – Aufsätze von Fachleuten aus der Botanik, Entomologie und Geologie. Der von Schmidl (1850) in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien erstmals systematisch gebrauchte Begriff „Höhlenkunde“ wurde später aus dem Deutschen in andere Sprachen übertragen. Alle Autoren, die an Schmidls Höhlenkunde mitwirkten, hatten etwas gemeinsam: Keiner von ihnen hatte zum Publikationszeitpunkt eine feste wissenschaftliche Anstellung an einer Universität inne, z.T. hatten sie sich sogar habilitiert und verdingten sich in ihrem Brotberuf als Lehrer oder leitende Verwaltungsangestellte. Präkäre Arbeitsverträge gab es in der Wissenschaft nicht nur heute, sondern auch im 19. Jhd., als in der zunehmend disziplinär organisierten Forschungslandschaft das Leben als Wissenschaftler von der Berufung zum Beruf wurde und an Disziplinargrenzen positionierte Gelehrte zunehmend marginalisiert wurden. Viele von ihnen fanden in den ab 1860 gegründeten naturkundlichen Vereinen neue Betätigungsfelder, welche nach dem Vorbild von Alexander von Humboldts umfassendem Werk „Der Kosmos“ eine ganzheitliche Naturbetrachtung favorisierten und die in akademischen Kreisen entstandene Grenze zwischen Forscher und Untersuchungsobjekt aufhoben.

Es ist nicht verwunderlich, dass 1879 in den naturkundlichen Zirkeln der Haupt- und Residenzstadt Wien der weltweit erste höhlenkundliche Verein ins Leben gerufen wurde. Bei dessen Veranstaltungen trafen

nicht nur Lehrer, Alpinisten, Naturliebhaber, Künstler und Autodidakten aus unterschiedlichsten Kulturen des Wissens zusammen, sondern auch junge, etablierte Naturwissenschaftler, die an der Verbreitung ihrer Forschungsergebnisse und einer Einbindung des Bildungsbürgertums in den wissenschaftlichen Diskurs interessiert waren. Dass es bei allen Gemeinsamkeiten auch deutliche Interessensunterschiede zwischen beiden Gruppen gab, liegt auf der Hand. Waren universitäre Forscher vor allem auf der Suche nach fleißigen Datenerhebenden und kostengünstigen Mitarbeitern für ihre eigenen, der Karriere dienlichen Projekte, verfolgten die wissenschaftlichen Autodidakten oft ganz persönliche Ziele, welche sie durch die Bekanntschaft mit etablierten Naturwissenschaftlern schneller zu erreichen hofften. Viele der Höhlenforscher in diesen naturkundlichen und alpinen Vereinen, so auch der Wiener Fabrikantensohn und Privatier Franz Kraus, aber auch der Ebenseer Schlossermeister Franz Pergar, machten die Wissensvermittlung förmlich zu ihrer Berufung. Die Gründung von Schauhöhlen, der Aufbau höhlenkundlicher Ausstellungen und Sammlungen gehörten insbesondere in der ersten Hälfte des 20. Jhdts. zum gängigen Betätigungsfeld fachlicher Autodidakten. Wissenschaftliche Untersuchungen wurden wie am Beispiel des 1920 in dem auflagenstarken Magazin „Wiener Bilder“ veröffentlichten Berichts zur *Cassel-Tropfsteinhöhle* eingesetzt, um vor allem die Schauhöhle zu bewerben und ihre Unterschutzstellung voranzutreiben (N.N., 1920) (Abb. 1).

Als Vielschreiber, unermüdlich Vortragende, Reisende oder Zwischenhändler des Wissens schlugen Forscher wie Kraus oder Pergar Brücken, überquerten inhaltliche Grenzen, verknüpften unterschiedliche Wissensräume, Disziplinen, soziale Gruppen, Netzwerke und vermittelten zwischen lokalen, regionalen und globalen Kulturen. Damit erfüllten sie eine der zentralen Funktionen moderner Wissensgesellschaften. Sie verdichteten Wissen, gaben wichtige Impulse für die akademische Forschung und sorgten dafür, dass das in akademischen Zirkeln produzierte Wissen auch innerhalb der Ge-



sellschaft zirkulierte. So ist es auch nicht verwunderlich, dass die meisten österreichischen Universitäten erst ab dem Jahr 2000 die ersten Mitarbeiter für Öffentlichkeitsarbeit einstellten. Diese Funktion hatten früher u.a. naturkundliche Vereine und wissenschaftspopuläre Magazine wie „Petermanns Mitteilungen“ oder „Kosmos“ inne.

Im Fall der höhlenkundlichen Vereine kam hinzu, dass die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Kulturen des Wissens Schule machte und fachspezifische Handbücher wie Franz Kraus' „Höhlenkunde“ (1894), Édouard-Alfred Martels „Les Abîmes“ (1894) oder William Boyd Dawkins' „Cave Hunting“ (1874) Ergebnisse dieses Prozesses waren.

### Speläologie als Gruppenwissenschaft

Im Zuge der staatlichen Institutionalisierung der Höhlenkunde in Form der sogenannten Bundeshöhlenkommission (ab 1920) wurden auch die ersten wissenschaftstheoretischen Überlegungen zur Höhlenkunde angestellt. Kein geringerer als das wissenschaftliche Schwergewicht Richard von Wettstein, Vizepräsident der Akademie der Wissenschaften in Wien, verteilte in einer Grundsatzrede zur allgemeinen wissenschaftlichen Bedeutung der Höhlenkunde diese erstmals als synthetisches Forschungsfeld: „Wir sind ein kleiner Staat geworden und das hat naturgemäß eine Intensivierung des Interesses für das, was wir haben, zur Folge [...]. Wie es bei Disziplinen, welche zwischen den Grenzen anderer liegen, [...] so häufig der Fall ist, ist es zu einer selbstständigen Entwicklung der Speläologie [...] noch nicht gekommen. Die Speläologie ist nicht bloß eine wissenschaftliche Zwischendisziplin, sie ist vielmehr eine Gruppenwissenschaft.“ (Wettstein, 1921)

Auch Othenio Abel, späterer Rektor der Universität Wien, welcher das aus der *Drachenhöhle* bei Mixnitz geborgene Fundmaterial zum Sprungbrett für seine berufliche Karriere machte, unterstützte Wettsteins Verortung der Speläologie und prägte damit die bis heute zutreffende interdisziplinäre

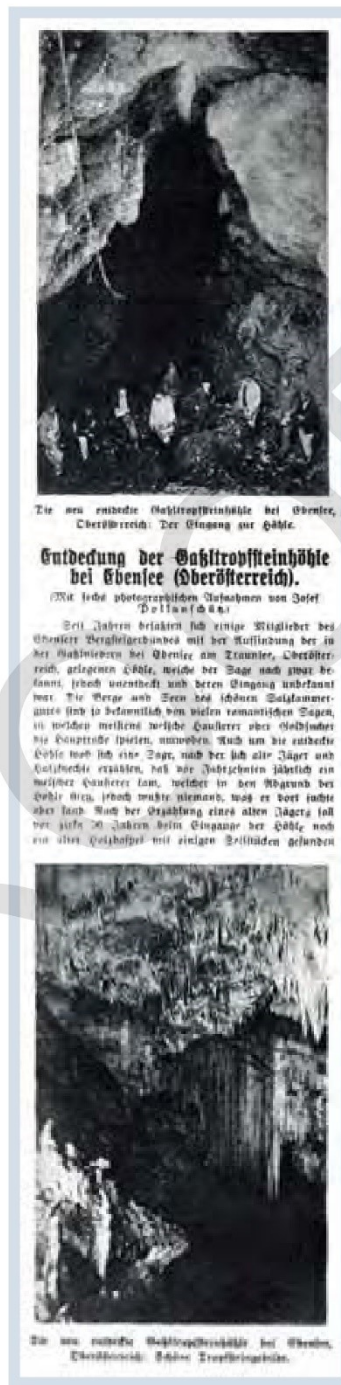


Abb. 1: Reich illustrierter Bericht der Entdeckung der *Gassel-Tropfsteinhöhle* und ihrer wissenschaftlichen Auswertung in der aufgabenstarken Zeitschrift „Wiener Bilder“ (1920).  
Foto: Johannes Mattes

linäre Zusammensetzung des Forschungsfelds: „Der Geologe und der Morphologe, der Petrograf und der Mineralchemiker, der Zoologe, der Botaniker und der Paläontologe, der Geograf und der Meteorologe, endlich der Anthropologe und der Prähistoriker haben die verschiedenen in ihren Forschungsbereich fallenden Probleme in Angriff genommen, die sich bei der wissenschaftlichen Erschließung von Höhlen ergaben. Zuletzt ist zu der Reihe dieser zahlreichen Gesichtspunkte, die bisher für die Erforschung der Höhlen maßgeblich waren, auch der des Wirtschaftspolitikers getreten, der die Ausfüllung der phosphorsäurereichen Höhlenausfüllungen in die Wege geleitet hat. [...] Wer die Geschichte der Naturwissenschaften aufmerksam verfolgt, wird finden, daß wirtschaftliche Fragen schon sehr oft zu einer Vertiefung und zum Ausbaue von wissenschaftlichen Disziplinen geführt haben, die dann ihrerseits wieder eine befruchtende Wirkung auf reine Wirtschaftsfragen auszuüben vermögen. [...] Die Erschließung der Drachenhöhle bei Mixnitz hat den in enger Gemeinschaft tätigen Forschern zum Bewusstsein gebracht, [...] daß die ganze, große Kette von Fragen sich zu einem geschlossenen Kreise vereinigt: [...] der Speläologie.“ (Abel, 1923)

Mit der Übernahme des französischen Begriffs „Speläologie“ war jedoch die gleichzeitige fachliche Abwertung der Höhlen-

forschung und ihrer Vertreter verbunden. Wie man in den akademischen Sitzungsprotokollen dieser Zeit nicht selten liest, wurden (Laien-)Forscher primär als Ressource betrachtet, die den Zielen der Wissenschaft dienstbar gemacht werden sollte, anstatt in „Touristik und Dilettantismus [zu] zerflattern“ (Menghin et al., 1928). Durch diese Abkoppelung von der höhlenkundlichen Vereinsbasis und entsprechenden politischen Schub aus antisemitischen und später nationalsozialistischen Kreisen gelang nach zahlreichen Versuchen schließlich die Berufung des Prähistorikers Georg Kyrle als außerordentlicher Professor auf die neu geschaffene Lehrkanzel für Höhlenkunde der Universität Wien, die sich entsprechend der fachlichen Herkunft des Lehrstuhlinhabers und dessen Förderers Othenio Abel vor allem mit Urgeschichte und Geologie/Paläontologie beschäftigte. Anders als heutige Verbands- und Vereinsvorsitzende, war Kyrle ein Mensch, an dessen Autorität nicht nur aufgrund seiner Korpulenz kein Vorbeikommen bestand. Wie man in seinem Nachruf betonte, kann sein Umgang mit wissenschaftlichen Laien oder akademischen Mitarbeitern durchaus als rau beschrieben werden: „Wer hat den Gewaltigen nicht einmal donnern gehört?“ (Weninger, 1938)

### Interdisziplinäre Forschungsfahrten in der Gassel-Tropfsteinhöhle

Besonders deutlich wurde diese überdisziplinäre Form der Zusammenarbeit in der höhlenkundlichen Forschungspraxis, sprich bei den insbesondere während der Zwischenkriegszeit unternommenen personalintensiven Höhlenexpeditionen (Mattes, 2016). Da es sich bei den Entdeckern der Gassel-Tropfsteinhöhle um Franz Pergar und den Mitgliedern des späteren Vereins für Höhlenkunde Ebensee weitgehend um Arbeiter oder nicht akademisch ausgebildete Vertreter des Bürgertums handelte, war man bei der wissenschaftlichen Dokumentation der Höhle weitgehend auf externe Fachleute angewiesen, die entweder selbst auf Einladung die Höhle besuchten oder/und denen man etwa Knochen- oder

zoologische Funde zukommen ließ. Nicht selten waren es auch Vertreter anderer höhlenkundlicher Vereine, die als Zwischenhändler fungierten und die in der Gassel-Tropfsteinhöhle gesammelten Funde entweder selbst bestimmten und/oder zur endgültigen Klärung an Fachleute naturwissenschaftlicher Museen oder Universitäten weiterleiteten.

Besonders hervorzuheben sind dabei zwei in den 1920er Jahren durchgeführte Expeditionen in die Gassel-Tropfsteinhöhle, welche an sich fächerübergreifend organisiert waren. Erstere war die von 29 Mitgliedern des Landesvereins für Höhlenkunde in Niederösterreich, vier Ebenseer Forschern und 50 Trägern aus Ebensee un-



ternommene dreitägige Expedition ins *Untere Horizontalsystem* der Höhle (Hofmann-Montanus, 1948) (Abb. 2). Die Expedition war klar hierarchisch gegliedert. Neben Abteilungen, die für die Erforschung von Neuland, Vermessung, Planaufnahme und Kommunikation zuständig waren, wurde jeweils eine wissenschaftliche Gruppe mit Geomorphologie, Paläontologie, Hydrografie, Meteorologie, Zoologie und Botanik betraut.

Dass die Einbeziehung auswärtiger Fachleute durchaus mit Hierarchien verbunden war, zeigt die Verwendung der „*Ebenseer Herrn*“, welche lediglich als „*Lampisten und technische Bereitschaft eingeteilt waren*“ (Landesverein für Höhlenkunde in Niederösterreich, 1924). Auffallend ist, dass selbst die bei der Befahrung des *Wasserschachts* teilnehmenden Frauen nicht in den anschließend publizierten Zeitungsberichten erwähnt und z.T. sogar im *Pergarschacht* zum Teekochen eingesetzt wurden. Wissenschaftliche Tätigkeit war nach dem zeitgenössischen Verständnis eine primär männliche Angelegenheit.

Die zweite personalintensive Expedition in die *Gassel-Tropfsteinhöhle* fand 1925 im Zuge der Tagung des Hauptverbands deutscher Höhlenforscher in Ebensee statt, in deren Rahmen „*bei genauer Arbeitsteilung neben einer tachymetrischen Vermessung sämtliche höhlenkundliche Daten genauestens fixiert und dadurch alle einschlägigen Grundlagen zur erschöpfenden wissenschaftlichen Bearbeitung gelegt*“ wurden (N.N., 1925a). Konkret hatte eine Gruppe die kartografische und geologische Aufarbeitung der Höhle übernommen, während eine zoologisch-paläontologische Abteilung in der *Bärenhalle* Grabungen angestellt hatten und dabei auf zahlreiche Knochenfundstücke gestoßen war (N.N., 1925b). Der noch in einem Bericht von Benno Wolf (1925) gestellte Befund von Höhlenbären-Knochen konnte bei der aktuellen Analyse des erhaltenen Fundmaterials allerdings nicht bestätigt werden (siehe Beitrag von Doris Döppes in diesem Bd.). Die auf Drängen von Pergar schließlich 1926 von Béla Markovits, dem stv. Leiter der Forschungsfahrt von 1924, herausgegebene Publikation ist ein Beispiel für die Mittlerfunktion der Höhlenkunde. Das acht Seiten dünne Heft



fasste zwar die Ergebnisse beider Expeditionen zusammen, war aber alles andere als ein wissenschaftlicher Text. Er setzte kein Vorwissen des Lesers voraus und sollte dadurch vor allem einem Zweck dienen: Der Bewerbung der *Gassel-Tropfsteinhöhle* als Schauhöhle, für die Pergar überhaupt die honorigen Herrschaften aus ganz Deutschland und Österreich in die südliche Traunsee-Gemeinde gelockt hatte (Abb. 3).

Abb. 2: Forscher auf einem Felsblock im *Leopoldsdorn*. Expedition des Landesvereins für Höhlenkunde in Niederösterreich vom 14. bis 16. November 1924 in die *Gassel-Tropfsteinhöhle*.  
Foto: Ralf Thym



## Neue Ressourcenkonstellationen

Die institutionelle Eingliederung der Höhlenkunde in den nationalsozialistischen Machtapparat führte nach 1945 auch zu einer Neustrukturierung der fächerübergreifenden Zusammenarbeit. Der Lehrstuhl an der Universität und damit die fachliche Vorrangstellung der Urgeschichte und Geologie/Paläontologie waren verloren gegangen. Der durch verstärkte Auslandskontakte und Gründung der „Union Internationale de Spéléologie“ vorangetriebenen Internationalisierung des Forschungsfeldes ging eine Entpolitisierung des Vereinslebens einher.

In den neu gegründeten Vereinen kamen alle sozialen und politischen Gruppen zusammen, ehemalige Nationalsozialisten,

Vertreter aus Groß- und Kleinbürgertum und Kinder von Arbeiterfamilien. Eine Aufarbeitung der problematischen Einbindung weiter Kreise der Höhlenkunde in das NS-Regime wurde dadurch natürlich unterlassen. Den trennenden Erfahrungen der Zwischenkriegszeit setzte man ein neues Verständnis des Forschungsfeldes entgegen, das alle Themen einschloss, die sich mit Karst- oder Höhlenkunde beschäftigten. Der Umstand, dass führende Figuren in der Höhlenforschung der Nachkriegszeit nicht aus dem akademischen Milieu stammten, führte zwar zu einer hierarchiefreieren Forschungspraxis, aber zu einer geringeren Präsenz der Höhlenkunde im akademischen Milieu. Der Umstand, nicht an einer Universität institutionalisiert zu sein, brachte aber nicht nur Nachteile wie z.B. unstete Finanzierung mit sich. Dafür konnte man weitgehend unabhängig von politischer Einflussnahme, Konkurrenz und Leistungsdruck fächerübergreifend zusammenarbeiten, verglichen mit der heutigen Wissenschaftspraxis unvorstellbar.

Seit 2000 ist nach personellen Wechseln in den Verbands- und Vereinsleitungen wieder eine zunehmende Akademisierung der höhlenkundlichen Forschungslandschaft bemerkbar, die sich in der Dominanz einzelner Fachdisziplinen und als Folge auch in der inhaltlichen Gestaltung der Zeitschriften-Reihen widerspiegelt. Während immer weniger (Laien-)Forscher sich an einer sorgfältigen Höhlendokumentation beteiligen, werden in den Publikationsorganen zunehmend Artikel abgedruckt, denen nur mehr ein kleiner Teil der Leser inhaltlich folgen kann. Es ist die Aufgabe zukünftiger Höhlenforscher, sich mit der zunehmenden inhaltlichen, sozialen und methodischen Kluft in der Forschungspraxis von (Laien-)Forschern und akademischen Spezialisten auseinanderzusetzen und neue Brücken zwischen den unterschiedlichen Kulturen des Wissens zu bauen.

Abb. 3: Titelblatt der ersten selbstständigen Publikation (1926) zur Gassel-Tropfsteinhöhle, welche aus den Ergebnissen der Expeditionen von 1924 und 1925 hervorgegangen ist.  
Foto: Johannes Mattes



## Literatur

- Abel, O. (1923): Die Gründung der Speläologischen Gesellschaft in Wien. – Speläologisches Jahrbuch, 4(1/2): 1-13.
- Dawkins, W.B. (1874): Cave hunting. Researches on the evidence of caves respecting the early inhabitants of Europe. – London (Macmillan & Co.).
- Hofmann-Montanus, H. (1948): Berge einer Jugend. – Wien (Verlag der Österreichischen Bergsteiger-Zeitung).
- Kraus, F. (1894): Höhlenkunde. Wege und Zweck der Erforschung unterirdischer Räume. Mit Berücksichtigung der geographischen, geologischen, physikalischen, anthropologischen und technischen Verhältnisse. – Wien (C. Gerold's Sohn).
- Landesverein für Höhlenkunde in Niederösterreich (1924): Freitag d. 14. bis Sonntag d. 16. November 1924, Gasslhöhle. (2 S., Manuskript, Tourenbuch des Landesvereins für Höhlenkunde in Niederösterreich). – Archiv des Landesvereins für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich.
- Markovits, B. (Hrsg.) (1926): Ein Ausflug in die Gaßl-Tropfsteinhöhlen bei Ebensee. – Gmunden (Salzkammergut-Druckerei).
- Martel, É.-A. (1894): Les Abîmes. Les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spéléologie. Explorations souterraines effectuées de 1888 à 1893 en France, Belgique, Autriche et Grèce. – Paris (Charles Delagrave).
- Mattes, J. (2016): Going Deeper Underground. Social Cooperation in Early Twentieth-Century Cave Expeditions. – In: Klemun, M. & Spring, U. (Hrsg.): Scientific Expeditions as Experiments: 163-186, London, New York, Melbourne (Palgrave & Macmillan).
- Menghin, O., Versluys, J. & Oberhammer, E. u.a. (1928): Kommissionsbericht über den Antrag Dr. Georg Kyrle zum ao. Professor f. Höhlenkunde zu ernennen (Typoskript, 4 S.). – In: Archiv der Universität Wien, Personalakt Georg Kyrle.
- N.N. (1920): Die Entdeckung der Gaßltropfsteinhöhle. Mit sechs photographischen Aufnahmen von Josef Pollanschütz. – Wiener Bilder, 4.4.1920: 6-7.
- N.N. (1925a): Entdeckung großer Höhlen im Totengebirge. – Linzer Volksblatt, 22.9.1925: 4.
- N.N. (1925b): Die Höhlenforschertagung im Salzkammergut. – Linzer Tagespost, 12.9.1925: 6.
- Schmidl, A. (1850): Beitrag zur Höhlenkunde des Karst. – Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, 5: 446-479.
- Schmidl, A. (1854): Zur Höhlenkunde des Karstes. Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas. Mit Beiträgen von Alois Pokorny, Johann Rudolph Schiner und Wilhelm Zippe. – Wien (Braumüller).
- Wettstein, R. v. (1921): Die allgemeine wissenschaftliche Bedeutung der Speläologie. – Berichte der staatlichen Höhlenkommission, 2(3/4): 109-113.
- Weninger, J. (1938): Georg Kyrle – Worte des Gedenkens. – Mitt. der Anthropologischen Gesellschaft in Wien, 68: 1-8.
- Wolf, B. (1925): Oberösterreich. Gassltropfsteinhöhle. – Mitt. über Höhlen- und Karstforschung, 3(3): 98-99.



# Entstehung und Entwicklung der Gassel-Tropfsteinhöhle

Dietmar Kuffner

## Anlage der Höhle

Die *Gassel-Tropfsteinhöhle* liegt im Hauptdolomit, der östlich des Traunsees vor allem um den Gasselkogel und den Hochkogel verbreitet ist. Sie ist die einzige Riesenhöhle in dem östlich der Traun gelegenen Teil der Voralpen, was umso bedeutender ist, als Gebiete im Dolomit allgemein als eher höhlenarm gelten (Pavuz, 2007). Eine Schichtgrenze zum Wettersteinkalk, wie sie Bock (1930) im *Unteren Horizontalsystem* angibt, konnte bisher nicht verifiziert werden.

Hauptdolomit ist eigentlich gut verkarsungsfähig, er ist aber extrem feinklüftig und das bewirkt, dass sich das Karstwasser gleichmäßig im Gesteinskörper verteilt und sich keine bevorzugten Abflussbahnen herausbilden können (Pavuz & Traindl, 1983). Die bekannten Höhlen im Dolomit sind deshalb durchwegs an kleinräumige tektonische Störungen gebunden.

## Gangverlauf und Tektonik

Im Rosendiagramm (Abb. 1) ist die Verteilung der Messzuglängen in 10°-Intervallen dargestellt. Diese Methode ermöglicht eine Näherung an die tatsächliche Kluffverteilung im Gebirge. Während das Gesamtsystem sich in NNE-Richtung erstreckt, ist diese Richtung bei den Gängen selbst kaum vertreten. Es zeigt ein für die Nördlichen Kalkalpen typisches Muster mit einem dominierenden NE-SW System, das der die Landschaft beherrschenden KLT-Störung (siehe S. 23-24) folgt und einem

Das gesamte Höhlensystem weist auf einer Grundfläche von 300 mal 180 m eine NNE-Erstreckung auf. Es liegt damit zum Teil unter der S-Abdachung, größtenteils aber unter der NE-Abdachung des Gasselkogels zum äußeren Karbach hin und erstreckt sich in Richtung des Müllnerkögerls, den nördöstlichsten Gipfel des Gasselkogels.

Die Gesteinsüberdeckung ist, verglichen mit anderen kalkalpinen Höhlen, nicht allzu groß. Die höchsten Überdeckungswerte hat das *Untere Horizontalsystem* mit 170 bis 190 m. Die höchstgelegenen Höhlenteile weisen sehr unterschiedliche Werte auf: *Elfenbeingang* 60 m, *Brückenhalle* 100 m, *Déjà-Vu Halle* 142 m und *Calimero-schacht* (höchster Punkt der Höhle) nur 6 m. Geringe Überdeckung haben auch die *Bärenhalle*, der *Olymp* und die *Weyprecht-halle* mit etwa 30 m (Kuffner, 2008).

kreuzenden NW-SE System. Zu den NE-SW-Gängen gehören beispielsweise die *Gerade Kluff*, *Pollanschützgang*, *Neuer Teil*, *Nordterritorium*, *Kamillushalle* und *Bonaventurahalle* usw., zum NE-SW System etwa *Bärenhalle*, *Gerd-Wiesinger-Gang*, *Sintervulkanhalle* und auch die *Faultierstörung*. Zusätzlich ist eine Häufung von E-W Gängen, die hier dem Schichtstreichen folgen, sowie ein kleines N-S Maximum zu sehen. Das Schichtfallen beträgt hier etwa 60-70°, was für den Verlauf eines großen Teils der

### Dietmar Kuffner

Verein für Höhlenkunde Ebensee  
Reindlmühl 48, 4814 Neukirchen  
dietmarkuffner@aon.at

### Höh(l)enluft und Wissensraum

Die Gassel-Tropfsteinhöhle im Salzkammergut zwischen Alltagskultur, Naturkunde und wissenschaftlicher Forschung (hrsg. v. J. Mattes & D. Kuffner), Denisia 40, 2018: 269-276.

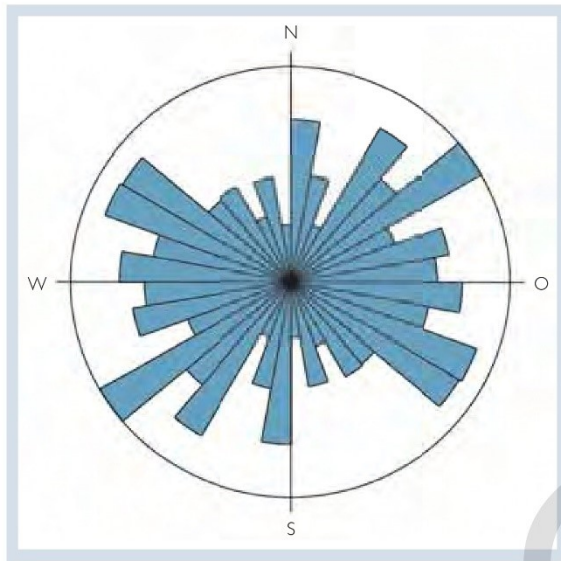


Abb. 1: Richtungsrose der Gänge der Gassel-Tropfsteinhöhle, ermittelt aus der Summe der Polygonzuglängen.

Schächte im Nord- und Ostterritorium bestimmend war.

Die Höhle lässt sich in klar abgegrenzte, jeweils durch charakteristische Störungsflächen bestimmte Abschnitte gliedern. Am auffälligsten sind die NE streichenden Abschnitte zwischen *Ebenseerschacht* und *Exzentrikerhalle* sowie zwischen *Sinterwalldom* und *Fledermausdom*, die beide senkrecht stehen und bis zu 100 m Tiefe erreichen. Überlagert werden diese Systeme durch E-W streichende und steil einfallende Bereiche wie *Dunkler Grund/Allerseelenschacht* sowie den *Pergarschacht*.

Das annähernd flach liegende *Untere Horizontalsystem* und das 30° nach NNW einfallende *Nördliche Horizontalsystem* sind in

ihrer Grundanlage an die Hauptkluftrichtungen gebunden. Ungewöhnlich und spektakulär ist die *Faultier-Störung*. Als offene Spalte verläuft sie in NW-SE-Richtung, ist rund 150 m lang und erst nach Bildung der sie durchschneidenden Hallen entstanden. Sie durchquert große Teile des Nord- und Ostterritoriums vom *Sinterwalldom* bis zum *Payerdom* und ist an einigen Stellen bis zu 100 m hoch. An vielen Stellen, besonders im *Adlerschacht* oder dem *Dom der Provisorien* wurde sie korrosiv erweitert und von durchschnittlich 1 m Breite auf mehrere Meter erweitert. Große Mengen an Sinter verschließen sie teilweise vollständig.

Der vom Höhlensystem eingenommene Bereich im Gebirgskörper hat ein Ausmaß von ca. 300 mal 180 mal 160 m (Länge, Breite, Höhe) und ist relativ scharf begrenzt. Innerhalb dieses Bereichs ist die Hohlraumdichte relativ hoch. Große Gangquerschnitte wechseln häufig mit engen Durchstiegen, Horizontalstrecken werden häufig durch Vertikalstrecken unterbrochen. Es gibt keine sich lange hinziehenden Gänge, wie sie für die Riesenhöhlensysteme der benachbarten Karstplateaus typisch sind. Es gibt auch kaum Gänge, die sich länger als 50 m in eine Richtung erstrecken. Das Gleiche gilt auch für die Vertikalstrecken. Die übliche Grundrissdarstellung der Höhle stößt stellenweise wegen der oft kleinräumigen und bis zu sechsfachen Gangüberlagerungen an ihre Grenzen. Die labyrinthartigen Verbindungen sind sehr unübersichtlich und lassen die Grundzüge der Anlage und ihre Bindung an den tektonischen Bau nur in einer 3D-Darstellung deutlich erkennen.

### Alter der Höhle

Die Frage nach dem Alter der Höhle ist nicht einfach zu beantworten. Die ältesten datierten Zeugnisse aus der *Gassel-Tropfsteinhöhle* sind Tropfsteine, deren Alter mit 700.000 Jahren angegeben wird, was jedoch zugleich die Grenze der Datierbarkeit darstellt. Es gibt Tropfsteine die älter sind, aber mittels der zur Verfügung stehenden Methoden nicht datiert werden können.

Die Höhlenräume selbst sind allerdings nochmals älter als ihr Inhalt. Der Hauptdolomit, in dem die Höhle liegt, wurde vor ca. 200 Mill. Jahren in einem flachen Meer abgelagert, wurde unter dem Meeresspiegel gefaltet und von zähem Schlamm in festes Gestein verwandelt, die sogenannte Diagenese. All das vollzog sich unterhalb des Meeresspiegels. Die Heraushebung der



Alpen begann dann zögerlich in der Kreidezeit (145 bis 66 Mill. Jahre vor heute) und erreichte ihren Höhepunkt im Miozän vor etwa 20 Mill. Jahren. Sobald das Gestein über das Meeresniveau herausgehoben war, konnte die Verkarstung und somit eine erste Höhlenbildung beginnen. Damit ist das theoretische Höchstalter einer Höhle abgegrenzt.

Das an der Oberfläche versickernde Wasser bildet in den vom Wasser gelösten Hohlräumen innerhalb des Gebirges einen Karstwasserspiegel aus, der gegen die Mitte des Gebirges zu ansteigt und dabei nicht unbedeutlichen höhenmäßigen Schwankungen unterliegt. In diesem Schwankungs- oder Hochwasserbereich, auch epiphreatische Zone genannt, ist die Höhlenbildung am intensivsten, was zu einer Häufung von Höhlengängen in dieser Zone führt.

Die Heraushebung des Gebirges erfolgte nicht kontinuierlich, sondern in einzelnen

Phasen. Während mit jeder Hebungsphase das Gebirge höher gelegt wurde, pendelte sich der Karstwasserspiegel wieder auf seine Höhe ein. Das führte zur Ausbildung von Höhlenniveaus. Nun können in den Voralpen bei der relativ geringen Höhlendichte zwar keine Höhlenniveaus wie in den Kalkhochalpen ausgewiesen werden (Kuffner, 1998), aber unter Wasser gebildete, phreatische Gänge, so wie sie auch in der *Gassel-Tropfsteinhöhle* vorkommen, müssen unterhalb des Karstwasserspiegels entstanden sein und wurden später über dieses Niveau gehoben. Daher kann man davon ausgehen, dass die Gänge der *Gassel-Tropfsteinhöhle* allein aufgrund ihrer Höhenlage bereits im Neogen (also vor 5 bis 20 Mill. Jahren) existiert haben mussten, nach der weiteren Heraushebung durch die anhaltenden Höhlenbildungsprozesse allerdings noch wesentlich erweitert wurden.

## Formenschatz

Die Entwicklung der Höhlengänge in der *Gassel-Tropfsteinhöhle* erfolgte größtenteils im vadosen Bereich, also in den luftgefüllten Teilen der Höhle, während typische phreatische (unter Wasser entstandene) Gangprofile selten zu finden sind. Es ist aber davon auszugehen, dass der Großteil aller Gänge primär phreatisch angelegt und später vados umgestaltet wurde.

In größeren Hallen sind fast immer Verwerfungen raumbestimmend, die aber meist unter der dichten Versinterung der Beobachtung entzogen sind. Freiliegende Harnischflächen beispielsweise sind daher nur in sinterfreien Höhlenbereichen als solche erkennbar.

Vor allem in längeren Gängen bilden sich meist hohe, kluftartige Gangprofile aus, die oft Höhen von über 20 m erreichen, an der Sohle aber nur 1 bis 2 m breit sind. Höhlenabschnitte mit breiter, ebener Sohle fehlen weitgehend, was sich besonders im Schauteil negativ auswirkt, weil bei Führungen wenig Platz für größere Gruppen zur Verfügung steht. Die Halle mit der breitesten Sohle ist die *Sintervulkanhalle*. Sie hat eine Grundfläche von 15 mal 45 m.

Ein Charakteristikum im Formenschatz der Höhle ist das vertikale Element, das in Form der hohen Gangprofile auch in den Horizontalgängen prägend ist. Die Schlüsselstellen im Zuge der Erforschung, die mit bedeutenden Entdeckungen einhergingen, waren immer Vertikalstrecken, zum Beispiel der *Pergarschacht* in den 1920er Jahren oder Aufstiege wie der *Bergmilchkamin*, die *Nordostpassage*, der *Leiterschacht* oder die *Tasmanierkluff* in jüngster Zeit (Abb. 2).

Schächte sind meist eher jüngere Teile einer Höhle und entstehen dadurch, dass sich das Wasser den kürzesten Abflussweg in die Tiefe sucht und diesen dabei ständig erweitert. Nach Regenfällen bilden sich dann Wasserfälle aus, was besonders im *Wasserschacht* oder im *Zäpfchenschacht* der Fall ist. Das heutige Erscheinungsbild der *Gassel-Tropfsteinhöhle* wird vielfach durch Sickerwasserkorrosion geprägt. Insbesondere im Schauteil sind Korrosionskolke ein häufiges Element im Formenschatz. Doch auch turbulent fließendes Wasser, das heißt Höhlenbäche, gestaltet viele Gänge. Der Abschnitt von der *Geraden Kluff* bis in die



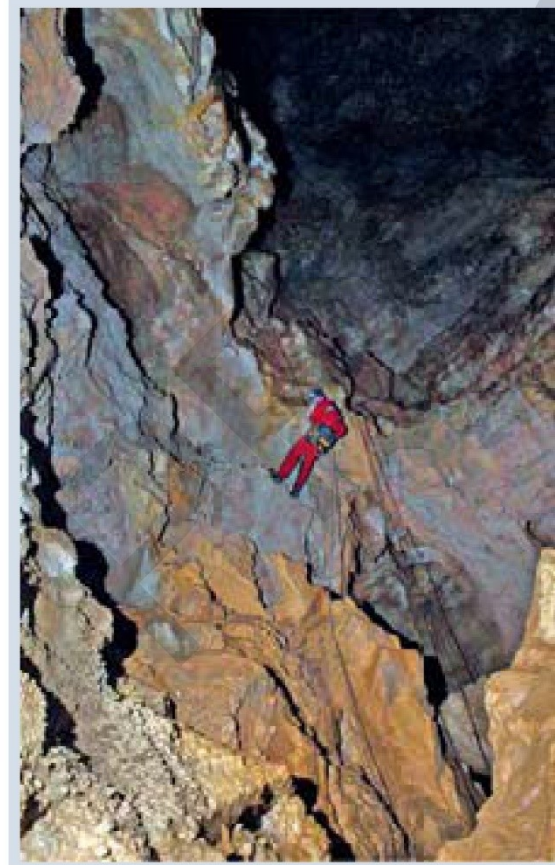
Wasserhalle, der Pollanschützgang oder der Gerd-Wiesinger-Gang werden beispielsweise von aktiven Gerinnen durchflossen. In manchen Teilen wie in *Far Far Away* sind kleinere Canyons, die sogenannten *Nackten Canyons*, ausgebildet.

Gänge, die phreatisch geprägt sind (also solche mit runden Gangprofilen und glatten Begrenzungsflächen), kommen selten

vor und beschränken sich meist auf kürzere Gangabschnitte kleineren Durchmessers, wie beispielsweise der *Wühlmausgang*. Schließlich gibt es auch einige Wasserbecken, von denen die größten der *Zehn-Euro-See* mit 5 mal 2 m, die *Zisterne* in der *Fledermaushalle* mit 7 mal 3 m und der *Jungbrunnen* mit 6 mal 5 m darstellen, und die auch bis zu 3 m tief sind.

## Sedimente

Abb. 2: Abstieg von der Kanzelhalle in den Pergarschacht.  
Foto: Helmut Mohr



Das häufigste klastische Sediment, also Material, das durch die Zerkleinerung größerer Stücke gebildet wurde, ist in der *Gassel-Tropfsteinhöhle* der Höhlenlehm, der hier

auffallend rötlich-braun gefärbt ist. Da sich bei der Lösung des Hauptdolomits keine derartigen Rückstände bilden und an der Oberfläche heute keine rötlichen Gesteine vorkommen, muss das Material durch Einschwemmung ortsfremder Elemente herühren. In Höhlensedimenten im benachbarten Totes Gebirge konnten sowohl Bestandteile von Gesteinen der südlich gelegenen Zentralalpen und der Schieferzone gefunden werden, die man gemeinhin auch mit der Augensteinschüttung in Verbindung bringt, aber auch Komponenten aus der Böhmisches Masse, also den Granitgebieten nördlich des Alpenvorlands, die durch den Wind während der Eiszeiten bis hierher transportiert worden sind (Kuffner, 1998). Natürlich können es auch Bestandteile von Gosaugesteinen sein, die in kleinem Umfang heute am benachbarten Eisenbach vorkommen. Am ehesten werden es wohl Reste von eingeschwemmten, roten Böden sein, die sich während der trockenen, warmen Zwischeneiszeiten, in denen das Klima die hämatitische Oxidation der Eisenkomponenten begünstigte und dadurch eine rötliche Färbung hergerufen hat, gebildet haben. Da eingehende Analysen in diesem Bereich fehlen, wird man erst dadurch genauen Aufschluss über die Herkunft gewinnen können. Stellenweise sind solche roten Böden auch tatsächlich an der Oberfläche zu finden. Die größten Lehmvorkommen in der Höhle beherbergen die *Halle der Exzentriker*, der *Palmsamstaggang* und der *Fledermausdom* mit einer Mächtigkeit von teilweise mehreren Metern.

Größere Sedimente bestehen meist aus kantigen Dolomitbruchstücken, die in der



Größenordnung von 5 bis 50 mm vorkommen. Gerundete Schotter sind kaum anzutreffen. Selbst in den Gerinnen findet man vorwiegend kantengerundetes Material, kaum vollständig gerundetes.

Schließlich ist noch das grobe Blockwerk zu nennen, das die größeren Hallen wie die *Bärenhalle*, den *Fledermausdom*, den *Leopoldsdom* oder die *Verteilerhalle* prägt.

## Sinter- und Tropfsteinbildungen

Unter Sinter versteht man die Neubildung von Mineralien, die sich aus fließenden Wässern absetzen. In Karsthöhlen wie der *Gassel-Tropfsteinhöhle* ist das meist Kalksinter (Kalzit), der in den verschiedensten Formen zu finden ist. Weitaus am häufigsten kommen Tropfsteine vor. Während bis zur Entdeckung des *Neuen Teils* 1984 die *Kanzelhalle* als der tropfsteinreichste Abschnitt der Höhle galt, entdeckte man damals Höhlenteile, die einen wesentlich prächtigeren Eindruck vermittelten und mehr rezente Bildungen aufwiesen als diese. Die Entdeckungen seit 2007 stellen selbst vieles davon in den Schatten (Fink et al., 2008; Mattes, 2012a/b)

Neu waren dabei die Größe mancher Einzelformen und die enorme Dichte der Bildungen, die in der *Sintervulkanhalle*, der *Déjà-Vu Halle*, der *Aprilscherzhalle* und in der *Weyprechthalle* eindrucksvolle Höhepunkte repräsentieren. Dazu gehören beispielsweise die *Gefährten*, Stalagmiten von 5 m Höhe, der *Halbschuhindianer*, eine Tropfsteinsäule mit 11 m Höhe und 6 m Breite (beide in der *Aprilscherzhalle*), oder der *Elfenbeinturm* in der *Sintervulkanhalle* mit 7,5 m Höhe (Abb. 3).

Während sich Deckenzapfen (Stalaktiten) an punktförmigen Abtropfstellen bilden, gibt es den selteneren Fall, dass an überhängenden Deckenbereichen der Abfluss linienförmig erfolgt. An solchen Stellen bilden sich Sinterfahnen. Sie sind etwa einen Zentimeter dick und bilden meist geschwungene, im Gegenlicht durchscheinende Vorhänge (Abb. 4).

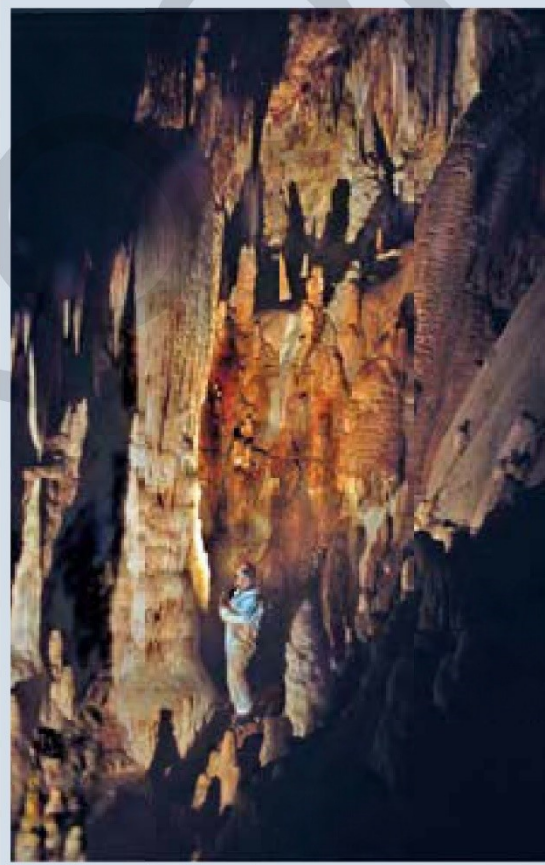
Immer wieder sind Teile von Höhlenräumen mit einer meist dünnen Sinterschicht überzogen. Diese Wandsinter bilden auch stellenweise Auswüchse in Form kleiner Kügelchen, die als Perl- oder Karfiolsinter bezeichnet werden. Auch Bodenversinterung kommt vor. Ein besonders massives

Vorkommen wurde im *Dom der Provisorien* entdeckt, wo die Gangsohle dezimeterdick mit Sinter ausgekleidet ist, der einem erstarrten Gerinne gleicht.

Aber auch bis dahin in der Höhle nicht bekannte Kleinformen wurden gefunden. Excentriques, also in ihrem Wachstum nicht schwerkraftorientierte Sinterformen, sind

Abb. 3: Der Elfenbeinturm in der Sintervulkanhalle. Die Tropfsteinsäule ist 7,5 m hoch und hat rund 1 m Durchmesser.

Foto: Dietmar Kuffner



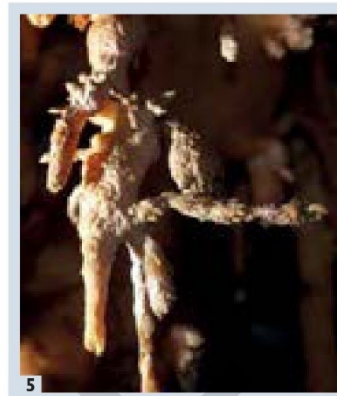
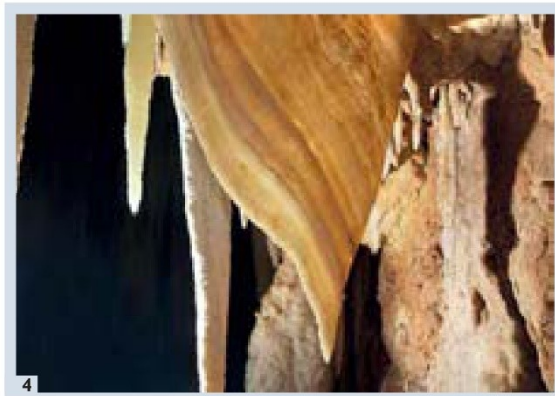


Abb. 4: Sinterfahne in der Sintervulkanhalle.  
Foto: Helmut Mohr

Abb. 5: Excentriques in der Schatzkammer.  
Foto: Werner Haupt

Abb. 6: Excentriques in der Nordostpassage.  
Foto: Helmut Mohr

Abb. 7: „pool fingers“ in der Tiefseekluft, daneben Wilfried Mohr.  
Foto: Helmut Mohr

u.a. in der *Halle der Exzentriker*, in der *Schatzkammer* oder im *Calimeroschacht* zu finden (Abb. 5, 6). Zu den unter Wasser gebildeten Formen zählen Kalzitkristalle sowie sogenannte „pool fingers“, die wissenschaftlich erst in den letzten Jahren Beachtung fanden. Die *Gassel-Tropfsteinhöhle* zählt zu den wenigen Fundstellen, die bisher auf europäischem Boden bekannt sind. Die Entstehung dieser Formen geht auf den Einfluss von Bakterien zurück. Die am Rand von Wasserbecken hängenden Bakterienfilamente werden dabei allmählich mit Sinter überzogen und bilden die fossilen „pool fingers“. In der *Sintervulkanhalle* und der *Qualitätssicherung* erreichen diese die beachtliche Länge von mehr als 50 cm (Mattes, 2010) (Abb. 7-9).

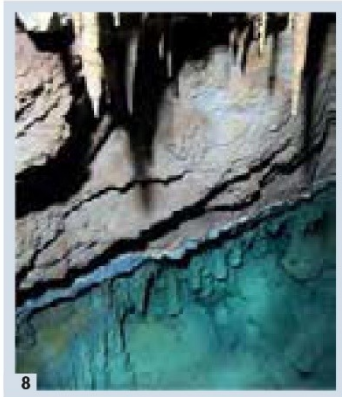
Eine weitere Sensation war die 1984 entdeckte *Perlenhalle*. Die Höhlenperlen am Schachtgrund sind ebenfalls Sinterformen.

Um einen zentralen Kern, meist ein Sandkorn, setzt sich schichtenweise Sinter ab. Durch das ständige Tropfen von der Höhlendecke werden die Höhlenperlen zu runden Kugeln geformt. In der *Perlenhalle* sind neben tausenden Perlen mit Durchmessern von 3 bis 10 mm auch sieben große zu finden, von denen die größte 38 mm im Querschnitt misst und damit zu den größten, jemals in Österreich gefundenen Exemplaren zählt. Bemerkenswert ist weiters, dass einige der großen Perlen eine geometrisch beinahe exakte Kugelform aufweisen (Kuffner, 1997). Seit 2008 wurden Höhlenperlen auch in der *Déjà-Vu Halle*, im *Payerdom*, in den *Wasserschächten* und in der *Weyprechthalle* gefunden (Mattes, 2012) (Abb. 10).

Die Farbpalette der Sinterbildungen reicht von rein-weißen, über gelb-bräunliche bis zu rötlich-braunen Tönen. Die Färbung be-







ruht auf dem Eintrag von Material während der Sinterbildung (Gillieson, 1996: 128). Im Allgemeinen handelt es sich dabei um feinste Bestandteile der Bodendecke, die von der Oberfläche in die Höhle eingeschwemmt wurden. Färbungen durch Spurenelemente, die ins Kristallgitter eingebaut wurden, konnten bisher nicht nachgewiesen werden. Eine dritte Art der Färbung geht auf den Eintrag von organischen Substanzen, vor allem von Huminsäuren zurück. Solche Sinter sind in der Regel kräftig gelb gefärbt und kommen eher selten vor. In der *Gassel-Tropfsteinhöhle* findet man eine Reihe solcher Bildungen im *Gelben Gang*, aber auch in der *Sintervulkanhalle* (Abb. 11). Weniger selten sind weiße Sinterbildungen. Sie sind gänzlich ohne Beimengungen und repräsentieren in der *Gassel-Tropfsteinhöhle* die aktuell stattfindenden Sinterbildungsprozesse.

Die Einzigartigkeit der Sinterbildungen und insbesondere das Interesse an deren sauberer Erhaltung zwingen dazu, die Anzahl der Befahrungen bereits dokumentierter Höhlenteile so gering wie möglich zu halten. Während es in der *Sintervulkanhalle* Praxis ist, jedem Teilnehmer einen vollständigen Kleidungswechsel (Anzug, Schuhe, Handschuhe) bei jeder Befahrung aufzulegen, ist dies in anderen Höhlenteilen, vor allem im *Sinterwalldom*, in der *Kamillushalle* oder der *Aprilscherzhalle* aufgrund der engen Verzahnung von Sinter- und Lehmablagerungen kaum möglich. Höhlenexkursionen im touristischen Sinn werden daher weitgehend hintangehalten. Im Rahmen eines Sinterdatierungsprojektes der Universität Innsbruck wurden seit 1995 umfangreiche Uran-Thorium-Datierungen vorgenommen, welche die Bedeutung der Höhle als wichtiges

Abb. 8: Ein namenloser See im östlichen Teil der *Aprilscherzhalle*. Deutlich sind die „pool fingers“ unter der Wasseroberfläche zu erkennen.

Abb. 9: Stalaktiten und Beckensinter in der *Sintervulkanhalle*. Der sogenannte Shelfstone wächst an der Wasseroberfläche in Richtung Beckenmitte.

Abb. 10: Höhlenperlen in der *Perlenhalle*. Durchmesser ca. 37 mm.

Abb. 11: Intensiv gelb gefärbte Stalagmiten im *Gelben Gang*.

Alle Fotos auf dieser Seite: Helmut Mohr

Klimaarchiv manifestieren (Offenbecher, 2004; Spötl et al., 2007).

Die Fülle der Sinterbildungen ist im Vergleich mit benachbarten Höhlengebieten wie dem Höllengebirge oder dem Toten Gebirge umso bemerkenswerter, als diese dort fast ausschließlich als mehr oder weniger zerstörte Relikte einer abgeschlossenen Bildungsphase und aus diesem Grund mit relativer Seltenheit auftreten. In der *Gasselhöhle* findet hingegen in größerem Umfang auch rezente Sinterbildung statt. Die wichtigsten Kennzeichen der *Gassel-*

*Tropfsteinhöhle* im Unterschied zu jenen Gebieten sind:

1. die geringe Seehöhe der Höhle zwischen 1.115–1.245 m; der Großteil der Höhlen in den benachbarten Kalkhochalpen liegt höher.
2. die damit verbundene dichte Boden- und Vegetationsdecke, die nur von wenigen steilwandigen Felsbereichen unterbrochen wird, und
3. die Lage der Höhle im Hauptdolomit, welcher gegenüber dem Kalk ein unterschiedliches Lösungsverhalten zeigt.

## Literatur

- Bock, H. (1930): Gasseltropfsteinhöhle bei Ebensee (Höhlenplan). – Archiv des Vereins für Höhlenkunde Ebensee.
- Fink, P., Mattes, J. & Zeindlinger, E. (2008): Höhlenforschung in der Gassel-Tropfsteinhöhle (Kat.-Nr. 1618/3) Verein für Höhlenkunde Ebensee. – Mitteilungen des Landesvereins für Höhlenkunde in Oberösterreich, 54(1): 16-29.
- Gillieson, D., (1996): Caves: Processes, Development, Management. (The natural environment). – Oxford (Blackwell Publishers).
- Kuffner, D. (1997): Die Gassel-Tropfsteinhöhle. – Ebensee (Verein für Höhlenkunde Ebensee).
- Kuffner, D. (1998): Höhlenniveaus und Altflächen im westlichen Toten Gebirge. – Wiss. Beih. z.Z. „Die Höhle“, 53.
- Kuffner, D. (2008): Neuforschungen in der Gassel-Tropfsteinhöhle (1618/3) bei Ebensee. – Die Höhle, 59: 103-110.
- Kuffner, D., Mattes, J. & Wielander, B. (2016): Trauntaler Voralpen. – In: Spötl, C., Plan, L., Christian, E. (Hrsg.): Höhlen und Karst in Österreich: 589-598, Linz (Oberösterreichisches Landesmuseum).
- Mattes, J. (2010): Aktuelle Forschungen in der Gassel-Tropfsteinhöhle, Oberösterreich. – Die Höhle, 61: 111-113.
- Mattes, J. (2012a): Von Industriearbeitern, Soldaten und Höhlentouristen. Forschungsgeschichte und Beschreibung der Gassel-Tropfsteinhöhle bei Ebensee (Oberösterreich). – Mitteilungen des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher, 58(2): 40-48.
- Mattes, J. (2012b): Die Gassel-Tropfsteinhöhle. – In: Winkler, R. (Hrsg.): Die Höhlen des Toten Gebirges: 47-63, Graz (Leykam).
- Offenbecher, K.-H., (2004): Stabile Isotope in Stalagmiten als Indikatoren der Klimaentwicklung im Quartär in den österreichischen Alpen. – Unveröff. Diss. Univ. Innsbruck.
- Pavuz, R. (2007): Karstgebiete Österreichs. – In: Plan, L., Herrmann, E. & Sulzbacher, D. (Red.): Speläo-Merkblätter, Speldok 13: C20a
- Pavuz, R. & Traindl, H. (1983): Über Dolomitkarst in Österreich. – Die Höhle, 34: 15-25.
- Spötl, C., Offenbecher, K.-H., Boch, R., Meyer, M., Mangini, A., Kramers, J. & Pavuz, R. (2007): Tropfstein-Forschung in österreichischen Höhlen – ein Überblick. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt (Festschrift H.-P. Schönlaub), 147: 117-167.



# Höhlenluft und Bewetterung der Gassel-Tropfsteinhöhle

Christoph Spötl, Karl-Heinz Offenbecher

## Einleitung

Betritt man eine Höhle, so empfindet man meist eine markante Änderung gegenüber der Außenluft: Die Höhlenluft fühlt sich feucht und kühl an. Messungen zeigen, dass die Luft im Inneren von Höhlen deutlich mehr Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Radon (Rn) enthält als die Atmosphäre außerhalb einer Höhle. Des Weiteren ist Höhlenluft, von wenigen Ausnahmen abgesehen, staubärmer und enthält wesentlich weniger Keime. Ein weiterer Unterschied zwischen der Atmosphäre, die wir atmen, und der Luft im Inneren von Bergen liegt in der zeitlichen Dynamik: Während z.B. die Temperatur in Österreich Schwankungen von bis zu etwa 50° C im Tages- bzw. Jahresverlauf aufweist, liegen diese im Inneren von Höhlen meist im Bereich von maximal ein paar Zehntelgraden (Spötl & Pavuza, 2016).

Dennoch stehen Höhlengänge, auch hunderte Meter vom Eingang entfernt, im Austausch mit der Luft der Atmosphäre außerhalb der Höhle und die Gefahr, dass die Luft in einem entlegenen Höhlenabschnitt etwa zu wenig Sauerstoff enthält, ist daher de facto nicht gegeben. Allerdings variiert die Intensität dieses Gasaustausches im Jahresverlauf und abhängig von der Geometrie der Höhle. Höhlen mit zwei oder mehreren Eingängen weisen in der Regel

eine gute Bewetterung auf (mit diesem aus der Bergmannssprache übernommenem Wort wird die Belüftung eines Höhlen- bzw. Stollensystems beschrieben). Sind die Eingänge über hunderte Höhenmeter verteilt und herrschen außerhalb der Höhle extreme (sehr kalte oder heiße) Bedingungen, so wird der Luftaustausch mit der Atmosphäre in solchen Höhlensystemen zu starken Höhlenwinden führen; an Engstellen können dann Windgeschwindigkeiten von mehr als 100 km/h erreicht werden.

Anders die Situation bei Höhlen mit nur einem Eingang. Dort ist der Antrieb für Luftbewegungen gering und kann bei vertikal ausgerichteten Höhlen sogar zur Ausbildung von „Kältefallen“ bzw. zur saisonalen Stagnation führen.

Die *Gassel-Tropfsteinhöhle* verfügt nach aktuellem Forschungsstand nur über einen einzigen Eingang, jenen, den auch die Besucher des Schauhöhlenteils benutzen. Zudem ist das mehr als 6 km lange System sehr verzweigt und weist eine Reihe von Engstellen auf. Aus diesen Gründen herrscht in dieser Höhle nur eine schwache Bewetterung. Lediglich an Engstellen und während Zeiten großen Lufttemperaturkontrasts zwischen Außen- und Höhlenluft spürt man einen schwachen Höhlenwind.

## Messprogramm

In der *Gassel-Tropfsteinhöhle* wurden einige Höhlenluftparameter über mehrere Jahre

hindurch teils automatisch, teils manuell gemessen (Abb. 1) (Tab. 1).

**Christoph Spötl**  
**Karl-Heinz Offenbecher**  
Institut für Geologie  
Universität Innsbruck  
Innrain 52, A-6020 Innsbruck  
christoph.spoetl@uibk.ac.at

**Höh(l)enluft und Wissensraum**  
Die Gassel-Tropfsteinhöhle  
im Salzkammergut zwischen  
Alltagskultur, Naturkunde und  
wissenschaftlicher Forschung  
(hrsg. v. J. Mattes & D. Kuffner),  
Denisia 40, 2018: 277-282.

Tab. 1: Übersicht über Messstellen, Parameter und Messzeitraum.

Messstelle	Parameter	Messzeitraum
Gasselhütte	Außenlufttemperatur	Juli 2001 bis Juli 2006
Vorhalle am Beginn der Stiege	Höhlenlufttemperatur	Mai 2001 bis April 2009
Säulenhalle	Höhlenlufttemperatur	August 1998 bis Juli 2006
Brückenhalle	Höhlenlufttemperatur	November 1999 bis März 2003
Kleine Tropfsteinhalle	Höhlenlufttemperatur	November 1999 bis März 2003
Pollanschützgang	Höhlenlufttemperatur	November 1999 bis August 2003
Sintervulkanhalle	Höhlenlufttemperatur	Mai 2008 bis Oktober 2014
Kamillushalle	Höhlenlufttemperatur	Mai 2008 bis Juni 2012
Kanzel	Kohlendioxidgehalt	2-Monatsrhythmus zwischen Mai 2001 und August 2003 (außer während der Wintermonate)

Zudem wurden zwischen Mai 2001 und September 2003 an sechs Stellen Wasserproben genommen und hydrochemisch analysiert (Offenbecher, 2004) (Tab. 2):

Tab. 2: Übersicht über die Entnahmestellen in der Gassel-Tropfsteinhöhle.

Höhlenteil	Entnahmestelle
Hofingerhalle	kleiner Höhlenbach sowie Tropfwasser
Wasserhalle	kleiner Wasserfall
Pollanschützgang	kleiner Höhlenbach
Perlenhalle	Tropfwasser am Grund
Kleine Tropfsteinhalle	kleines Wasserbecken im Verbindungsteil

## Messreihen

Auf den ersten Zehnermetern der *Gassel-Tropfsteinhöhle* lässt sich der Jahresgang der Außentemperatur noch deutlich nachweisen (Abb. 2). In der *Vorhalle* am Beginn der Stiege zeigt das Messgerät einen fast sinusförmigen Temperaturverlauf, der die Jahreszeiten widerspiegelt: Die niedrigsten Temperaturen werden hier allerdings nicht im Hochwinter erreicht, sondern – je nach Witterungsverlauf im betreffenden Jahr – erst zwischen Ende Jänner und Anfang April. Diese Minimalwerte sind recht stabil und betragen je nach Jahr im Mittel +4,6 bis +4,9° C. Daraus könnte man schließen, dass es im vorderen Bereich der Höhle auch im Hochwinter nie friert. Dem ist allerdings nicht so, wie die im Eingangsbereich hinter dem Gitter und in der *Bärenhalle* im Hochwinter anzutreffenden Eissäulen belegen. Ganz offensichtlich fließt zu dieser Zeit nämlich sehr kalte Außenluft bodennah in

den Schauhöhlenteil hinein, während die deutlich wärmere und temperaturkonstante Höhlenluft in der Gegenrichtung deckenah herauszieht (dort, wo auch dieses Messgerät installiert war). Dies ist während des Spätwinters bzw. Frühjahrs der dominante Luftstrom (d.h. höhlenauswärts). Anders die Situation in der warmen Jahreszeit: Ab etwa Anfang Mai steigt die Lufttemperatur in der *Vorhalle* stetig an (Abb. 2). Sie erreicht Ende August bis Anfang September ein Maximum, um dann ebenso stetig wieder abzunehmen. Der ansteigende Temperaturast weist dabei eine markant höhere Amplitude als der absteigende auf. Der Grund dafür liegt in der Richtung der Luftbewegung: Im Zeitraum Mai bis August zieht die warme Außenluft höhleneinwärts und die *Vorhalle* „spürt“ somit auch die kurzfristigen Temperaturschwankungen der Großwetterlagen. Im



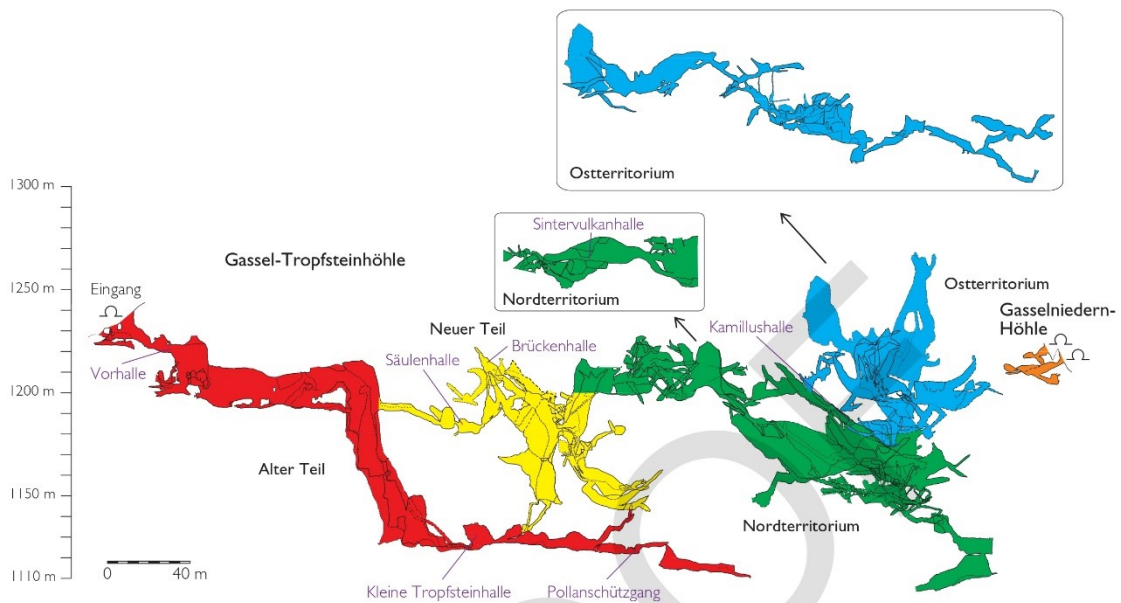


Abb. 1: Vereinfachter Längsschnitt der Höhle mit Lage der Messinstrumente (violett). Farbliche Kennzeichnung der Höhleile: **Alter Teil**, **Neuer Teil**, **Nordterritorium**, **Ostterritorium**, **Gasselniedern-Höhle**.  
Plan: Johannes Mattes

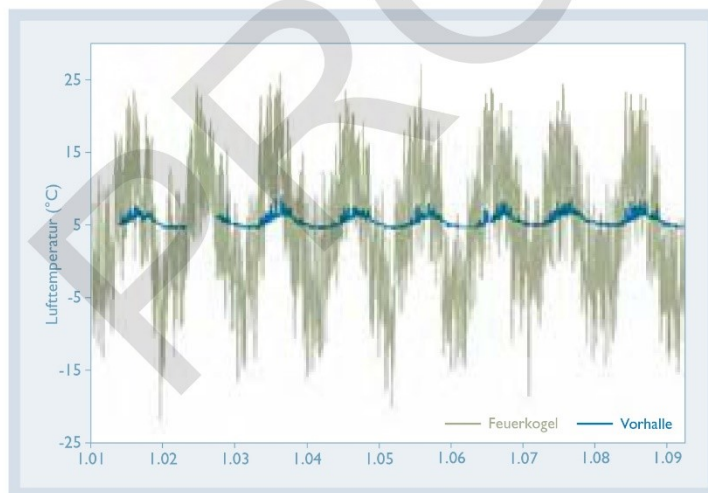


Abb. 2: Temperaturverlauf in der Vorhalle im Vergleich zur Temperatur am Feuerkogel (1.618 m) zwischen Jänner 2001 und März 2009. Beachte das stark gedämpfte Temperatursignal bereits wenige Meter hinter dem Höhleneingang. Daten der meteorologischen Station Feuerkogel wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zur Verfügung gestellt.

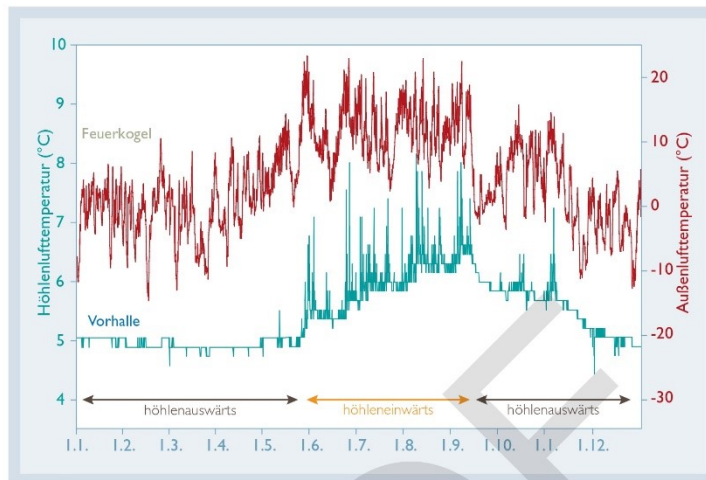


Abb. 3: Ausschnitt aus Abb. 2 für das Jahr 2008, der den engen Zusammenhang zwischen warmen sommerlichen Witterungsphasen und Zeiten zeigt, in denen sich der eingangsnaher Bereich der Höhle sukzessive erwärmt und eine überwiegend höhleneinwärts gerichtete Bewetterung vorherrscht. Ab Mitte September drehte die Luftbewegung auf größtenteils höhlenauswärts. Allerdings wurde diese unterbrochen durch kurzfristige Intervalle von wieder höhleneinwärts gerichteter, warmer Luft (Mitte Oktober und Anfang November), ausgelöst durch die warme, spätherbstliche Witterung.

Gegensatz dazu ist dieser eingangsnaher Bereich der Höhle etwa ab Ende Oktober von der Außenluft insofern unbeeinflusst, als die Luftbewegung i.W. höhlenauswärts gerichtet ist (Abb. 2).

Die jahreszeitlich sich ändernde Bewetterungsrichtung lässt sich also an der Änderung der Temperaturwerte in der *Vorhalle* ablesen. Das lässt auch vermuten, dass es noch weitere Eingänge in das System der *Gassel-Tropfsteinhöhle* geben dürfte, die tiefer liegen müssen als der derzeit bekannte Eingang. Dieser fungiert als oberer Eingang in das System, durch den im Winter die, gegenüber der Außenluft relativ wärmere und somit weniger dichte Höhlenluft aufsteigt und das System verlässt. Wie groß der oder die unteren Eingänge sind und ob sie für Höhlenforscher passierbar sind kann nicht gesagt werden. Es könnten durchaus auch bewetterte enge Spalten und Röhren sein, die unbefahrbar sind.

Im Bereich der Schauhöhle wurden keine langfristigen Temperaturmessungen durchgeführt; erst von der *Säulenhalle*, die auf kurzem Weg vom *Pergarschacht* aus erreicht

werden kann, sowie in der unweit davon und auch etwas höher gelegenen *Brückenhalle* liegen Messreihen vor, die bereits keinen Jahresgang mehr zeigen. In anderen Worten: Die Lufttemperatur in diesem Höhlenbereich schwankt um weniger als 0,1-0,2° C über mehrere Jahre. Die mittlere Temperatur in der *Säulenhalle* beträgt  $5,15 \pm 0,10^\circ \text{C}$  und ist innerhalb der Messgenauigkeit ident mit der in der *Brückenhalle* ( $5,21 \pm 0,02^\circ \text{C}$ ).

Dieses konstante Temperaturregime setzt sich erwartungsgemäß weiter in die Höhle hinein fort, wobei geringfügige systematische Unterschiede zwischen höher und tiefer gelegenen Bereichen festgestellt wurden. So sind die *Kleine Tropfsteinhalle* ( $5,36 \pm 0,10^\circ \text{C}$ ) und der anschließende *Pollanschützgang* ( $5,36 \pm 0,10^\circ \text{C}$ ) minimal kühler als die rund 80 m höher gelegene *Sintervulkanhalle* ( $5,64 \pm 0,03^\circ \text{C}$ ). Der Wert der *Kamillushalle* – sie liegt etwas tiefer als die *Sintervulkanhalle* – befindet sich dazwischen ( $5,45 \pm 0,02^\circ \text{C}$ ).

Auch wenn naturgemäß nicht aus allen Bereichen der verzweigten Höhle lang-



fristige Messungen vorliegen, so kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Höhlenluft ab dem *Pergarschacht* keinen Jahresgang mehr aufweist und je nach Höhlenabschnitt eine konstante Temperatur zwischen 5,2 und 5,6° C besitzt, möglicherweise mit einem geringen thermischen Vertikalgradienten.

Die Gänge der *Gassel-Tropfsteinhöhle* erstrecken sich von etwa 1.125 m (*Pollanschützgang*) bis etwa 1.260 m Seehöhe (*Ostterritorium*; Abb. 1), d.h. bis knapp über die Höhe des Einganges, der auf 1.229 m liegt. In dieser Höhenlage beträgt die Jahrestemperatur der Außenluft im langjährigen Durchschnitt etwa 5,5 bis 5,7° C (Spötl & Pavuza, 2016). Somit bestätigen die Messreihen aus der *Gassel-Tropfsteinhöhle* lehrbuchmäßig, dass die Höhlenluft in den eingangsfernen Abschnitten alpiner Höhlen die gleiche Tem-

peratur aufweist wie das langfristige Mittel der Außenluft.

Zum CO<sub>2</sub>-Gehalt der Höhlenluft liegen nur wenige Daten vor. Mit einem Messgerät wurde zwischen Mai und Oktober auf der *Kanzel* gemessen, immer außerhalb des Führungsbetriebes. Die Messungen ergaben zwischen etwa 370 und 580 ppm. Diese Werte entsprechen dem atmosphärischen Gehalt (von damals knapp unter 400 ppm) bzw. sind nur leicht gegenüber diesem erhöht.

In der *Kamillushalle* wurde der CO<sub>2</sub>-Gehalt über einen längeren Zeitraum gemessen. In diesem eingangsfernen Höhlenabschnitt lagen die Winterwerte um 1.000 ppm, während die des Sommers etwa doppelt so hoch waren. Dieser saisonale Unterschied erklärt sich durch den erhöhten Eintrag von Boden-CO<sub>2</sub> in den Karst während der Vegetationsperiode.

## Literatur

Offenbecher, K.H. (2004): Stabile Isotope in Stalagmiten als Indikatoren der Klimaentwicklung im Quartär in den österreichischen Alpen. – Unveröff. Dissertation Univ. Innsbruck.

Spötl, C. & Pavuza, R. (2016): Höhlenatmosphäre. – In: Spötl, C., Plan, L., Christian, E. (Hrsg.): Höhlen und Karst in Österreich: 123-138, Linz (Oberösterreichisches Landesmuseum).



**Prijevod s hrvatskog na njemački**

Übersetzung aus dem Kroatischen ins Deutsche

Rnjak, Goran et al. *Speleologija, II izmijenjeno i dopunjeno izdanje*. Speleološko društvo Velebit, Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja. Zagreb. 2019. 115-

132



RNJAK GORAN ET AL.

Höhlenforschung, zweite überarbeitete und ergänzte Auflage

## 10. Höhlenausrüstung

Darko Bakšić, Marin Glušević

Alle Beiträge von Darko Bakšić

### Einleitung

Höhlenausrüstung ist diejenige Ausrüstung, die den Höhlenforschern sichere Bewegung in den Höhlen ermöglicht. Sie dient zum Schutz der Höhlenforscher vor Kälte, Feuchtigkeit, Wasser, nassen, scharfen und rutschigen Felsen, Schlamm und anderen im Untergrund herrschenden Bedingungen (Abbildung 10.1).

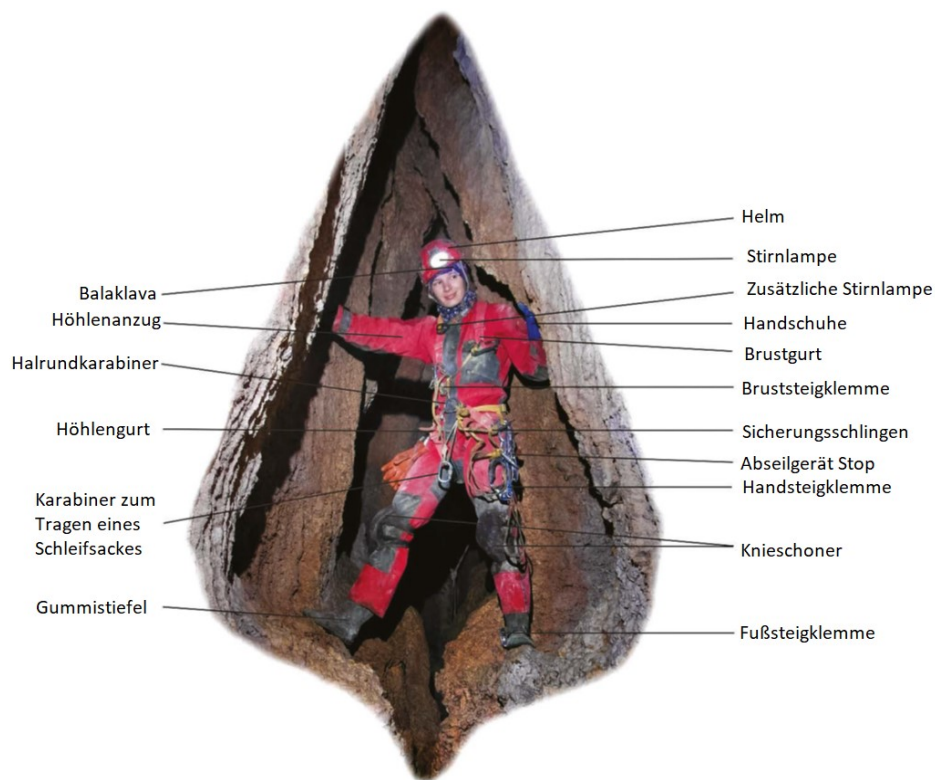


Abbildung 10.1 | Standardausrüstung

### Kriterien zur Ausrüstungsauswahl

Sicherheit, Gewicht, Funktionalität, Haltbarkeit und Festigkeit sollten bei der Ausrüstungsauswahl immer berücksichtigt werden.

## **Sicherheit**

Sicherheit muss an erster Stelle sein. Heutzutage gibt es viele Höhlenausüstungshersteller, die eine immer größere Auswahl an Teilen der Ausrüstung oder deren Versionen und Seilen anbieten. Die für die Ausrüstung zu erfüllenden Sicherheitskriterien werden durch Richtlinien und Normen (Standards) festgelegt. Der Hersteller erhält ein Zertifikat, sofern alle Bedingungen für einen bestimmten Ausrüstungsteil gemäß den vorgeschriebenen Richtlinien und Normen nach klar definierten Kriterien erfüllt sind. Neben den Richtlinien und Normen ist auch die Tradition hinter dem Namen des Herstellers von Bedeutung, dessen Ausrüstung über viele Jahre unter spezifischen anspruchsvollen Bedingungen getestet wurde. Es ist auch wichtig, unabhängige Tests der Ausrüstung zu verfolgen und sich damit bekannt zu machen. Diese Tests können durch einige Rettungsdienste, Berufsverbände und Vereine durchgeführt werden.

Die folgenden Kennzeichen werden am häufigsten auf Höhlenausrüstung und Seile gedruckt: UIAA, CE, EN mit der entsprechenden Normnummer.

Das UIAA-Logo auf der Ausrüstung bestätigt, dass die Ausrüstung den höchsten internationalen Sicherheitsnormen<sup>52</sup> gemäß den Standards der Internationalen Union der Alpinismusvereinigungen (UIAA - Internationale Union der Alpinismusvereinigungen - International Mountaineering and Climbing Federation) entspricht. Das UIAA-Logo darf nur von den Herstellern verwendet werden, die die UIAA-Normen erfüllen und bei der UIAA zertifiziert/registriert sind. Informationen über einzelne Normen, zertifizierte Ausrüstung und Hersteller sowie akkreditierte Prüflabors findet man auf der UIAA-Website.

Neben der UIAA schreibt auch das Europäische Komitee für Normung (CEN - Comité Européen de Normalization) Normen für Bergsteiger-, Kletter- und Höhlenausrüstung vor. Die von UIAA und CEN vorgeschriebenen Normen sind ähnlich, jedoch nicht identisch. Da die ersten Normen für Bergsteiger- und Kletterausrüstung durch UIAA herausgegeben wurden, hat CEN bei der Normenerstellung die UIAA-Normen für Bergsteiger- und Kletterausrüstung übernommen und angepasst. Heute basieren die UIAA-Normen auf den CEN-Normen, um Doppelarbeit zu vermeiden. Die UIAA-Experten bemühen sich jedoch in Zusammenarbeit mit den Herstellern, die UIAA-Normen zu verbessern. Sie schreiben manchmal strengere

---

<sup>52</sup> Mehr über UIAA-Sicherheitsnormen findet man unter <http://theuiaa.org/safety-standards/>

## Übersicht der Höhlenausrüstung

Anforderungen als CEN vor oder zumindest die gleichen. UIAA-Normen ändern sich schneller als CEN-Normen.

CE-Zeichen<sup>53</sup> (Conformité Européenne) bestätigt die Konformität einer bestimmten Produktgruppe mit den grundlegenden Anforderungen einer bestimmten Richtlinie. Es bestätigt auch, dass der Zertifizierungsprozess gemäß der entsprechenden Richtlinie eingehalten wurde.

Wichtig ist für die Höhlenforschung und Höhlenrettung die Richtlinie 89/686/EWG<sup>54</sup>, die sich auf persönliche Schutzausrüstung (PSA) bezieht - Personal Protective Equipment (PPE). Die genannte Richtlinie legt die Bedingungen fest, die die Marktplatzierung und das Bereitstellen von PSA kontrollieren. Die Richtlinie bestimmt auch die grundlegenden Schutzvoraussetzungen, die PSA erfüllen müssen, um den Schutz der Gesundheit und Sicherheit der Benutzer zu gewährleisten.

PSA wird je nach Risikograd in drei Kategorien eingeteilt.

Kategorie I – PSA zum Schutz vor minimalen Risiken (geringfügige Verletzungen). Beispiele für solche Produkte sind Schwimmbrillen und Tauchermasken. Die Produkte müssen mit einem "CE"-Zeichen versehen sein.

Kategorie II – PSA zum Schutz vor ernsthaften Risiken (Verletzungen mit möglichen dauerhaften Folgen). Beispiele für solche Produkte sind Helme und Taucheranzüge. Produkte müssen mit einem „CE“-Zeichen und dem Fertigstellungsjahr versehen sein.

Kategorie III – PSA zum Schutz vor lebensbedrohlichen Risiken. Beispiel für solche Produkte sind Seilen, Karabiner und Atemregler. Produkte dieser Kategorie müssen mit einem „CE“-Zeichen, dem Fertigstellungsjahr und der Identifikationsnummer (ID) des zertifizierten Labors versehen sein (Abbildung 10.2). Viele Teile der Höhlenausrüstung gehören zur Kategorie III, daher ist es äußerst wichtig, mit der Verwendung, Wartung und strenger Kontrolle vertraut zu sein<sup>55</sup>.

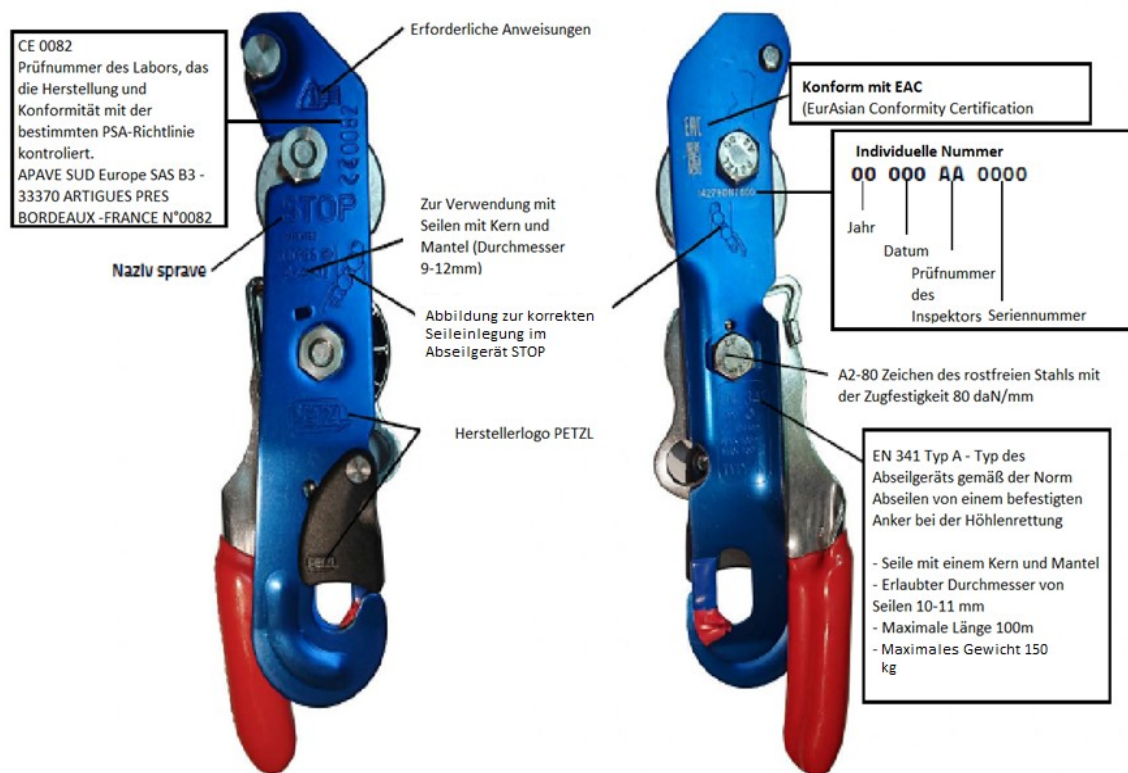
---

<sup>53</sup> Ursprünglich wurde das EC-Zeichen verwendet, aber mit der Richtlinie 93/68/EEC aus 1993. ist CE zum offiziellen Zeichen geworden.

<sup>54</sup> Die Richtlinie für PSA (89/686/EEC) von 21.12.1989. wurde durch Richtlinien 93/68/EEC, 93/95/EES und 96/58/EES ersetzt.

<sup>55</sup> AFNOR (Agence Française de NORmalisation) hat 2008 die Norm NF S72-701 eingeführt. Darin ist die Identifikation, Kontrolle und Zustandüberwachung für alle 3 Kategorien beschrieben.

## Übersicht der Höhlenausrüstung



**Abbildung 10.2** | Beispiel für Zeichen an einem Abseilgerät Stop. Auf der Vorderseite ist das CE-Zeichen mit der Labornummer gedruckt, die die Konformität bestätigt. Auf der Rückseite sieht man das EAC-Zeichen und die individuelle Identifikationsnummer. Alle Zeichen sind auf der Abbildung beschrieben.

Auf der Ausrüstung kann man auch die EAC- und NFPA-Zeichen sehen.

EAC (EurAsian Conformity Mark) ist ein Zeichen, das die Konformität einer bestimmten Produktgruppe mit den in Russland, Weißrussland, Kasachstan und Armenien festgelegten grundlegenden technischen Anforderungen bestätigt.

NFPA (National Fire Protection Association)<sup>56</sup> ist ein Zeichen, das die Einhaltung der NFPA-Normen bestätigt, deren grundlegende Aufgabe darin besteht, die Methoden des Brandschutzes, der elektrischen Sicherheit und anderer damit zusammenhängender Sicherheitsziele zu verbessern. Obwohl die Einhaltung dieser Normenkategorie für die Höhlenforschung von keiner großen Bedeutung ist, gibt es Teams von Höhlenforschern, die

<sup>56</sup> Mehr zu NFPA findet man unter <http://www.nfpa.org/>

## Übersicht der Höhlenausrüstung

als Rettungsdienst im Falle von einem Erdbeben funktionieren. So sollten bestimmte Teile der Ausrüstung, wie z. B. Seile, auf die Konformität mit NFPA geprüft werden.

### **Gewicht**

Bei der Auswahl der Ausrüstung ist auf das Gewicht zu achten, wobei leichtere Materialien unter Berücksichtigung von Sicherheitskriterien bevorzugt werden sollten. So werden heute beispielsweise hauptsächlich Karabiner mit manuellem Verschluss aus Aluminiumlegierungen verwendet, weil sie leichter als ihre Version aus Stahl sind. Das Sicherheitskriterium ist auch erfüllt, weil die Bruchlast dieser Karabiner in der Regel 22 kN oder mehr beträgt. Da bei der Untersuchung komplexer speläologischer Objekte eine große Anzahl von Karabinern verwendet wird, kann der Unterschied in dem Gesamtgewicht von Bedeutung sein, was letztendlich Energie, Zeit und Volumen spart.

### **Funktionalität**

Bei der Auswahl der Ausrüstung ist die Funktionalität (Zweck) zu berücksichtigen. Daher sollte die Wahl entsprechend getroffen werden. Man sollte dem Einfachheitsprinzip folgen. Das bedeutet, man sollte den Kauf der Geräte oder Ausrüstungen vermeiden, die man bei der Untersuchung möglicherweise nie verwendet. Obwohl es eine große Auswahl an Bohrhaken auf dem Markt gibt, werden beispielsweise in der Höhlenforschung am häufigsten Bohrhaken aus INOX mit einem Durchmesser von 8 mm verwendet (sie werden im Kapitel über Vereinsausrüstung beschrieben) und Spits mit einem Durchmesser von 12 mm und mit Muttern von 8 mm. So werden die gleichen Bohrhakenlaschen und der gleiche 13er Schlüssel sowohl mit Bohrhaken als auch mit Spits verwendet.

### **Festigkeit und Haltbarkeit**

Die Morphologie und Bedingungen in den speläologischen Objekten, wie zum Beispiel enge Mäander, scharfe Felsen, Schlamm, Wasser, hohe Luftfeuchtigkeit usw., machen die Bewegung anspruchsvoll, was dann durch intensivere Abnutzung der Ausrüstung ersichtlich ist. Daher sind die Eigenschaften wie Festigkeit und Haltbarkeit (Dauerhaftigkeit) wünschenswert. Neben dem Lesen der Herstellerspezifikationen ist es auch wichtig, die Erfahrungen eines Höhlenforschers zu hören, der ein bestimmtes Ausrüstungsstück für einige Zeit verwendet hat und weiß, wie sich dieses Gerät in einem speläologischen Objekt verhält.

## Übersicht der Höhlenausrüstung

Man kann zum Beispiel hören, welche Höhlenanzüge oder Stiefel am langlebigsten sind, wie verschleißfest bestimmte Kletter- und Abseilgeräte sind, wie sich diese bei Matsch und Eis verhalten und wie verschleiß- und schadensfest manche Seile in realen Situationen sind.

## **Bekleidung und Schuhwerk**

### **Unterwäsche und Unteranzug**

Man soll am besten die sog. Sportunterwäsche, dünne T-Shirts und Strumpfhosen als erste Bekleidungsschicht verwenden (Abbildung 10.3). Sie sind aus speziellen synthetischen Materialien hergestellt, die die Feuchtigkeit schnell entziehen und sie gut nach außen leiten. Solche Wäsche vermittelt ein angenehmes Gefühl von Trockenheit und Wärme. Sportunterwäsche muss enger als üblich am Körper anliegen, weil die Körperfeuchtigkeit (Schweiß) so besser abgeführt wird. Hochwertigere Arten von Sportunterwäsche haben eine zusätzliche antibakterielle Beschichtung, die unangenehme Gerüche verhindert, was wichtig ist, wenn man lange unter der Erde bleibt. Sie hat auch einen besseren Schnitt mit Flachnähten oder ohne Nähte mit dünneren oder speziellen Materialien an Stellen, an denen man mehr schwitzt. Das dehbare Material ermöglicht eine bessere Anpassung an den Körper und mehr Bewegungsfreiheit.

Die Unteranzüge werden aus verschiedenen Kombinationen synthetischer Materialien hergestellt, die wie Sportunterwäsche keine Feuchtigkeit aufnehmen, sondern diese schnell entziehen, nach außen leiten, elastisch sind und eine gute Beweglichkeit ermöglichen. In letzter Zeit werden Unteranzüge aus immer leichteren Materialien hergestellt, die gute thermische Eigenschaften haben.

## Übersicht der Höhlenausrüstung



**Abbildung 10.3** | Bekleidungsschichten unter dem Höhlenanzug sind aus synthetischen Materialien oder spezieller Wolle. Die Auswahl der Materialien sowie die Anzahl der Bekleidungsschichten ist individuell bedingt

Die Unteranzüge sind einteilig, mit einem Reißverschluss vom Nacken bis zur Hälfte des Rückens und mehreren Mechanismen, damit man den Anzug leichter öffnen kann. Es gibt verschiedene Versionen des hinteren Teils, der den Stuhlgang ermöglichen, ohne die gesamte Einheit ausziehen. Einige Unteranzüge haben eine Brusttasche, andere auch eine Kapuze. Die Auswahl der Dicke eines Unteranzugs (Abbildung 10.3) hängt von den Temperaturbedingungen in den speläologischen Objekten.

### Socken

Bei der Auswahl der Socken ist es wichtig, dass zwischen den Socken und Gummistiefeln oder Wanderschuhen genügend Platz ist, damit die Füße nicht eingequetscht sind. Das erlaubt die normale Durchblutung und dadurch das Gefühl von Komfort und Wärme. Häufig wird eine Kombination aus synthetischen Fleecesocken und Wollsocken verwendet, wobei die Wollsocken die Füße zusätzlich wärmen und die Fleecesocken vor Verschleiß schützen und den Knöchel stärken (Abbildung 10.4). Einige Höhlenforscher bevorzugen Neoprensocken.



## Höhlenanzug

Am häufigsten werden einteilige Höhlenanzüge aus Cordura- oder PVC-Material verwendet, die mit dem Klettverschluss geschlossen werden (Abbildung 10.5). Der Klettverschluss sollte stark und breit genug sein, damit sich der Anzug beim Durchkriechen nicht öffnet. Wird der Anzug aus Cordura hergestellt, empfiehlt man, Verstärkungen an Knien, Ellbogen und am Hintern zu haben<sup>57</sup>.



Abbildung 10.4 | Häufig tritt die Kombination von Fleece- und Wollsocken auf, die man in den Gummistiefeln trägt. In Wanderschuhen trägt man Neoprensocken

Der Höhlenanzug sollte möglichst wenig sichtbare Nähte haben, weil das die schwächsten Stellen sind. Die Höhlenanzüge aus PVC-Material sind deutlich steifer als die Höhlenanzüge aus dem sogenannten Cordura-Material und haben normalerweise keine Verstärkungen. PVC-Anzüge eignen sich für nasse, schlammige und enge speläologische Objekte, weil sie wasserabweisend, sehr fest und rutschig sind. So bleibt der Material nicht stecken und zerreißt nicht. Diese Anzüge sind geklebt, haben also keine Nähte. Der Nachteil ist, dass sich bei intensiverer körperlicher Aktivität, wie z. B. beim Seilklettern, der Schweiß an ihrer Innenseite kondensiert. Cordura-Anzüge sind etwas weicher, was eine freiere Bewegung ermöglicht. Sie sind teilweise wasserabweisend, „atmen“ also besser, leiten den Schweiß besser nach außen.

---

<sup>57</sup> Die Verstärkungen an Anzügen kann man auch aus Sikaflex, dem Polyurethan-Klebstoff machen, der im Bauingenieurwesen verwendet wird. Sikaflex ist flexibel, elastisch, verschleißfest und auf Verwitterung widerstandsfähig. Sikaflex erhöht bei der Anwendung das Gewicht des Anzugs um 300 bis 400 g.

## Übersicht der Höhlenausrüstung

Der Schweiß kondensiert dann an der Innenseite des Anzugs weniger. Es ist auch wünschenswert, dass der Anzug eine Kapuze hat, obwohl dies nicht die Regel ist. Gut ist es auch, dass der Anzug eine Brusttasche hat. Der Taschenverschluss kann eine doppelte Verschlussklappe mit Klettverschluss haben, was besser ist.



Abbildung 10.5 | Beispiele der Höhlenanzüge aus Cordura- und PVC-Materialien



Abbildung 10.6 | Kurze und lange Gummistiefel ohne Unterschicht

## Übersicht der Höhlenausrüstung

Einige Anzüge haben auch eine Innentasche. Bei der Wahl der Größe eines Höhlenanzugs sollte man auf die Bewegungsfreiheit achten. Beim Anziehen des Anzugs muss dieser ein ungehindertes Beinheben ermöglichen. Außerdem ist es gut, die Beine zu beugen und gleichzeitig die Arme in die Luft zu heben. Der Anzug darf bei dieser Aktion nicht stören. Bei einigen Modellen kann der Anzug praktischerweise über Stiefeln getragen werden. Anzüge sollten weder zu weit noch zu eng sein. In trockenen und warmen speläologischen Objekten können auch Stoffanzüge verwendet werden.

### **Ellbogen- und Knieschoner**

Die Knieschoner schützen die Ellbogen und Knie (Abbildung 10.1) vor Schlägen und Abdruck und sind äußerst nützlich, wenn man in dem speläologischen Objekt viel kriecht oder sich gegen die Felsen stemmt. Ältere und erfahrenere Höhlenforscher verwenden sie häufiger. Für lange Spaziergänge sind sie nicht geeignet, da sie im Ellenbogen- und Kniebereich stören oder drücken. Deshalb muss man die Schoner etwas tiefer am Arm oder am Bein heruntersetzen.

### **Schuhwerk**

Am häufigsten werden (knie)lange Gummistiefel ohne Unterschicht verwendet (Abbildung 10.6). Stiefel ohne Unterschicht lassen sich leicht trocknen, wenn Wasser in sie eindringt. In die Stiefel kann eine aus Matten geschnittene Fußeinlage eingelegt werden, die für eine bessere Isolierung sorgt, und die Matte nimmt kein Wasser auf wie herkömmliche Einlagen. Die Größe der Stiefel sollte so sein, dass zwei Paar Socken oder Neopren- und Synthetikusocken darin getragen werden können. Man kann zwei Gummiringe aus einem Autoschlauch schneiden, um die Hosenbeine des Anzugs hochzuhalten. Einige Höhlenforscher bevorzugen die Kombination von Wanderschuhen und Neoprensocken auf den Füßen. Heute gibt es auch spezielle Wanderschuhe aus Cordura, die zum Canyoning bestimmt sind. Wanderschuhe halten den Knöchel viel besser. Die Wahl des Schuhwerks hängt von der Art des speläologischen Objekts und der Kälteempfindlichkeit ab. Die Hosenbeine des Anzugs befinden sich über den Stiefeln und nicht in den Stiefeln, denn beim Klettern durch ein Tropfwasser oder einen Wasserfall füllen sich die Stiefel sehr leicht auf. Auf jeden Fall sollte man immer die Kombination berücksichtigen, in der man sich bei einem längeren unterirdischen Aufenthalt wohlfühlt.

## Handschuhe

Die Handschuhe sind ein obligatorischer Bestandteil der Ausrüstung, denn sie schützen die Hände vor Kälte und Verletzungen. Am häufigsten werden Handschuhe aus dickerem Gummi verwendet, die bis zum Ellbogen reichen. Handschuhe sollten passend sitzen: Bei zu großen Handschuhen verliert man den guten Griff, während zu enge Handschuhe die Finger drücken und die normale Durchblutung stören können, weil die Hände wegen Feuchtigkeit und Anstrengung etwas anschwellen können. Die Handschuhe werden über den Ärmeln des Anzugs getragen, damit beim Klettern kein Wasser in die Ärmel des Höhlenforschers eindringt. Man empfiehlt, Löcher am Handgelenk der Handschuhe zu machen. So kann man sie am Karabiner befestigen, wenn sie nicht verwendet werden. Es ist nützlich, einen zusätzlichen Handschuh an der rechten Hand zu haben, der die Abnutzung vom Gummihandschuh beim Abseilen verhindert. Da sich der rechte Handschuh normalerweise früher als der linke abnutzt, kann der linke Handschuh umgedreht, die Fingerspitzen können abgeschnitten und dann kann der linke Handschuh als zusätzlicher Handschuh verwendet werden (Abbildung 10.7). In kälteren speläologischen Objekten können auch dünne Synthetikhandschuhe unter den Gummihandschuhen getragen werden. In wärmeren und trockeneren speläologischen Objekten sind auch verschiedene Handschuhe aus synthetischen Materialien mit Kevlar oder ähnlichem Schutz an den Handflächen nützlich (Abbildung 10.7).



**Abbildung 10.7 | Verschiedene Arten von Handschuhen, die man in der Höhlenforschung verwendet:** (A) Dünne Fleecehandschuhe (B) Gummihandschuhe mit zusätzlichem rechtem zum Schutz dienendem Handschuh, der das Seil hält (C) Handschuhe für trockene speläologische Objekte und Felsen

## **Sturmhaube**

Da man einen großen Teil der Körperwärme über den Kopf verliert, ist es äußerst wichtig, dass jeder Höhlenforscher eine Sturmhaube hat und anzieht, sobald er stehen bleibt oder friert. Heutige Sturmhauben haben die ähnlichen synthetischen Materialien wie Sportwäsche und Unterwäsche. Die besten Sturmhauben sind solche, die den gesamten Kopf und Hals bedecken und Öffnungen für Augen, Nase und Mund haben (Abbildung 10.8).



Abbildung 10.8 | Balaklava

## **Rettungsdecke**

Die Rettungsdecke ist eine dünne Kunststofffolie, die mit einer Metallschicht (Aluminium) beschichtet ist, um Strahlungswärme zu reflektieren. Sie dient zum Aufwärmen und ist daher obligatorischer Bestandteil der persönlichen Ausrüstung. Sie ist in zwei Farbkombinationen erhältlich: Silber/Silber und Gold/Silber. Die Abmessungen betragen in der Regel  $210 \times 130$  cm oder  $220 \times 140$  cm, und sie werden in zwei Dicken hergestellt. Die dünne Rettungsdecke dient zum einmaligen Gebrauch und hat ein Gewicht von ca. 60 g, wobei die dickere Rettungsdecke für den mehrmaligen Gebrauch bestimmt ist und ca. 200 g wiegt. Abmessung und Gewicht können je nach Hersteller variieren. Die Rettungsdecke wird am besten in einer Innentasche oder im Höhlenanzug getragen.

Beim Aufwärmen mit einer Rettungsdecke in einem speläologischen Objekt ist für einen unterkühlten Höhlenforscher nützlich, sich auf eine Transporttasche zu setzen, um von dem kalten Steinboden isoliert zu sein. Er kann sich danach mit der Rettungsdecke bedecken und die silberne Seite zu sich drehen (bei Rettungsdecken mit zwei Farben Gold/Silber). Sollte der Höhlenforscher eine Kerze oder einen kleinen Kocher haben, ist es empfehlenswert, diese unter die Rettungsdecke zu stellen, da dies die Wärme deutlich erhebt. Früher, wenn man die

## Übersicht der Höhlenausrüstung

Acetylen-Stirnlampe als Hauptbeleuchtung nutzte, wurde sie zum Heizen unter der Rettungsdecke verwendet (Abbildung 10.9).



**Abbildung 10.9** | Höhlenforscher unter der Rettungsdecke warten auf den Kollegen, der die Fixpunkte in dem letzten Schacht in der Lubuška-Schachthöhle setzt

Man empfiehlt die Verwendung dickerer Rettungsdecken für den wiederholten Gebrauch, weil sie stärker sind. Mehrere Höhlenforscher, Mitglieder des Forschungsteams, können aus dickeren Rettungsdecken ein Biwak für einen Notaufenthalt oder für einen verletzten Höhlenforscher machen. Nach dem Gebrauch sollte die Rettungsdecke gereinigt und getrocknet werden. Wenn sie längere Zeit nicht benutzt wurde, sollte sie regelmäßig auf Funktionsfähigkeit geprüft werden.

### **Kleidung für speläologische Objekte mit Wasser**

In speläologischen Objekten, die teilweise unter Wasser liegen und in denen man schwimmen oder wandern muss, werden Nass- und Trockenanzüge verwendet. Nassanzüge bestehen aus Neopren und beim Aufenthalt im Wasser dringt eine kleine Menge Wasser zwischen den Körper des Höhlenforschers und den Anzug ein. Mit seiner Körperwärme erwärmt der Höhlenforscher diese Wasserschicht, die zusammen mit dem Neopren eine Wärmedämmung

## Übersicht der Höhlenausrüstung

schaft. Es ist wünschenswert, dass der Anzug gut am Körper anliegt, damit sich die erwärmte Wasserschicht an dem Körper nicht ständig mit der neuen Menge kalten Wassers vermischt. Je nach Design kann der Anzug einteilig oder zweiteilig sein (Abbildung 10.10). Neoprensocken und -handschuhe werden ebenfalls getragen. Erfahrungsgemäß sind Anzüge mit einer Dicke von 5 mm für speläologische Objekte in Kroatien geeignet, da sie eine ausreichende Wärmedämmung sowie die Bewegungsfreiheit für eine längere Zeit (die oft erforderlich ist) bieten. Dickere Anzüge kommen nur beim langen Schwimmen in Frage. In wärmeren speläologischen Objekten (z. B. Mittelmeerraum), wo die Wassertemperatur deutlich höher ist, können auch kurze Neoprenanzüge mit einer Dicke von 3 mm verwendet werden.

Trockenanzüge lassen kein Wasser in den Anzug eindringen. So bleibt er trocken. Unter dem Trockenanzug trägt der Höhlenforscher Standardunterwäsche und Unteranzug. Bei Bedarf kann er mehrere Kleidungsschichten tragen. Am häufigsten werden Trockenanzüge aus Latex<sup>58</sup> verwendet, weil sie funktional, leicht und preislich akzeptabel sind. Sowohl über dem Neoprenanzug als auch über dem Trockenanzug aus Latex muss ein Höhlenanzug getragen werden, denn er schützt vor Beschädigungen und Reißen durch spitze Felsen.

Es gibt auch feste Trockenanzüge aus Trilaminat- und Corduramaterialien, die auch in speläologischen Objekten verwendet werden können, aber viel teurer sind.



**Abbildung 10.10** | Zweiteiliger Neoprenanzug mit einer Dicke von 5 mm

---

<sup>58</sup> Günstige und hochwertige Trockenanzüge findet man unter <http://estavelle.com/en/>



**Abbildung 10.11** | Höhlenforscher zieht den Trockenanzug im Biwak „Sandy Beach“ in 1400 Metern Tiefe in der Woronja-Höhle an.

## Technische Ausrüstung

### Helm

Ein Helm ist obligatorischer Bestandteil der Höhlenausrüstung, der zum Schutz vor direkten Schlägen mit dem Kopf gegen den Felsen, vor fallenden Steinen, Eis, heruntergefallenen Ausrüstungsteilen o. Ä. bestimmt ist. Darüber hinaus wird es zum Tragen einer Stirnlampe bei der Höhlenforschung verwendet.

Es besteht aus einer Außen- und Innenschale. Die Außenschale besteht meistens aus harten Kunststoffmaterialien: ABS<sup>59</sup>, Polycarbonat oder einem anderen Polymermaterial. Die Innenschale besteht aus Nylonstreifen oder festem Schaumstoff. Bei der Höhlenforschung verwendete Helme sollten eine der UIAA 106- oder EN 12492-Normen (oder beide) erfüllen, was durch sichtbare UIAA- und/oder CE-Kennzeichen auf dem Helm bestätigt wird. Solche Helme dämpfen Schläge von oben, vorne, hinten und von der Seite, sie schützen gewissermaßen vor dem Eindringen eines scharfen Gegenstands. Eine gewisse Stabilität auf dem Kopf ist auch eine der Anforderungen.

---

<sup>59</sup> Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) ist ein amorphes Polymer, der durch Emulsionspolymerisation oder Massenpolymerisation von Acrylnitril und Styrol in der Präsenz von Polybutadien entsteht. Die wichtigsten Eigenschaften von ABS sind Härte und Widerstandsfähigkeit beim Schlag



## Übersicht der Höhlenausrüstung

Besser geeignet sind Helme mit einer Innenschale aus Nylonbändern (Abbildung 10.12), weil sie den Kopf besser von der Außenschale trennen, was für die Stoßdämpfung wichtig ist. Zwischen der Außenschale und den Nylonbändern kann man ein paar Pflaster und Schlauch und eventuell eine dünne Rettungsdecke einlegen. Man sollte darauf achten, dass der Raum zwischen der Außen- und Innenschale nicht ausgefüllt wird. Das verringert tatsächlich erheblich die dämpfende Wirkung der Bänder und damit die Sicherheit.

Man soll bei der Auswahl auf die Einstellung der Helmriemen achten, damit der Helm bequem und gut befestigt sitzt. Wenn am Helm Verformungen, Risse oder Beschädigungen der Riemen sichtbar sind, sollte er nicht weiter benutzt werden.

## Stirnlampe

Jeder Höhlenforscher muss über zwei unabhängige Lichtquellen verfügen. Es kann eine Kombination aus Acetylen- und elektrischen LED-Stirnlampen oder es können zwei Quellen elektrischer LED-Beleuchtung sein. Außerdem muss der Höhlenforscher Ersatzbatterien für die LED-Beleuchtung dabei haben. Die Beleuchtung wird im Kapitel *Beleuchtung in der Höhlenforschung* ausführlich beschrieben.

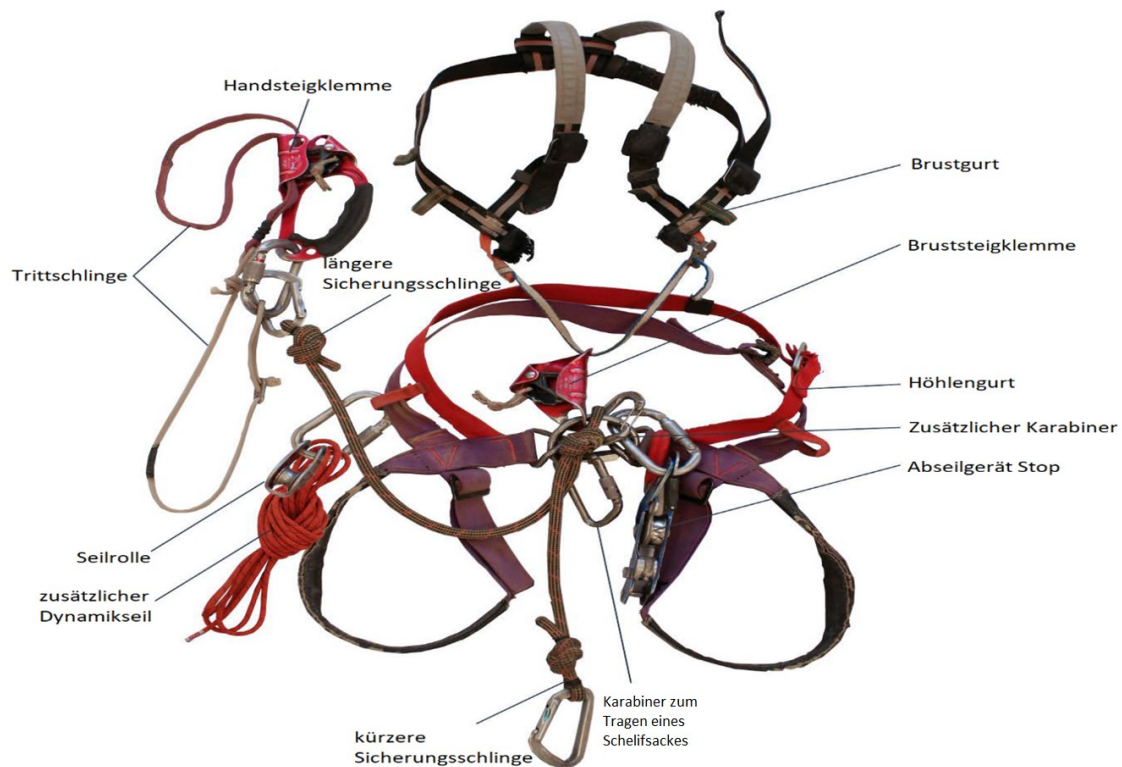
## Höhlengurt

Der Höhlengurt muss der Norm EN 12277 Typ C entsprechen und besteht aus verschleißfesten Kunststoffstreifen. Es dient ausschließlich dem Auf- und Abstieg am Seil.



## Übersicht der Höhlenausrüstung

**Abbildung 10.12** | Vertex Petzl Helm mit einer Scurion-Stirnlampe



**Abbildung 10.13** | Höhlenausrüstung zum Auf- und Abstieg

Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt des Gurtes tief. Neben dem Komfort ermöglicht der tiefe Schwerpunkt einen großen Tritt der Bruststeigklemme beim Klettern und einen deutlich einfacheren Umstieg (Abbildung 10.13). Beim technischen Klettern in der Höhlenforschung, wo ein dynamisches Seil als Sicherung dient, empfiehlt man die Verwendung eines Klettergurtes. Verwendet werden kann ein Höhlengurt auch in Kombination mit einem Brustgurt<sup>60</sup>, wobei das dynamische Seil gleichzeitig durch den Höhlengurt und den Brustgurt gebunden werden muss. Somit wird ein hoher Schwerpunkt erreicht, damit sich der Körper des Höhlenforschers bei einem Sturz nicht dreht. Es gibt verschiedene Modelle und Hersteller von Höhlengurten. Wichtig ist es, dass der Gurt sicher und bequem ist, sich leicht ansetzen lässt und nicht zu viel Ausrüstung hat, die beim Durchkriechen stören würde. Die Wahl des Gurtes hängt vom Zweck und dem Körper des Höhlenforschers ab (Abbildung 10.14).

<sup>60</sup> Z. B. Brustgurt „MTDE Garma“ o. Ä.

## Übersicht der Höhlenausrüstung



**Abbildung 10.14** | Höhlengurte mit korrekt eingesetztem Halbrundkarabiner, die nach unten verschlossen sind. Dies ist beim Tragen eines Schleifsackes auf dem Halbrundkarabiner wichtig.

## Brustgurt

Der Brustgurt hält die Bruststeigklemme eng am Körper beim Klettern am Seil. Aus diesem Grund muss es so nah wie möglich am Körper positioniert werden, um dem Oberkörper eine senkrechte Haltung zu ermöglichen und so die Arme von unnötigen Belastungen zu entlasten. Der Brustgurt besteht aus verschleißfesten Kunststoffbändern. Es gibt mehrere Modelle von Brustgurten (Abbildung 10.15). Brustgurte mit breiteren Bändern sind besonders praktisch, weil die Last beim Klettern besser auf Schultern und Rücken verteilt ist. Einige Brustgurte haben eine gut angefertigte Schnalle, die eine schnelle und einfache Handhabung beim Lösen oder Festziehen der Bruststeigklemme ermöglicht.



**Abbildung 10.15** | Zwei Grundvarianten des Brustgurtes

## Halbrundkarabiner

Den Gurt schließt man mithilfe des Halbrundkarabiners mit dem selbstverriegelnden Verschluss *Maillon-Rapide*-"D"-Typ<sup>61</sup>, der aus Stahl oder Aluminium hergestellt ist, und mit einem manuellen Schraubverschluss (Abbildung 10.16A). Der Halbrundkarabiner hat bei seiner korrekten Befestigung die Öffnung auf der linken Seite (im linken Ring oder der linken Schlinge des Gurtes) und schließt beim Drehen nach unten (Abbildung 10.14). Die Mutter wird stärker befestigt, wenn das Seil an der Mutter abreibt. Es ist darauf zu achten, dass die Mutter immer vollständig geschlossen ist, damit sich der Halbrundkarabiner unter Belastung nicht dauerhaft verformt, was sehr gefährlich werden kann.

In neuerer Zeit wird auch der D-förmige Halbrundkarabiner Omni-Triact-Sperre mit automatischem Verschluss verwendet. Wenn man diesen Karabiner verwendet, sollte man beim Tragen von Transporttaschen auf den Verschluss achten. (Abbildung 10.16B).



**Abbildung 10.16** | (A) Halbrundkarabiner mit manuellem Schraubverschluss (B) Halbrundkarabiner mit selbstverriegelndem Verschluss

## Sicherungsschlingen

Es dient zur Sicherung beim Umstieg, an Traversen u. Ä. Es besteht aus dynamischem Kletterseil mit einem Durchmesser von 9 oder 10 mm. Für die Herstellung der Sicherungsschlingen werden 2,5 bis 3 m Seil benötigt. Die Sicherungsschlingen bestehen aus zwei ungleichen Zweigen (Abbildung 10.17). Beide Zweige enden mit einem symmetrischen Schnappverschluss-Karabiner (man kann auch Karabiner mit selbstverriegelndem Verschluss nutzen). Sie werden mit einem doppelten Überhandknoten oder einem Sackstich gebunden. Im Halbrundkarabiner werden sie mit einem Sackstich verbunden, das heißt mit zwei (getrennten oder verbundenen) Sackstichen. Wenn man die Höhlen in Wintermonaten

---

<sup>61</sup> Obwohl es Halbrundkarabiner in der Form von einem Dreieck gibt („Delta“-Form), werden diese hier nicht genannt, weil sie nicht praktisch sind. Sie drücken nämlich alle Teile der Ausrüstung in die gleiche Stelle, was die Handhabung erschwert.

## Übersicht der Höhlenausrüstung

betrifft oder beim länger anhaltenden Schnee und Eis in speläologischen Objekten, ist es darauf zu achten, dass die Seile extrem steif und gefroren sein können. An solch steifen und gefrorenen Seilen könnten sich Schnappverschluss-Karabiner an den Enden der Sicherungsschlingen bei einer abrupten Bewegung oder einem leichten Sturz einfach öffnen. Daher empfiehlt man in solchen Situationen die Verwendung eines selbstschließenden Karabiners.



Abbildung 10.17 | Sicherungsschlingen – kürzerer Zweig dient zur Sicherung an Fixpunkten beim Umstieg und längerer Zweig ist mit der Handsteigklemme verbunden (als Sicherung) oder wird bei den Traversen und der Selbstsicherung verwendet

Der kürzere Teil der Sicherungsschlingen mit dem Karabiner, gemessen vom Halbrundkarabiner, sollte die Länge vom Ellenbogengelenke bis zur Spitze des Mittelfingers haben. Man rechnet, dass die kurze Sicherungsschlinge belastet ist und sich die Ellbogen des Höhlenforschers ungefähr auf der Höhe des Halbrundkarabiners befinden, um den Karabiner am Ende der Sicherungsschlinge leicht in die Hand zu nehmen. Der längere Teil der Sicherungsschlingen sollte so lang sein, dass er es ermöglicht, die Handsteigklemme hochzuheben, damit der Tritt (Aufheben des Beins oder der Beine) beim Klettern ungehindert ist. Gleichzeitig sollte darauf geachtet werden, dass die Handsteigklemme ohne Anstrengung von Hand erreicht werden kann, wenn der Höhlenforscher an den Sicherungsschlingen hängen bleibt. Die Knoten an den Sicherheitsschlingen müssen vor Gebrauch festgezogen werden. Das freie Seilende, das aus dem Knoten führt, sollte nach Belastung mindestens 10 cm lang sein.

## **Abseilgeräte**

Zum Abseilen werden Geräte verschiedener Hersteller und Designs verwendet, die aber alle die gleiche Funktion haben. Zu den meistverbreiteten Geräten gehören Abseilgerät Stop, gewöhnliche Abseilgeräte und Abseilgerät Rack<sup>62</sup>.

### ***Abseilgerät Stop***

In Kroatien wird am häufigsten das Abseilgerät Stop von Petzl verwendet (Abbildung 10.18). Es wird zum Abstieg an einem Seil verwendet. Das Seil wird zwischen zwei Rollen in Form des Buchstabens S gelegt. Korrekte Befestigung des Seils<sup>63</sup> in dem Abseilgerät sollte gut geübt und immer nach dem am Abseilgerät gedruckten Bild überprüft werden.

Die Konstruktion erlaubt, dass man das Seil blockiert und stoppt, wenn man die beiden Hände (Steinschlag auf den Kopf oder die Hände) oder die linke Hand, die den Griff (Bremse) hält, loslässt.

Beim ordnungsgemäßen Abstieg an einem Seil wird der Griff (Bremse) des Abseilgeräts Stop mit der linken Hand vollständig gedrückt und die Abseilgeschwindigkeit mit der rechten Hand gesteuert. Der Abstieg sollte langsam und gleichmäßig sein, ohne Zucken. Ein schnelles Absteigen ist nicht gut, weil es eine hohe Temperatur erzeugt, die das Seil verformt und verschleißt.

Wenn der Griff von der linken Hand losgelassen wird, dreht sich die untere Rolle, drückt das Seil zusammen und blockiert es. Der Griff steigt nach oben. Es wird nicht empfohlen, die Abseilgeschwindigkeit durch weniger Drücken des Griffs zu steuern, da in diesem Fall die untere Rolle das Seil quetscht, das sich stärker abflacht und erwärmt, sodass sich das Seil schneller abnutzt. Unter keinen Umständen sollte man mit der linken Hand den Griff (Bremse) drücken und gleichzeitig das Seil aus der rechten Hand fallen lassen, da dies zu einem freien Fall entlang des Seils führt. Dies ist auch der Nachteil des Abseilgeräts Stop bei der Verwendung durch Anfänger. Die Anfänger drücken in einem Moment der Panik instinktiv

---

<sup>62</sup> <http://storricksnc.net/VerticalDevicesPage/VerticalHome.shtml> - Außergewöhnliche Kollektion der Abseilgeräte von Bob Thrun, die durch Dr. Gary D. Storricks bekannt gegeben wurde.

<sup>63</sup> Das Abseilgerät Stop kann sich in verschiedenen Positionen befinden. Deswegen sollte man die Befestigung des Seils bei allen Positionen üben.

## Übersicht der Höhlenausrüstung

den Griff (Bremse) des Abseilgeräts, anstatt es loszulassen, was zu einem unkontrollierten Abstieg und Sturz führen kann.



**Abbildung 10.18** | Verschiedene Versionen der Abseilgeräte Stop: **(A)** Petzl *Stop* **(B)** Kong *Indy Evo* **(C)** Antron *DSD Plus* **(D)** Australisches *SRT D1a*

Um den Abstieg besser kontrollieren zu können, insbesondere bei schlammigen oder vereisten Seilen, sollte ein zusätzlicher Karabiner verwendet werden. Die Verbindung des Abseilgeräts Stop und des Halbrundkarabiners erfolgt über einen ovalen oder asymmetrischen Karabiner mit manuellem Verschluss. Zusätzlich kann ein Karabiner befestigt werden. Optional kann der Zusatzkarabiner direkt am Halbrundkarabiner befestigt werden, wenn er kleiner ist und das Abseilgerät Stop nicht in diesen einsteigen kann, zum Beispiel der Stahlkarabiner *Raumer Handy* (Abbildung 10.19A). Es ist auch möglich, einen Karabiner vom Typ *Petzl Freino* (Abbildung 10.19B) zu verwenden, der bereits vorgesehene Reibung aufweist.



**Abbildung 10.19 | Zusätzlicher Karabiner erhöht die Reibung und ermöglicht bessere Kontrolle beim Abstieg am Seil: (A) Raumer *Handy* (B) Petzl *Freino***

In den letzten Jahren kann man immer mehr doppelte Abseilgeräte Stop der Firma Kong - Indy Evo und Anthorn DSD Plus finden. Das Abseilgerät wird blockiert, wenn der Griff vollständig gedrückt und losgelassen wird. Das australische Abseilgerät Stop (Modell SRT D1a) verwenden nur wenige Höhlenforscher in Kroatien. Sie sind mit der Geschwindigkeitskontrolle und Haltbarkeit dieser Abseilgeräte Stop (Abbildung 10.18) äußerst zufrieden. Die Firma SRT hat auch eine Version des doppelten Abseilgeräts sowie ein Abseilgerät für Doppelseile im Angebot.

***Abseilgerät ohne Griff/Bremse (simple descender)***

Es dient zum Abstieg an einem Seil mit einem Durchmesser von 9 bis 12 mm (Abbildung 10.20). Es funktioniert nach dem Reibungsprinzip eines Seils, das zwischen zwei Rollen in Form des Buchstabens S eingelegt wird. Die Rollen können auch die Form des Buchstabens C haben. Beim Abstieg muss obligatorisch ein zusätzlicher Karabiner verwendet werden. Man empfiehlt einen kleineren zusätzlichen Karabiner. Diesen kann man auch an einem Karabiner mit einer Mutter befestigen, der das Abseilgerät Simple und den Halbrundkarabiner verbindet. Besser ist es, wenn der zusätzliche Karabiner ohne Mutter ist, da dies die Befestigung vereinfacht. Der Abstieg mit einem Abseilgerät Simple ist weniger anstrengend, da es kein ständiges Drücken des Griffs mit der linken Hand erfordert. Das Seil gleitet gleichmäßiger durch das Abseilgerät Simple. Obwohl dies nicht oft gemacht wird, bei der Verwendung des Abseilgeräts Simple empfiehlt man die Nutzung eines Shunts als Sicherheitsmaßnahme, weil man einen freien Fall auf dem Seil erzeugt, wenn man die Hände beim Steinschlag auf den Kopf oder die Hand loslässt.

***Rack***

Der Zweck dieses Abseilgeräts besteht darin, an langen Vertikalgängen mit wenigen Sicherheitspunkten<sup>64</sup> abzustiegen, wo das Gewicht des Seils am Anfang des Abstiegs groß ist, was es schwierig macht, das Abseilgerät zu befestigen und damit abzustiegen. Ein großer Vorteil von Rack ist, dass beim Abstieg die Reibung durch das Hinzufügen von Sprossen

---

<sup>64</sup> Ein Teil der russischen und ukrainischen Höhlenforscher verwendete das Abseilgerät Rack in der Woronja-Schachthöhle, die viele Sicherheitspunkte hat. Dies zeigt einige Vorurteile über die Unangemessenheit für den Umstieg bei vielen Sicherungspunkten.



## Übersicht der Höhlenausrüstung

erhöht werden kann. Ukrainische und russische Höhlenforscher verwenden häufig das Rack unabhängig von der Anzahl der Sicherheitspunkte in der Schachthöhle. Der Umstieg nimmt bei den ukrainischen und russischen Höhlenforschern nicht mehr Zeit in Anspruch als denjenigen, die ein Abseilgerät Stop verwenden.

In Kroatien wird es meistens nicht verwendet. Das Kernproblem ist die mangelnde Kenntnis, wie man es bedient, was zum Misstrauen führt.

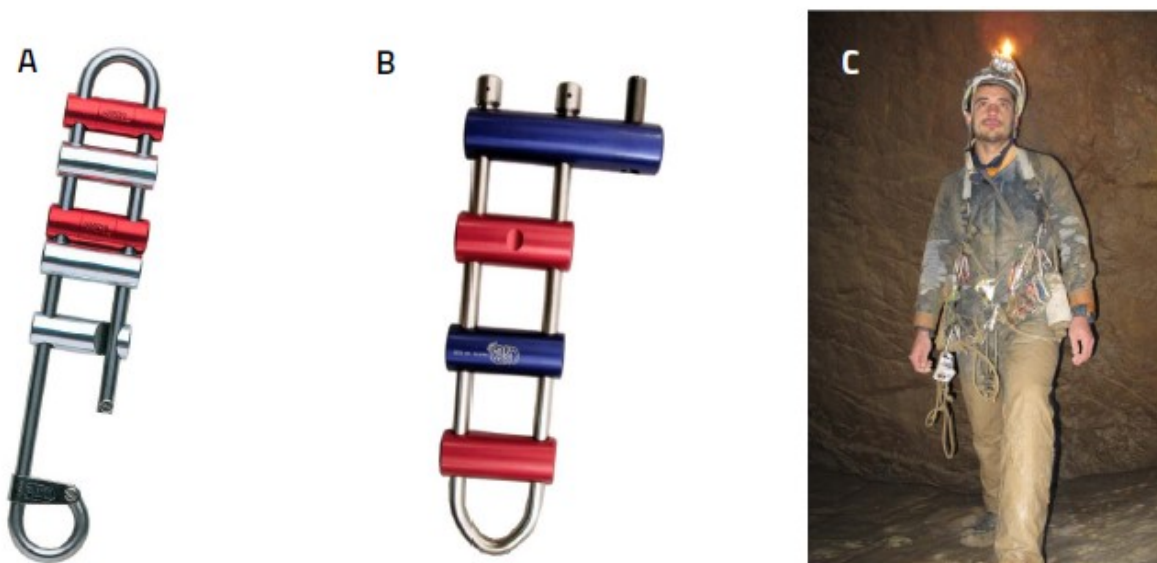


Abbildung 10.21 | (A) Rack J-Form (B) Rack B-Form (C) Die Verwendung von Rack in der Woronja-Schachthöhle (Saal Game Over 2080 m Tiefe)

Mit diesem Abseilgerät kann man an einem Seil mit einem Durchmesser von 9 - 13 mm oder einem Doppelseil mit einem Durchmesser von 8 - 11 mm absteigen. Je nach Hersteller kann man die J- oder U-Form dieses Abseilgeräts unterscheiden (Abbildung 10.21). Es lässt sich ebenso die Anzahl der Querrollen unterscheiden, zwischen denen das Seil eingelegt ist. Die Abseilgeschwindigkeit wird durch die Reibung und den Abstand zwischen den Rollen gesteuert.

Dieses Abseilgerät sollte nur von erfahrenen Höhlenforschern verwendet werden, weil das Loslassen des Seils aus den Händen am Ausgang des Geräts zu einem unkontrollierbar schnellen Abstieg und Sturz führt, was die Verwendung einer Shunt-Steigklemme als Sicherung erforderlich macht.

### ***Shunt-Steigklemme***

In der Höhlenforschung wird es am häufigsten zur Sicherung beim Abstieg mit dem Abseilgerät ohne Bremse (Simple Descender) verwendet. Die Shunt-Steigklemme wird am Seil über dem Abseilgerät Simple befestigt und mit einer langen Sicherungsschlinge damit verbunden. Mit der rechten Hand wird der Abstieg mit dem Abseilgerät Simple gesteuert und mit den Daumen und dem Zeigefinger der linken Hand (oder zwischen dem Zeige- und Mittelfinger mit einem dünnen Seil) wird die Shunt-Steigklemme am Seil entlang nach dem Abseilgerät gezogen.



**Abbildung 10.22** | Shunt

Wenn man die Hände loslässt, stoppt die Shunt-Steigklemme den Absturz. Bevor die Shunt-Steigklemme freigegeben wird, muss das Abseilgerät Simple blockiert werden (siehe Kapitel Wanderung in speläologischen Objekten). Die Shunt-Steigklemme (Abbildung 10.22) kann an einem Seil mit einem Durchmesser von 10 bis 11 mm und an einem Doppelseil mit einem Durchmesser von 8 bis 11 mm verwendet werden. Es kann auch zur Sicherung bei den Traversen sowie zur Sicherung beim Abstieg an einem Doppelseil nach technischem Klettern verwendet werden.

## **Ausrüstung zum Aufstieg**

### ***Handsteigklemme***

Es wird zum Aufstieg an einem Seil mit einem Durchmesser von 8 bis 13 verwendet. Es gibt Handsteigklemmen für linke und rechte Hand, mit oder ohne Griff (z. B. Basic-Petzl) (Abbildung 10.23).

Die Handsteigklemme ist ein Gerät, das das Seil in einer Richtung durchlässt und in der anderen blockiert. Das heißt, es gleitet frei auf dem Seils in einer Richtung (beim Aufstieg) und „beißt“ in der anderen Richtung, wenn es belastet wird. Eine belastete Handsteigklemme kann nicht

## Übersicht der Höhlenausrüstung

gelöst werden. Die Wahl der Handsteigklemme (mit oder ohne Griff sowie die Art des Herstellers) hängt vom Benutzer ab. Beim Aufstieg mit einer Handsteigklemme muss eine Trittschlinge verwendet werden, die aus einem Riemen oder einem Dyneema-Gurtband mit einem Riemen am Fuß bestehen kann. Das Dyneema-Gurtband ist praktischer, da es die Durchführung einiger Selbstrettungstechniken ermöglicht. Der längere Zweig der Sicherheitschlinge, der mit dem Halbrundkarabiner am Höhlengurt verbunden ist, muss mit der Handsteigklemme verknüpft werden. Höhlenforscher, die auch die Fußsteigklemme verwenden, nutzen häufig die Handsteigklemme ohne Griff.



**Abbildung 10.23** | Verschiedene Versionen der Handsteigklemmen



**Abbildung 10.24** | Verschiedene Versionen der Bruststeigklemmen

### ***Bruststeigklemme***

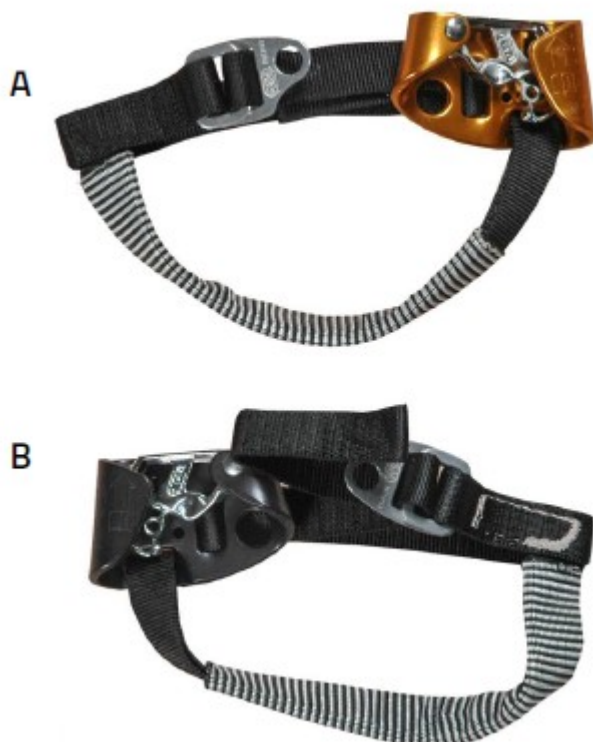
Es wird zum Aufstieg an einem Seildurchmesser von 8 bis 13 mm (Abbildung 10.24) verwendet. Die Bruststeigklemme funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie eine Handsteigklemme. Er wird direkt im Halbrundkarabiner ganz rechts platziert. Der obere Teil der Bruststeigklemme hält den Brustgurt, der beim Aufstieg gut befestigt sein muss, um den Höhlenforscher näher an das Seil zu bringen und so den Aufstieg zu erleichtern. Bei Hand- und Bruststeigklemmen sollte besonders darauf geachtet werden, diese nur in vertikaler Richtung

## Übersicht der Höhlenausrüstung

zu belasten, weil sich der Verschluss sonst öffnen könnte. Stürze auf diese Geräte können zum Reißen des Seilmantels führen.

### *Fußsteigklemme*

Es ist eine Steigklemme, die mit einem Gurtsystem am Knöchel befestigt wird. Die Fußsteigklemme wird beim Aufstieg als dritte Steigklemme verwendet, die den Aufstieg am Seil beschleunigt und erleichtert. Es wird für Seildurchmesser von 8 bis 13 mm verwendet. Das Gerät ermöglicht den Aufstieg mit beiden Beinen wechselweise, die sog. „Wanderung am Seil“. Gleichzeitig sollte der Brustgurt gelockert werden, um eine bessere Beweglichkeit und einen besseren Gang zu ermöglichen.



**Abbildung 10.25** | (A) Rechte Fußsteigklemme (B) Linke Fußsteigklemme

Die Fußsteigklemme sieht wie eine verkürzte Version der Handsteigklemme Basic aus, wobei sie für das leichte Ein- und Auslegen des Seils geeignet ist. Da zum Aufstieg zwei Steigklemmen ausreichen, hängt die Wahl der Fußsteigklemme vom Höhlenforscher ab. Es gibt Fußsteigklemmen für den rechten und linken Fuß (Abbildung 10.25). Man soll immer daran denken, dass eine Fußsteigklemme im Gegensatz zu Hand- und Bruststeigklemmen ein Hilfsgerät ist, kein Sicherungsgerät.

## **Karabiner in der persönlichen Höhlenausrüstung**

Karabiner sind obligatorische Teile der persönlichen Höhlenausrüstung und dienen dazu, einzelne Geräte oder Ausrüstungsteile mit dem Höhlengurt und dem Brustgurt des Höhlenforschers zu verbinden. Am häufigsten werden Karabiner aus einer Zicral-Aluminiumlegierung verwendet. An der persönlichen Ausrüstung sollten 2-3 Schnappverschluss-Karabiner und 5 Karabiner mit manuellem Verschluss vorhanden sein (Abbildung 10.13). Für die Sicherungsschlingen werden zwei Schnappverschluss-Karabiner verwendet. Ein Karabiner mit manuellem Verschluss und ein Schnappverschluss-Karabiner zur Reibung werden verwendet, um das Abseilgerät Stop (oder Abseilgerät Simple) mit dem Halbbrundkarabiner zu verknüpfen. Der Karabiner zur Reibung ist ein Schnappverschluss-Karabiner, damit das Seil leichter daran befestigt werden kann. Der Karabiner sollte schmalere (kleinere) Abmessungen haben, damit der Körper des Abseilgeräts nicht eindringen kann. Wird der Karabiner Freino für das Abseilgerät Stop verwendet, wird kein zusätzlicher Karabiner zur Reibung benötigt.

Für eine Handsteigklemme wird ein Karabiner mit manuellem Verschluss verwendet. Mit diesem Karabiner werden die Handsteigklemme und Trittschlinge verbunden und der längere Zweig der Sicherungsschlinge ist daran befestigt. Zum Einhängen der Transporttasche in den Gurt dient der Karabiner mit manuellem Verschluss. Obwohl dieser Karabiner keiner besonderen Belastung ausgesetzt ist, ist es gut, dass er eine Mutter hat, denn bei der Handhabung mit der Transporttasche kann er sich öffnen und der Schleifsack kann herunterfallen. Am Gurt befinden sich zwei weitere Karabiner mit manuellem Verschluss. An einem ist eine Seilrolle (mit einer Hilfsschlinge) befestigt, an dem anderen ein Hammer und ein Spitzsetzer. Wenn der Höhlenforscher in der Schachthöhle keine Sicherungspunkte anbringt, braucht er weder Hammer noch Spitzsetzer.

### **Seilrolle**

Ein fester Bestandteil der persönlichen Ausrüstung ist auch eine Seilrolle mit einer Tragfähigkeit von über 20 kN, die zum Heben von Lasten (Schleifsäcken) beim Bau einiger Selbstrettungs- und Rettungssysteme (Abbildung 10.13) verwendet wird. Die in Kroatien am häufigsten verwendete Seilrolle ist Petzl Fixe. Diese Rolle wird nur mit ovalen Karabinern verwendet, z.B. Petzl OK.

## Hilfsschlinge

Die Hilfsschlinge ist ein Hilfseil mit einem Durchmesser von 5 oder 6 mm und der Länge 5 m, das für verschiedene Improvisationen und zur Selbstrettung verwendet wird. Es wird empfohlen, Hilfsschlingen aus Dyneema oder Kevlar mit einer Länge von 5 m (Abbildung 10.13) zu verwenden, da diese eine höhere Tragfähigkeit haben als Standardhilfsschlingen gleichen Durchmessers. Ihre Tragfähigkeit liegt im Bereich von 12-18 kN.

## Schlüssel 13/17

In der Höhlenforschung werden zwar Spits und Bohrhaken verwendet, auf die man die Laschen ausschließlich mit dem 13er Schlüssel befestigt. Es ist möglich auf zuvor gesetzte Verankerungen zu stoßen, für die der 17er Schlüssel benötigt wird. Nützlich ist es, beide Typen auf dem gleichen Schlüssel zu haben (Abbildung 10.26). Bei der Auswahl eines Schlüssels muss man auf die Größe achten, damit er auch zur Befestigung von Muttern an Ringen verwendet werden kann. Der 17er kann auch zum Öffnen des zu fest angezogenen Halbrundkarabiners verwendet werden.



Abbildung 10.26 | Schlüssel 13/17

## Messer

Das Messer ist obligatorischer Bestandteil der persönlichen Ausrüstung. Einige Höhlenforscher tragen es an einem Band um den Hals (Abbildung 10.27), andere in der Tasche ihres Anzugs. Es ist nicht angebracht, ein ungeschütztes Messer am Gurt zu tragen, weil es den negativen Auswirkungen von Wasser und Schlamm ausgesetzt ist. Es ist sehr wichtig, ein scharfes Messer zu haben, und es ist gut, dass das Messer auch einen Dosenöffner und eine Ahle hat.

## Übersicht der Höhlenausrüstung



**Abbildung 10.27** | (A) Schweizer Taschenmesser *Rescue Tool* (B) Petzl *Spatha*

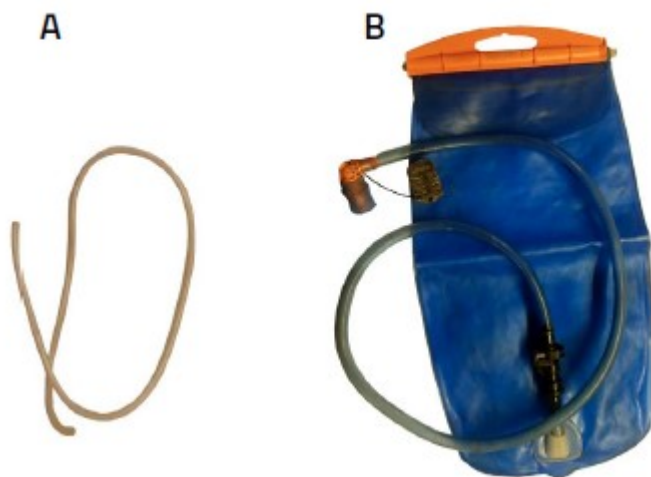
### Schlauch

Das ist ein etwa 30 cm langer dünner Kunststoffschlauch, der in einem Helm oder in der Tasche des Anzugs getragen wird. Es hat mehrere Funktionen: man bläst den Steinstaub bei den Verankerungen aus, trinkt Wasser oder füllt die Karbidlampe an den Stellen auf, wo man das Wasser nicht greifen kann (Abbildung 10.28A).

### Wasserbalg

Es ist kein obligatorischer Bestandteil der persönlichen Ausrüstung, hat sich aber bei intensiver körperlicher Anstrengung (Langzeitaufstieg) als hervorragende Lösung erwiesen, da es dem Höhlenforscher ermöglicht, regelmäßig Wasser zu trinken, damit es nicht zu Dehydrierung kommt. Sehr praktisch sind solche Wasserbälge, die einen Trinkwasserschlauch haben. Der Wasserbalg wird in dem Höhlenanzug neben dem Körper gehalten, damit das Wasser erwärmt wird (Abbildung 10.28B). Dazu kann auch die normale Plastikflasche verwendet werden. Wenn sie im Anzug aufbewahrt wird, dann sollte sie nicht größer als 0,5 l sein, da sie die Bewegungsfreiheit (Aufstieg) verhindert.

## Übersicht der Höhlenausrüstung



**Abbildung 10.28** | (A) Schlauch (B) Wasserbalg

### **Persönlicher Schleifsack**

Das sind Transporttaschen aus PVC-Material in kleineren Abmessungen von 5 bis 15 l Volumen (Abbildung 10.42). Sie dienen dazu, die notwendigen persönlichen Sachen nach Schätzung des Höhlenforschers je nach speläologischer Tätigkeit zu tragen. In solchen Transporttaschen tragen Höhlenforscher mit sich meist ein Erste-Hilfe-Set, Essen, Wasser, einen kleinen Kocher, trockene Kleidung (Socken, Unterhemd, Weste...), Ersatzbatterien usw.



**Hrvatski izvornik**

**Kroatischer Ausgangstext**

**10.**

# Speleološka oprema

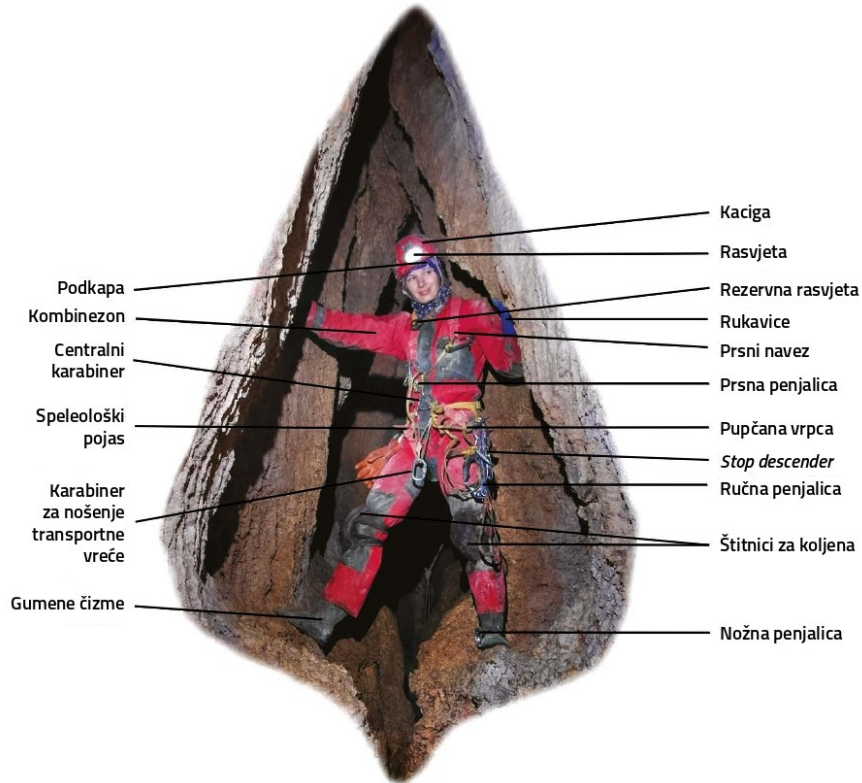
Darko Bakšić, Marin Glušević

Sve priloge izradio Darko Bakšić

## Uvod

Speleološka oprema je ona oprema koja speleolozima omogućuje sigurno kretanje po speleološkim objektima te ih čuva i štiti od hladnoće, vlage, vode,

vlažnih, oštih i skliskih stijena, blata i ostalih uvjeta koji vladaju u podzemlju (Slika 10.1).



Slika 10.1 | Standardna speleološka oprema

## Kriteriji u odabiru opreme

Prilikom odabira opreme uvijek treba voditi brigu o sigurnosti, masi, funkcionalnosti, čvrstoći i izdržljivosti.

## Sigurnost

Sigurnost mora biti na prvom mjestu. Danas postoji mnogo proizvođača speleološke opreme koji nude sve veći broj različitih sprava ili verzija pojedinih sprava, ostalu tehničku opremu, kao i užeta. Sigurnosni kriteriji koje oprema treba zadovoljavati definirani su direktivama i normama (standardima). Kad proizvođač za pojedini dio opreme, u skladu s propisanim direktivama i normama, prema jasno definiranim kriterijima ispunji sve uvjete on dobiva certifikat. Uz direktive i norme značajno je i ime proizvođača koji iza sebe ima tradiciju i čija je oprema već tijekom dugog niza godina provjerena u specifičnim zahtjevnim uvjetima. Također je važno pratiti te biti upoznat s neovisnim testiranjima opreme koja mogu provoditi pojedine spasilačke službe, profesionalne organizacije, udruge i slično.

Na speleološkoj opremi i užetima najčešće će biti otisnute sljedeće oznake: UIAA, CE, EN, te broj određene norme.

UIAA oznaka (logo) na opremi potvrđuje da oprema zadovoljava najviše međunarodne sigurnosne norme<sup>1</sup> prema standardima Međunarodne planinarske i penjačke federacije (UIAA – Union Internationale des associations d'Alpinisme – International Mountaineering and Climbing Federation). UIAA logo mogu koristiti samo oni proizvođači koji zadovoljavaju UIAA norme i koji su certificirani i registrirani u UIAA. Na stranicama UIAA mogu se naći informacije o pojedinim normama, certificiranoj opremi i proizvođačima, kao i akreditiranim laboratorijima koji testiraju opremu.

Za planinarsku i penjačku (speleološku) opremu, osim UIAA, norme propisuje i Europski odbor za normizaciju – (CEN – Comité Européen de Normalisation – European Committee for Standardization). Norme koje propisuju UIAA i CEN su slične, ali ne i identične. S obzirom na to da je UIAA prvi izdao norme za planinarsku i penjačku opremu, CEN je kod izrade normi za planinarsku i penjačku opremu preuzeo i prilagodio UIAA norme. Danas se UIAA norme

baziraju na CEN normama kako bi se izbjeglo multiplikiranje. Međutim, UIAA eksperti, u suradnji s proizvođačima, nastoje poboljšati UIAA norme i nekad propisuju više ili barem jednake zahtjeve kao CEN. UIAA norme mijenjaju se brže od CEN normi.

CE (Conformité Européenne) oznaka<sup>2</sup> potvrđuje usklađenost određene grupe proizvoda s temeljnim zahtjevima donesenim pojedinom Direktivom te potvrđuje da je poštovana procedura za certificiranje sukladno s odgovarajućom Direktivom.

Za speleologiju i speleospašavanje značajna je Direktiva 89/686/EEC<sup>3</sup> koja se odnosi na osobnu zaštitnu opremu (OZO) – Personal Protective Equipment (PPE). Ona postavlja uvjete koji diktiraju postavljenost OZO na tržištu i slobodno kretanje kroz zajednicu, kao i osnovne zaštitne preduvjete koje OZO mora ispunjavati da bi se osigurala zaštita zdravlja i sigurnosti korisnika.

OZO je razvrstana u tri kategorije prema razini rizika.

Kategorija I – OZO namijenjena zaštiti od minimalnih rizika (manje ozljede). Primjer za takve proizvode su naočale, maska za ronjenje i sl. Proizvodi moraju imati „CE” oznaku.

Kategorija II – OZO namijenjena zaštiti od ozbiljnih rizika (ozljede s mogućim trajnim posljedicama). Primjer za takve proizvode su kacige, ronilačko odijelo i slično. Proizvodi moraju imati „CE” oznaku i godinu proizvodnje.

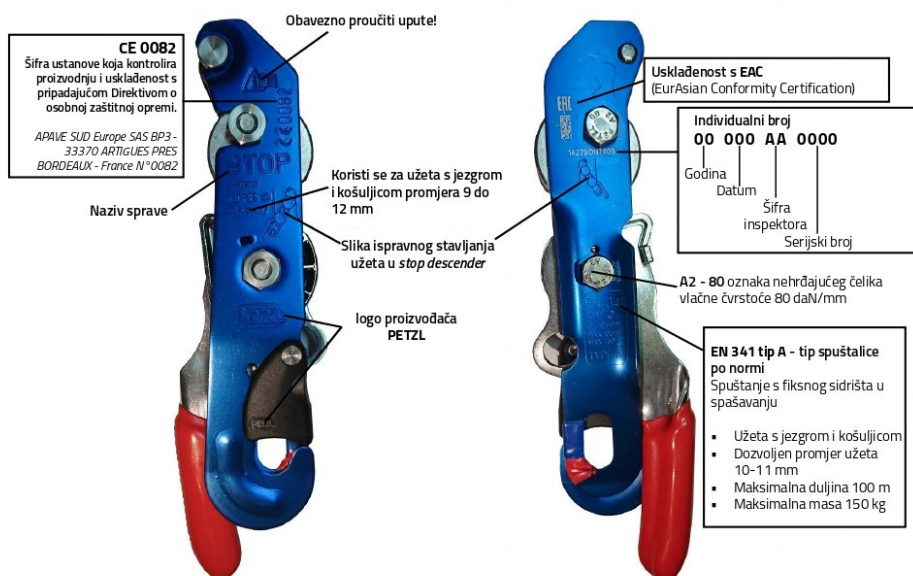
Kategorija III – OZO namijenjena zaštiti od rizika kojima je ugrožen život, kao što su na primjer užeta, karabineri, ronilački regulatori i sl. Proizvodi ove kategorije moraju imati „CE” oznaku, upisanu godinu proizvodnje, te identifikacijski broj (ID) certificiranog laboratorija (Slika 10.2). Mnogo speleološke opreme nalazi se u kategoriji III pa je zbog toga izuzetno važno biti upoznat s načinom korištenja, održavanja i stroge kontrole<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Više o UIAA sigurnosnim normama može se pročitati na <http://theuiaa.org/safety-standards/>

<sup>2</sup> Inicijalno je korištena oznaka EC, ali je Direktivom 93/68/EEC iz 1993. godine CE postao službena oznaka.

<sup>3</sup> Direktiva za osobnu zaštitnu opremu (89/686/EEC) od 21.12.1989 godine, promijenjena je u direktivu 93/68/EEC, direktivu 93/95/EES i direktivu 96/58/EES.

<sup>4</sup> AFNOR (Agence Française de Normalisation) je 2008. godine izdala normu NF 572-701 u kojoj je detaljno opisana identifikacija, kontrola i praćenje stanja opreme za sve tri OZO kategorije.



**Slika 10.2** | Primjer oznaka na stop descenderu. Na prednjoj je strani utisnuta oznaka CE s brojem ustanove (laboratorija) koji je potvrdio usklađenost s normom. Na stražnjoj strani je oznaka EAC i individualni (identifikacijski) broj. Ostale oznake opisane su na slici

Na opremi se još mogu vidjeti i oznake EAC i NFPA.

EAC (EurAsian Conformity Mark) je oznaka koja potvrđuje usklađenost određene grupe proizvoda s temeljnim tehničkim zahtjevima donesenim u Rusiji, Bjelorusiji, Kazahstanu i Armeniji.

NFPA (National Fire Protection Association)<sup>5</sup> je oznaka koja potvrđuje usklađenost s NFPA normama kojima je osnovna zadaća poboljšati metode zaštite od požara, električne sigurnosti i drugih srodnih sigurnosnih ciljeva. Iako usklađenost s ovom kategorijom normi nije od velikog značaja za speleologiju, postoje ekipe speleologa koji sudjeluju kao spasilačke ekipe za slučaj potresa pa onda za pojedine dijelove opreme treba provjeriti usklađenost s NFPA, na primjer užad.

### Masa

Prilikom odabira opreme važno je obratiti pažnju na njenu masu pri čemu prednost treba dati lakšim

materijalima, uz uvažavanje sigurnosnih kriterija. Na primjer, danas se uglavnom upotrebljavaju karabineri s maticom izrađeni od aluminjskih legura jer su lakši od svoje čelične inačice, pri čemu je zadovoljen i kriterij sigurnosti jer je nosivost ovih karabinera u pravilu 22 kN ili više. Budući da se prilikom istraživanja kompleksnih speleoloških objekata koristi velik broj karabinera, razlika u ukupnoj masi može biti značajna, što u konačnici šteti energiju, vrijeme i volumen.

### Funkcionalnost

Prilikom odabira opreme važno je voditi računa o njenoj funkcionalnosti (namjeni) pa sukladno tome treba raditi izbor. Treba se voditi principom jednostavnosti, a to znači izbjegavati kupnju sprava ili opreme koji se možda nikada neće upotrijebiti. Iako na tržištu postoji velik izbor sidrišnih vijaka, u speleologiji se na primjer najčešće koriste inoks fiksivi promjera 8 mm (opisani su u poglavlju o zajedničkoj opremi), te spitovi promjera 12 mm, s maticama 8

<sup>5</sup> Detaljnije o NFPA može se naći na <http://www.nfpa.org/>

mm. Na taj se način iste pločice i isti ključ br. 13 upotrebljavaju i s fiksevima i sa spitovima.

### Čvrstoća i izdržljivost

Morfologija i uvjeti u speleološkim objektima, kao što su na primjer uski meandri, oštre stijene, blato, voda, visoka vlažnost i slično, zahtjevni su za kretanje što se onda manifestira kroz intenzivnije habanje i trošenje opreme. Stoga su osobine čvrstoće i

izdržljivosti (trajnosti) poželjne. Uz proučavanje specifikacija koje uz opremu daju sami proizvođači iznimno je važno čuti i iskustvo speleologa koji određeni dio opreme koristi neko vrijeme pa zna kako se ta oprema ponaša u speleološkom objektu. Tako se na primjer može čuti koji su kombinezoni ili čizme najtrajnije, koliko su pojedine sprave za penjanje i spuštanje otporne na habanje i kako se ponašaju u uvjetima blata i leda, koliko je u realnim prilikama neka užad otporna na habanje i oštećenja i slično.

## Odjeća i obuća

### Rublje i pododijelo

Najbolje je koristiti tzv. sportsko rublje te tanke majice i tajice kao prvi sloj odjeće (Slika 10.3). Oni su izrađeni iz posebnih sintetičkih materijala koji dobro provode vlagu na svoju vanjsku stranu i brzo se suše. Takvo rublje omogućuje ugodan osjet suhoće i topline. Sportsko rublje mora više prijanjati uz tijelo od uobičajnog jer je time prijenos tjelesne vlage (znoja) bolji. Kvalitetnije vrste sportskog rublja imaju dodatnu antibakterijsku obradu čime se sprječava neugodan miris što je važno kod dugotrajnog boravka u podzemlju. Kvalitetnije rublje ima dodatnu antibakterijsku obradu, čime se sprječava neugodan miris,

što je važno kod dugotrajnih boravaka u podzemlju, te bolji kroj s plosnatim šavovima ili bez šavova s tanjim ili specijalnim materijalima na mjestima gdje se čovjek više znoji i rastezljivim materijalom koji omogućuje bolje prijanjanje uz tijelo i veću slobodu pokreta.

Pododijela su izrađena od različitih kombinacija sintetičkih materijala koji, kao i kod sportskog rublja, ne upijaju vlagu, već je prenose na svoju površinu, brzo se suše i elastični su pa omogućuju dobru pokretljivost. U novije vrijeme pododijela se rade od sve



Slika 10.3 | Slojevi odjeće ispod kombinezona izrađeni su od sintetičkih materijala ili posebno obrađene vune. Izbor materijala, kao i broj slojeva odjeće individualna je stvar

lakših materijala koji imaju dobra toplinska svojstva. Pododijela su jednodjelna, sa zipom od vrata do polovice leđa, te nekoliko mašnica koje omogućuju jednostavnije otvaranje pododijela. Postoje različite izvedbe stražnjeg dijela pododijela koje omogućuju obavljanje velike nužde bez skidanja kompletnog odjela. Neka pododijela imaju džep na prsima, a neka i kapuljaču. Izbor debljine pododijela (Slika 10.3) ovisi o temperaturnim uvjetima speleoloških objekata.



Slika 10.4 | Česta je kombinacija fleecе i vunениh čarapa koje se nose u gumenim čizmama te neopren čarapa u gozericama

## Čarape

Prilikom odabira čarapa važno je da između njih i gumenih čizama ili gozjerica ostane dovoljno prostora tako da stopala nisu stisnuta pa je cirkulacija normalna, a samim tim i osjet ugone i topline. Često se koristi kombinacija sintetičkih fleecе čarapa i vunениh čarapa gdje vunene čarape dodatno griju, štite fleecе čarape od trošenja i učvršćuju nožni članak (Slika 10.4). Neki speleolozi preferiraju neoprenske čarape.

## Kombinezon

Najčešće se koriste jednodjelni kombinezoni od kordure ili PVC materijala koji se zatvaraju čičak trakom (Slika 10.5). Čičak traka treba biti dovoljno čvrsta i široka kako se kombinezon ne bi otvorao pri provlačenjima. Ako je kombinezon od kordure, dobro je da ima ojačanja na koljenima, laktovima i stražnjici<sup>6</sup>.

Kombinezon bi trebao imati što manje izloženih šavova jer su to najslabija mjesta. Kombinezoni od PVC materijala znatno su krući od tzv. „kordura“ pa najčešće nemaju ojačanja. PVC kombinezoni prikladni su za mokre, blatne i uske speleološke objekte jer su vodoodbojni, vrlo čvrsti i skliski pa ne zapinju i ne drapaju se. Ovi kombinezoni su lijepljeni pa nemaju šavova. Nedostatak je što se prilikom intenzivnije tjelesne aktivnosti, kao što je na primjer penjanje po užetu, s njihove unutarnje strane kondenzira znoj. Kombinezoni od kordure nešto su mekaniji, što omogućuje slobodnije kretanje. Djelomično su vodoodbojni pa stoga bolje „dišu“, odnosno bolje propuštaju znoj koji se onda manje kondenzira s unutarnje strane. Poželjno je da kombinezon ima kapuljaču, iako to nije pravilo. Također je dobro da ima jedan džep u visini prsa. Zatvaranje džepa može imati dvostruki preklap s čičak trakom, što je bolje.



Slika 10.5 | Primjeri speleoloških kombinezona od kordure i PVC materijala

<sup>6</sup> Ojačanja na kombinezonu mogu se napraviti i od Sikaflex poliuretanskog ljepljiva koje se koristi u građevinarstvu. Sikaflex je fleksibilan, elastičan i otporan na habanje i atmosferilije. Nakon nanošenja Sikaflexa masa kombinezona povećava se za oko 300 do 400 grama.



Slika 10.6 | Niske i visoke gumene čizme bez podstave

Neki kombinezoni imaju i jedan unutarnji džep. Prilikom odabira veličine kombinezona treba provjeriti omogućava li slobodno kretanje. Kad se kombinezon obuče, mora omogućavati neometano visoko podizanje noge. Osim toga, dobro je čučnuti i istovremeno podići ruke u zrak. Kombinezon ne smije sputavati prilikom ove radnje. Kod nekih modela kombinezon se može obući preko čizama, što je praktično. Kombinezon ne smije biti niti preširok, niti preuzak. U suhim i toplim speleološkim objektima mogu se koristiti i platneni kombinezoni.

### Štitnici za laktove i koljena

Štitnici čuvaju laktove i koljena (Slika 10.1) od udaraca i natisaka, a iznimno su korisni ako u speleološkom objektu ima puno puzanja ili upiranja u stijene. Češće ih rabe stariji i iskusniji speleolozi. Nisu prikladni za duga hodanja jer smetaju ili žuljaju u predjelu lakta i koljena pa ih onda samo treba malo spustiti niže niz ruku ili nogu.

### Obuća

Najčešće se koriste visoke (do koljena) gumene čizme bez podstave (Slika 10.6). Čizme bez podstave lako se osuše ako u njih uđe voda. U čizme se može staviti uložak za stopalo izrezan od karimata, čime se omogućuje bolja izolacija, a karimat ne upija vodu kao standardni ulošci. Veličina čizama treba biti takva da se u njih može obući dva para čarapa ili neoprenske i sintetičke čarape. Dobro je od automobilske zračnice odrezati dva koluta gume koji se mogu koristiti za pridržavanje nogavica kombinezona. Neki speleolozi preferiraju kombinaciju gojzerica

s neoprenskim čarapama. Danas postoje i posebne gojzerice namijenjene za *canyoning*, izrađene od kordure. Gojzerice znatno bolje učvršćuju gležanj. Izbor obuće ovisi o vrsti speleološkog objekta i osjetljivosti na hladnoću. Nogavice kombinezona su preko čizama, a ne u čizmama jer će se prilikom penjanja kroz nakapnicu ili slap čizme vrlo lako napuniti vodom. U svakom slučaju treba uvijek imati na umu da se odabere ona kombinacija u kojoj će se pojedina osoba osjećati udobno tijekom duljeg boravka u podzemlju.

### Rukavice

Rukavice su obavezni dio opreme jer štite ruke od hladnoće i ozljeda. Najčešće se koriste rukavice od deblje gume koje sežu do lakta. Rukavice trebaju biti odgovarajuće veličine: s prevelikim rukavicama gubi se dobar osjet dok preuske rukavice stišću prste pa mogu ometati normalnu cirkulaciju, posebno jer ruke zbog vlage i napora mogu malo i nateći. Rukavice se nose preko rukava kombinezona tako da speleologu, prilikom penjanja, voda ne bi ulazila u rukave. Na vrhovima rukavica korisno je napraviti rupe tako da se mogu zakvačiti za karabiner kad se ne koriste. Praktično je na desnoj ruci imati dodatnu rukavicu koja sprječava trošenje gumene rukavice prilikom spuštanja. S obzirom na to da se desna rukavica obično potroši prije lijeve, može se lijeva rukavica okrenuti, zatim odrezati prste i koristiti kao dodatna rukavica (Slika 10.7). U hladnijim speleološkim objektima ispod gumениh rukavica mogu se nositi i tanke sintetičke rukavice. U nekim toplijim i suhim speleološkim objektima praktične su i različite rukavice rađene od sintetičkih materijala s kevlarskom ili sličnom zaštitom na dlanovima (Slika 10.7).





**Slika 10.7** | Različite vrste rukavica koje se koriste u speleologiji: (A) Tanke fleec rukavice (B) Gumene rukavice sa zaštitnom rukavicom za desnu ruku kojom se drži uža (C) Rukavice za suhe speleološke objekte i stijenu



**Slika 10.8** | Podkapa

### Podkapa

S obzirom na to da se velik dio topline gubi preko glave, iznimno je važno da svaki speleolog ima podkapa, koju stavlja na glavu čim stane ili osjeti hladnoću. Današnje podkape izrađuju se od sličnih sintetičkih materijala kao i sportsko rublje i pododijela, a najbolje su one koje pokrivaju cijelu glavu i vrat te imaju otvor za oči, nos i usta (Slika 10.8).

### Astrofolija

Astrofolija je tanka plastična folija presvučena metalnim (aluminij) slojem koji služi da bi reflektirao zračenu toplinu. Koristi se za utopljanje pa je obavezni dio osobne opreme. Dolazi u dvije kombinacije boja: srebro/srebro i zlato/srebro. Obično je dimenzija 210 × 130 cm ili 220 × 140 cm, a izrađuju se u dvije debljine. Tanka astrofolija koristi se za jednokratnu upotrebu i ima masu oko 60 g, dok je deblja astrofolija za višekratnu upotrebu i ima masu oko 200 g. Dimenzije i mase mogu se razlikovati ovisno o proizvođaču. Astrofoliju je najbolje nositi u unutarnjem džepu ili u unutrašnjosti kombinezona.



**Slika 10.9** | Speleolozi pod astrofolijom čekaju postavljajući opremu zadnju vertikalu Lubuške jame

Kod utopljanja astrofolijom u speleološkom objektu praktično je da pothlađeni speleolog sjedne na transportnu vreću kako bi bio izoliran od podloge (hladne stijene) i zagrne se astrofolijom okrenuvši srebrnu stranu (kod astrofolija koje imaju dvije boje zlato/srebro) prema sebi. Ako speleolog ima svijeću ili malo kuhalo preporučljivo je da ih stavi ispod astrofolije jer to značajno povećava toplinu. Ranije kad je acetilenska rasvjeta bila glavna rasvjeta, ona bi se koristila za zagrijavanje ispod astrofolije (Slika 10.9).

Preporuča se korištenje debljih astrofolija za višekratnu upotrebu jer su čvršće. Kad se udruži više speleologa, članova istraživačke ekipe, od debljih astrofolija se za slučaj potrebe može izraditi bivak za prisilni boravak ili bivak za nesrećenog speleologa. Nakon upotrebe astrofoliju treba očistiti i osušiti, a ako stoji dulje vrijeme da nije korištena treba ju povremeno prekontrolirati kako bi se utvrdilo da je još uvijek funkcionalna.

### Odjeća za speleološke objekte s vodom

U speleološkim objektima koji su djelomično potopljeni i gdje se napreduje plivanjem ili hodanjem upotrebljavaju se mokra i suha odijela. Mokra odijela izrađena su od neoprena i u njih, prilikom boravka u vodi, ulazi manja količina vode između tijela speleologa i odijela. Toplinom svog tijela speleolog zagrije ovaj vodeni sloj koji zajedno s neoprenom stvara toplinsku izolaciju. Poželjno je da odijelo dobro pristaje uz tijelo tako da se zagrijani sloj vode uz tijelo ne miješa stalno s novom količinom hladne vode. Po izvedbi, odijelo može biti jednodijelno i dvodijelno (Slika 10.10). Također se oblače i čarape i rukavice od neoprena. Temeljem iskustva, za speleološke objekte u Hrvatskoj pogodna su odijela debljine 5 mm jer omogućuju dovoljno kvalitetnu toplinsku izolaciju, kao i dugotrajno hodanje (što je često potrebno). Deblja odijela dolaze u obzir samo u slučaju stalnog plivanja. U toplijim speleološkim objektima (npr. područje Mediterana) gdje je temperatura vode znatno viša mogu se koristiti i kratka neoprenska odijela debljine 3 mm.

Suha odijela ne dozvoljavaju ulazak vode uz tijelo speleologa pa on ostaje suh. Ispod suhog odijela speleolog oblači standardno rublje i speleološko pododijelo, a po potrebi može obući i više slojeva odjeće. Najčešće se upotrebljavaju suha odijela od latexa<sup>7</sup> jer su funkcionalna, lagana i prihvatljiva po cijeni (Slika 10.11). Na mokro odijelo, kao i na suho odijelo od latexa obavezno se oblači speleološki kombinezon jer ih štiti od oštećenja i trganja ostrim stijenama.

Postoje i čvrsta suha odijela od trilaminatnih i kordura materijala koja se također mogu koristiti u speleološkim objektima, ali su ona znatno skuplja.



Slika 10.10 | Dvodijelno mokro ronilačko odijelo od neoprena debljine 5 mm



Slika 10.11 | Oblačenje suhog odijela na bivku „Sandy Beach“ na -1400 m u Voronji

<sup>7</sup> Povoljna i kvalitetna suha odijela mogu se naći na <http://estavelle.com/en/>

## Tehnička oprema

### Kaciga

Kaciga je obavezni dio speleološke opreme, namijenjen zaštiti od izravnih udaraca glavom o stijenu, od padajućeg kamenja, leda, ispuštenih komada opreme i slično. Osim toga, ona u speleologiji služi za nošenje rasvjete.

Sastoji se od ljuske i kolijevke. Ljuska je najčešće izrađena od tvrdih plastičnih materijala: ABS<sup>9</sup>, polikarbonata ili nekog drugog polimernog materijala, dok kolijevku čine najlonske trake ili čvrsta pjena. Kacige koje se koriste u speleologiji trebaju zadovoljavati neku od normi UIAA 106 ili EN 12492 (mogu i obje), a što je potvrđeno vidljivim UIAA i/ili CE oznakama na kacigi. Takve kacige ublažavaju udarce odozgo, sprijeda, straga i sa strane, do određene mjere štite od proboja oštrim predmetom, a jedan od zahtjeva je i određena stabilnost na glavi.

Prikladnije su kacige s kolijevkom od najlonskih traka (Slika 10.12) jer bolje odvajaju glavu od ljuske kacige što je važno kod amortizacije udarca. Između ljuske kacige i najlonskih traka može se staviti nekoliko hanzaplata i „surlica“ i eventualno tanka astrofolija, ali treba voditi računa da prostor između ljuske i kolijevke ne bude popunjen jer se time zapravo značajno

smanjuje amortizirajući učinak traka, a time i sigurnost.

Kod izbora treba paziti da se trake kacige mogu podešavati kako bi kaciga bila udobna i dobro pričvršćena. Ako su na kacigi uočljive bilo kakve deformacije, pukotine i oštećenja traka treba ju izbaciti iz uporabe.

### Rasvjeta

Svaki speleolog obavezno mora imati dva neovisna izvora rasvjete. To može biti kombinacija acetilenske i električne LED rasvjete ili dva izvora električne LED rasvjete. Osim toga speleolog mora uz sebe imati i rezervne baterije za LED rasvjetu. Rasvjeta je detaljno opisana u poglavlju *Rasvjeta u speleologiji*.

### Speleološki pojas

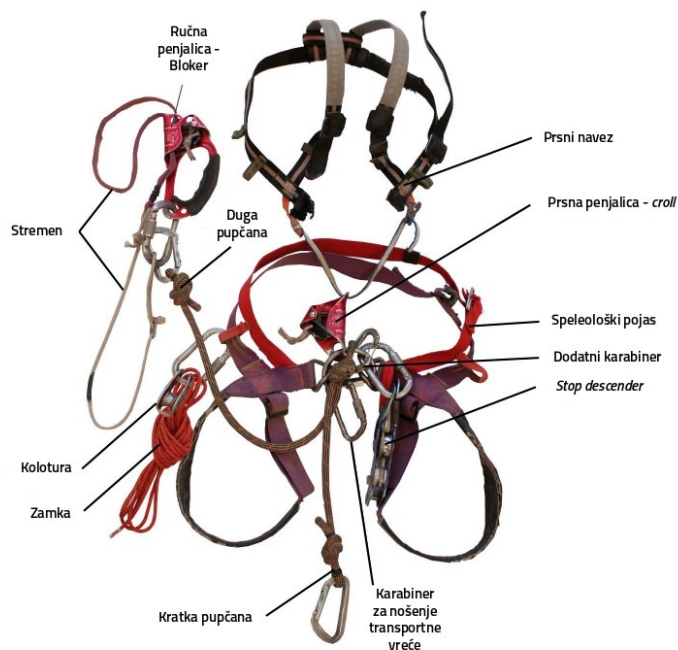
Speleološki pojas treba ispunjavati normu EN 12277 tip C. Izrađen je od sintetičkih traka otpornih na habanje. Koristi se isključivo za penjanje i spuštanje po



Slika 10.12 | Kaciga Vertex Petzl s rasvjetom Scurion

<sup>9</sup> Akrlonitril Butadien Stiren (ABS) je amorfni polimer koji nastaje polimerizacijom emulzije ili mase akrilonitrila i stirena u prisustvu polibutadiena. Najvažnija svojstva ABS-a su otpornost na udar i tvrdoća.

## Pregled speleološke opreme



Slika 10.13 | Oprema speleologa za kretanje po užetu

užetu. Iz tog je razloga težište pojasa smješteno nisko. Osim udobnosti, nisko težište omogućuje veliki hod prsne penjalice prilikom penjanja te znatno lakše prekopčavanje (Slika 10.13). Za tehnička penjanja u speleologiji, gdje dinamičko uže služi kao osiguranje, preporuča se upotreba alpinističkog pojasa. Može se koristiti i speleološki pojas u kombinaciji s prsnim navezom<sup>9</sup> gdje se dinamičko uže mora navezati kroz

speleološki pojas i prsni navez istovremeno, čime se dobije visoko težište tako da prilikom pada ne bi došlo do okretanja tijela speleologa. Speleoloških pojasa ima raznih modela i proizvođača. Važno je da je pojas siguran i udoban, da se lagano stavlja i da nema previše detalja koji bi smetali u uskim provlačenjima. Izbor pojasa ovisi o namjeni i tjelesnoj građi speleologa (Slika 10.14).



Slika 10.14 | Speleološki pojasevi s ispravno ukopčanim centralnim karabinerima, tako da se matica zatvara smjerom prema dolje, što je važno kod nošenja transportne vreće na centralnom karabineru

<sup>9</sup> Npr. prsni navez „MTDE Garma“ ili slični.

## Prsni navez

Prsni navez drži prсну penjalicu uz tijelo za vrijeme penjanja po užetu. Zbog toga se on mora postaviti što bliže uz tijelo kako bi se omogućilo da gornji dio tijela stoji u vertikalnom položaju i tako oslobađa ruke od nepotrebnog naprezanja. Prsni navez izrađen je od sintetičkih traka otpornih na habanje. Postoji više modela prsni naveza (Slika 10.15). Osobito su praktični prsni navezi sa širim trakama jer je opterećenje prilikom penjanja bolje raspoređeno na ramena i leđa. Neki prsni navezi imaju dobro izvedenu kopču koja omogućuje brzo i lagano rukovanje kod otpuštanja ili zatezanja prsne penjalice.



Slika 10.15 | Dvije osnovne varijante prsnog naveza

## Centralni karabiner

Pojas se zatvara centralnim karabinerom s maticom tipa *Maillon Rapide* „D“<sup>10</sup> izrađenim od čelika ili aluminija i maticom koja se zatvara na navoj (Slika 10.16A). Centralni karabiner ispravno se u pojas ukopča tako da ima svoj otvor na lijevoj strani (u lijevoj alki ili omči pojasa) i da se matica pri vrtnji prema dolje zatvara (Slika 10.14). U tom slučaju prilikom trenja užeta o maticu, ona će se još jače zatezati. Treba paziti da matica uvijek bude do kraja zatvorena kako se centralni karabiner u slučaju opterećenja ne bi trajno deformirao, što može biti vrlo opasno.



Slika 10.16 | (A) Centralni karabiner s maticom (B) Centralni karabiner s automatskim zatvaranjem

U novije vrijeme upotrebljava se i karabiner D oblika naziva *Omni Triact Lock* s automatskim zatvaranjem matice. Kod ovog karabinera treba obratiti pozornost na maticu prilikom nošenja transportnih vreća (Slika 10.16B).

## Pupčana vrpca

Služi za samoosiguranje prilikom prekopčavanja preko sidrišta, na priječnicama i slično. Izrađuje se od penjačkog dinamičkog užeta promjera 9 ili 10 mm. Za izradu pupčane vrpce potrebno je 2,5 do 3 m užeta. Pupčana vrpca sastoji se od dva nejednaka kraka (Slika 10.17). Oba kraka završavaju karabinerom bez matice s ravnom bravicom (mogu se koristiti i karabineri sa samozatvarajućom maticom) koji se vežu barelovim uzlom ili šesticom, a u centralnom su karabineru spojeni uzlom šestica, odnosno s dvije (odvojene ili povezane) šestice. Ako u speleološkim



Slika 10.17 | Pupčana vrpca – kraći krak služi za ukopčanje u sidrište prilikom njegovog prelaska, a duži krak ukopčan je u karabiner ručne penjalice (kao osiguranje) ili se koristi prilikom prelaska priječnica i gelendera te za potrebe osiguravanja

<sup>10</sup> Iako postoje centralni karabineri u obliku trokuta („Delta“ oblika), ovdje se ne navode jer nisu praktični zbog toga što sve sprave guraju u istu točku pa je rukovanje otežano.

objektima ima stalnog snijega i leda ili ako se u zimskim mjesecima ulazi u speleološke objekte treba voditi računa o tome da užeta mogu biti izuzetno kruta i zaleđena. Na ovakvim krutim i zaleđenim užetima karabineri bez matice na pupčanim vrpcama mogli bi se naglijim pokretom ili manjim padom jednostavno otvoriti pa se u takvim situacijama preporuča uporaba karabinera sa samozatvarajućom maticom.

Kraći dio pupčane vrpce s karabinerom mjereno od centralnog karabinera trebao bi biti duljine od lakta do vrha srednjeg prsta. Računa se da je kratka pupčana vrpca opterećena, a laktovi speleologa su otprilike u razini centralnog karabinera pa se karabiner pupčane lako primi u dlan. Dulji dio pupčane vrpce treba biti toliko dugačak da omogućuje visoko podizanje ručne penjalice kako bi hod (podizanje noge ili nogu) prilikom penjanja bio nesputan. Pri tome treba voditi računa da se, ako speleolog ostane visjeti na pupčanoj vrpici, ručna penjalica može dohvatiti rukom bez naprezanja. Uzlovi na pupčanoj vrpici moraju se zategnuti prije upotrebe. Slobodni kraj užeta iz uzla nakon opterećenja treba biti dug najmanje 10 cm.

### Sprave za spuštanje

Za spuštanje po užetima koriste se sprave raznih proizvođača i izgleda, ali sve imaju istu funkciju. Među najrasprostranjenijim spravama su *stop descender*, obični *descenderi* i *rack*<sup>11</sup>.

### Stop descender

U Hrvatskoj se najčešće koristi *stop descender* tvrtke Petzl (Slika 10.18). Koristi se za spuštanje po užetu debljine od 9 do 12 mm. Radi na principu trenja užeta koje se između dvije koloture stavlja u obliku slova S. Ispravno ukopčavanje užeta<sup>12</sup> u *stop descender* treba dobro uvježbati i uvijek provjeriti prema slici koja je utisnuta u *descenderu*.

Konstruiran je tako da u slučaju puštanja obje ruke (pad kamena na glavu ili ruke) ili u slučaju puštanja lijeve ruke koja drži ručicu (kočnicu), blokira užu i stane.

Kod pravilnog spuštanja po užetu, lijevom se rukom ručka (kočnica) *stop descendera* stisne do kraja, a desnom se rukom kontrolira brzina spuštanja. Spuštanje treba biti polagano i ujednačeno, bez trzaja. Brzo spuštanje nije dobro jer se stvara visoka temperatura koja deformira i troši užu.

Prilikom ispuštanja ručke iz lijeve ruke donja kolotura se rotira, stišće užu i blokira ga, pri čemu se ručka diže prema gore. Ne preporuča se brzinu spuštanja kontrolirati slabijim pritiskanjem ručke jer u tom slučaju donja kolotura gnječi užu koje se spljošti i jače zagrijava pa se užu brže troši. Nikako se ne smije stisnuti ručka (kočnica) lijevom rukom, a istovremeno ispustiti užu iz desne ruke jer dolazi do slobodnog pada po užetu. Ovo je ujedno i nedostatak *stop descendera* kada ga koriste početnici jer oni u trenutku



Slika 10.18 | Različite inačice *stop descendera*: (A) Petzl Stop (B) Kong Indy Evo (C) Anthron DSD Plus (D) Australijski SRT D1a

<sup>11</sup> <http://storrick.cnc.net/VerticalDevicesPage/VerticalHome.shtml> - iznimna kolekcija sprava za kretanje po užetu Boba Thrun-a koju je objavio dr. Gary D. Storrick.

<sup>12</sup> *Stop descender* može biti u različitim položajima pa u svim položajima treba uvježbati ukapčanje užeta.

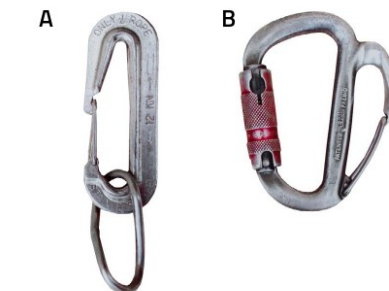
panike instinktivno stišću ručku (kočnicu) *descendera* umjesto da ju puste, što može dovesti do nekontroliranog spuštanja i pada.

Da bi kontrola spuštanja bila bolja, osobito ako su užeta blatna ili ledena, treba koristiti dodatni karabiner. Vezu *stop descendera* i centralnog karabinera čini ovalni ili asimetrični karabiner s maticom. U njega se ukopčava i dodatni karabiner. Eventualno se dodatni karabiner može ukopčati i izravno u centralni karabiner ako je manjih dimenzija pa *stop descender* ne može učiti u njega, npr. čelični karabiner *Raumer Handy* (Slika 10.19A). Također je moguće koristiti i karabiner koji već ima predviđeno trenje na sebi, tipa *Petzl freino* (Slika 10.19B).

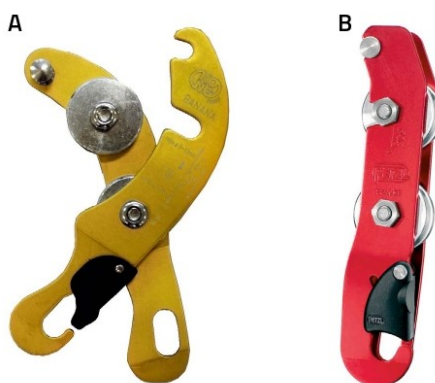
Posljednjih su godina, sve su prisutniji i dva-*stop descenderi* tvrtki Kong – Indy Evo, Anthorn DSD Plus koji će blokirati *descender* kada se ručica stisne do kraja i kada se ručica pusti. Australijski *stop descender* (model SRT D 1a) posjeduju u Hrvatskoj tek rijetki speleolozi koji su iznimno zadovoljni kontrolom brzine spuštanja i trajnošću ovih *stop descendera* (Slika 10.18). Tvrtka SRT ima također inačicu dva-*stop descendera*, kao i *stop descendera* za dvostruka užeta.

#### Obični *descender* (simple *descender*)

Koristi se za spuštanje po užetu debljine od 9 do 12 mm (Slika 10.20). Radi na principu trenja užeta koje se između dvije koloture stavlja u obliku slova S (može i u obliku slova C). Obavezna je upotreba dodatnog karabinera prilikom spuštanja. Preporučljivo je da taj dodatni karabiner bude nešto manjih dimenzija ili da se ukapča u karabiner s maticom koji povezuje obični *descender* i centralni karabiner. Bolje je da dodatni karabiner bude bez matice jer to pojednostavljuje ukapčanje. Spuštanje običnim *descenderom* manje je naporno jer ne zahtjeva stalno pritiskanje ručice lijevom rukom. Uže kroz obični *descender* klizi ujednačenije. Uz obični *descender*, iako se to često ne radi, preporuča se koristiti i *shunt* kao osiguranje jer u slučaju puštanja ruku (pada kamena na glavu ili ruku) dolazi do slobodnog pada po užetu.



Slika 10.19 | Dodatni karabiner povećava trenje i omogućuje bolju kontrolu spuštanja po užetu: (A) Raumer handy (B) Petzl freino



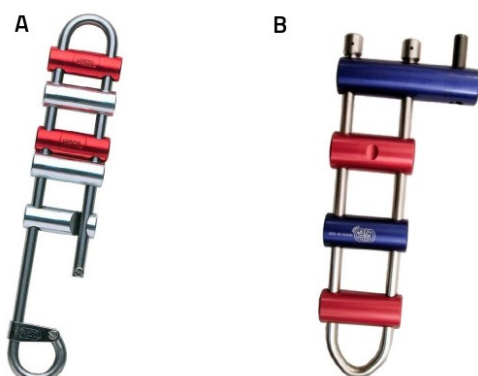
Slika 10.20 | Obični *descenderi* (A) Kong Banana (B) Petzl simple

#### *Rack*

Namjena ove spuštalice je spuštanje po dugačkim vertikalama s malo međusidrišta<sup>13</sup> gdje je masa užeta na početku spuštanja velika pa otežava ukapčavanje *descendera* i spuštanje s njim. Velika prednost *racka* je da se tijekom spuštanja dodavanjem prečica može povećati trenje. Ukrajinski i ruski speleolozi mnogo koriste *rack* spuštalicu bez obzira na broj međusidrišta u jami te im prelazak i prekopčavanje ne oduzima ništa više vremena nego speleolozima koji koriste *stop descender* (Slika 10.21).

Uglavnom se ne koristi u Hrvatskoj. Osnovni problem je nepoznavanje, a time i nepovjerenje.

<sup>13</sup> Jedan dio ukrajinskih i ruskih speleologa u jami Voronji koja ima jako međusidrišta koristio je *rack* što pokazuje da zapravo postoje određene predrasude o neprilkladnosti za prelazak preko brojnih sidrišta.



Slika 10.21 | (A) Rack u obliku (B) Rack u obliku (C) Korištenje racka u jami Voronji (dvorana Game over -2080 m)

Ovom spuštalicom moguće se puštati po jednome užetu promjera 9 - 13 mm ili dvostrukom 8 - 11 mm. Ovisno o proizvođaču ove spuštalice, različit je oblik J ili U (Slika 10.21), te broj poprečnih valjića među koje se upliće uže, pa se trenjem i razmakom između valjaka kontrolira brzina spuštanja.

Ovu spuštalicu bi trebali koristiti samo iskusni speleolozi, jer ispuštanjem užeta iz ruku, na izlazu iz sprave, dolazi do nekontrolirano brzog spuštanja i pada pa se time javlja potreba korištenja *shunta* kao osiguranja.

### Shunt

U speleologiji se najčešće koristi za samoosiguranje pri spuštanju običnim *descenderom*. U užu iznad običnog *descendera* ukopča se *shunt* te se u njega spoji dugom pupčanom vrpcom. Desnom rukom kontrolira se spuštanje običnim *descenderom*, a palcem i kažiprstom lijeve ruke (ili između kažiprsta i srednjaka tankom zamkicom) vuče se *shunt* po užetu iza običnog *descendera*. U slučaju puštanja ruku ostaje se



Slika 10.22 | Shunt

visjeti na *shuntu*. Prije nego se razblokira *shunt*, obavezno se treba zablokirati obični *descender* (vidi *Kretanje u speleološkim objektima*). *Shunt* (Slika 10.22) se može koristiti na jednostrukom užetu promjera od 10 do 11 mm, te na dvostrukom užetu promjera od 8 do 11 mm. Može se koristiti i za samoosiguravanje kod izrade priječnica, kao i za samoosiguravanje prilikom abseila po dvostrukom užetu nakon nekog tehničkog penjanja.

### Sprave za penjanje

#### Ručna penjalica - Bloker

Koristi se za penjanje po užetu promjera od 8 do 13 mm. Postoje lijeva i desna ručna penjalica s rukohvatom ili bez njega (npr. *basic-Petzl*) (Slika 10.23).

Penjalica je sprava koja u jednom smjeru propušta užu, a u drugom ga blokira, odnosno, u jednom smjeru slobodno klizi po užetu (prema gore prilikom penjanja), a u drugom kad se opteretiti „zagriže“. Opterećena penjalica ne može se otkopčati. Izbor ručne penjalice (s rukohvatom ili bez njega, kao i tip proizvođača) ovisi o korisniku. Pri penjanju ručnom penjalicom obavezno se koristi stremen koji može biti izrađen od gurtne ili dineme s gurtnom na stopalu. Dinema je praktičnija jer omogućuje izvođenje nekih tehnika samospašavanja. U ručnu penjalicu obavezno mora biti ukopčan dužji krak pupčane vrpce koji je spojen s centralnim karabinerom u pojasu. Speleolozi koji u penjanju koriste i nožnu penjalicu (*pantin*) često koriste ručnu penjalicu bez rukohvata.





Slika 10.23 | Različite inačice ručnih penjalica



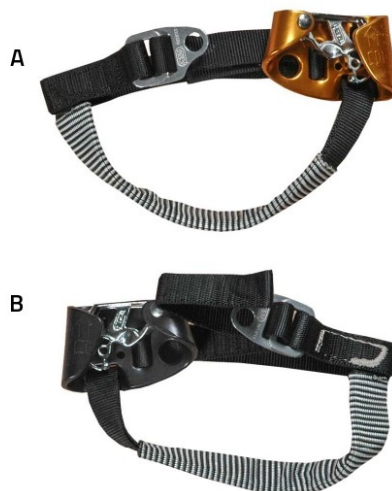
Slika 10.24 | Različite inačice prsnih penjalica

#### Prsna penjalica - *croll*

Koristi se za penjanje po užetu promjera od 8 do 13 mm (Slika 10.24). Radi na istom principu kao i ručna penjalica. Stavlja se izravno u centralni karabiner s krajnje desne strane. Gornji dio prsne penjalice pri drži prsni navoz, koji mora pri penjanju biti dobro zategnut kako bi speleologa približio užetu i time olakšao penjanje. Kod ručne i prsne penjalice treba posebno paziti da ih se opterećuje samo u vertikalnom smjeru jer bi im se inače bravica mogla otvoriti. Padovi na ove sprave mogu izazvati trganje košuljice užeta.

#### Nožna penjalica - *pantin*

To je penjalica koja se sistemom gurtne pričvršćuje na gležanj noge. Koristi se prilikom penjanja, kao treća penjalica koja ubrzava i olakšava napredovanje po užetu. Upotrebljava se za užeta promjera od 8 do 13 mm. Omogućuje penjanje s obje noge naizmjenično, tzv. „hodaње po užetu“. Prsni navoz pritom treba biti razlabavljen da omogući bolju pokretljivost i hod. Nožna penjalica izgledom podsjeća na skraćenu



Slika 10.25 | (A) Nožna penjalica (*croll*) za desnu nogu  
(B) Nožna penjalica (*croll*) za lijevu nogu

verziju ručne penjalice tipa *basic*, s tim da je prilagođena za što lakše stavljanje i skidanje užeta. Obzirom da su za penjanje dovoljne dvije penjalice izbor nožne penjalice ovisi o speleologu. Postoje nožne penjalice za desnu i lijevu nogu (Slika 10.25). Uvijek treba imati na umu da je nožna penjalica pomoćna sprava, a ne sprava za osobnu sigurnost, za razliku od ručne i prsne penjalice.

### Karabineri (sponke) u osobnoj opremi

Karabineri su obavezni dijelovi osobne opreme, a služe za spajanje pojedinih sprava ili dijelova opreme sa speleološkim pojansom i prsnim navezom speleologa. Najčešće se koriste karabineri od aluminijske legure zical. Na osobnoj opremi trebaju biti 2-3 karabinera bez matice i 5 karabinera s maticom (Slika 10.13). Dva karabinera bez matice s ravnim vratšćima koriste se za pupčanu vrpču. Za ukopčavanje *stop descendera* (ili običnog *descendera*) koristi se karabiner s maticom, te jedan dodatni karabiner za trenje. Karabiner za trenje je bez matice da se u njega lakše može ukopčati uže. Trebao bi biti užih (manjih) dimenzija kako tijelo *descendera* ne bi moglo ući u njega. Ako se za *stop descender* koristi *freino* karabiner onda dodatni karabiner za trenje nije potreban.

Karabiner s maticom koristi se za ručnu penjalicu. Tim karabinerom su povezani bloker i stremen, te se u njega ukapča dulji krak pupčane vrpce. Za vješanje transportne vreće u pojas koristi se karabiner s maticom. Iako taj karabiner nije izložen nekom posebnom opterećenju dobro je da ima maticu jer prilikom rukovanja s transportnom vrećom može doći do nehotičnog otvaranja i pada transportne vreće u vertikali. Na pojasu stoje još dva karabinera s maticom. U jednom je ukopčana kolotura (sa zamkom), a u drugom kladivo i spiter. Ako speleolog ne oprema jamu, onda mu kladivo i spiter nisu potrebni.

### Kolotura

Sastavni dio osobne opreme je i kolotura nosivosti iznad 20 kN koja se koristi za potrebe podizanja tereta (transportnih vreća), kod izrade nekih sistema za samospašavanje i spašavanje (Slika 10.13). U Hrvatskoj se najčešće upotrebljava kolotura tipa *fixe* od Petzla. Ova se kolotura upotrebljava samo s ovalnim karabinerima, npr. Petzl OK.

### Zamka

Pomoćno uže debljine 5 ili 6 mm<sup>14</sup>, duljine 5 m koje se upotrebljava za razne improvizacije i samospašavanje. Preporuča se korištenje zamki izrađenih od dyneema ili kevlar duljine 5 m (Slika 10.13) jer imaju veću nosivost u odnosu na standardne zamke istog promjera. Nosivost im se kreće u rasponu od 12-18 kN.

### Ključ broj 13 i 17

Iako se u speleologiji koriste spitovi i fiksovi u koje se pričvršćuju pločice isključivo ključem br. 13, moguće je naići na ranije postavljena sidrišta za koja je potreban i ključ br. 17 te ga je korisno imati na istom ključu (Slika 10.26). Prilikom odabira ključa, obavezno treba voditi računa da je takvih dimenzija da se njime mogu zavijati i matice na ringovima. Ključ br. 17 također može poslužiti za otvaranje previše zategnute matice centralnog karabinera.



Slika 10.26 | Ključ 13 i 17

<sup>14</sup> Ranije su se najčešće upotrebljavale zamke od poliamida s košuljicom i jezgrom, a danas je zbog veće nosivosti i otpornosti na habanje preporuka *dyneema* ili kevlar.

## Nož

Nož je obavezan dio osobne opreme. Neki speleolozi nose ga na uzici oko vrata (Slika 10.27), a neki u džepu kombinezona. Nije prikladno nezaštićen nož nositi na pojasu jer je izložen negativnom djelovanju vode i blata. Iznimno je važno imati oštar nož, a dobro je da nož ima i otvarač za konzerve i šilo.

## „Surlica“

Surlica je tanko plastično crijevo duljine oko 30 cm koje se nosi u kacići ili u džepu kombinezona. Ima više funkcija: služi za ispuhivanje rupe od kamene prašine prilikom izrade sidrišta, pije vode ili punjenje karabitke na mjestima gdje se vodu ne može ničime zagrabiti (Slika 10.28A).

## Mijeh za vodu

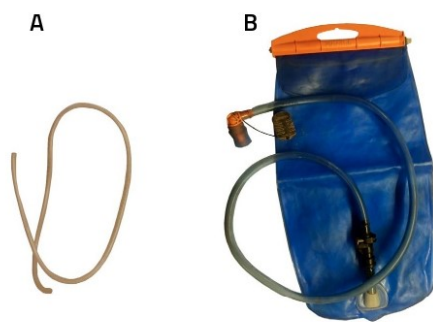
Nije obavezni dio osobne opreme, ali se pokazao izvrsnim rješenjem prilikom intenzivnog fizičkog napora (dugotrajno penjanje) jer omogućuje speleologu da redovito pije vodu pa ne dolazi do dehidracije. Vrlo praktični su oni koji imaju crijevo za ispijanje vode, a sami mijeh s vodom drži se uz tijelo unutar speleološkog kombinezona pa je voda zagrijana (Slika 10.28B). Za ovu svrhu može se koristiti i najobičnija plastična boca, a ako se drži u kombinezonu onda ne bi trebala biti veća od 0,5 l jer ometa slobodu kretanja (penjanja).

## Osobna transportna vreća

To su transportne vreće izrađene od PVC materijala manjih dimenzija u rasponu od 5 do 15 l volumena



Slika 10.27 | (A) Švicarski nož *Rescue Tool* (B) Petzl *Spatha*



Slika 10.28 | (A) Surlica (B) Mjeh za vodu

(Slika 10.42). Služe za nošenje potrebnih osobnih stvari po procjeni speleologa, a ovisno o speleološkoj aktivnosti. U takvim transportnim vrećama speleolozi najčešće nose komplet prve pomoći, hranu, vodu, malo kuhalo, suhu odjeću (čarape, donja majica, prsluk...), rezervne baterije i slično.

## Literatura

### Literaturverzeichnis

#### A. Primarna:

Mattes, J. & Kuffner, D. *HÖH(L)ENLUFT UND WISSENSRAUM Die Gassel-Tropfsteinhöhle im Salzkammergut zwischen Alltagskultur, Naturkunde und wissenschaftlicher Forschung*. Oberösterreichisches Landesmuseum. Linz. 262-282.

Rnjak, Goran et al. *Speleologija, II izmijenjeno i dopunjeno izdanje*. Speleološko društvo Velebit, Hrvatski planinarski savez, Hrvatska gorska služba spašavanja. Zagreb. 2019. 115-132

#### B. Sekundarna:

Hansen-Kokoruš, Renate; Matešić, Josip; Brozović Rončević, Dunja; Pečur-Medinger, Zrinka; Znika, Marija (2005): *Deutsch-kroatisches Universalwörterbuch = Njemačko-hrvatski univerzalni rječnik*. Zagreb. Nakladni zavod Globus: Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje.

Helbig, Gerhard; Joachim, Buscha (2001): *Deutsche Grammatik. Ein Handbuch für den Ausländerunterricht*. Berlin und München: Langenscheidt KG.

#### Mrežne stranice:

Höhlenausrüstung. Dostupno na: <https://www.hoehlenforschung.org/was-braucht-man/ausruetzung>. [15.09.2023.]

Kanirope Shop – Seile Absturzsicherung Kletterausrüstung. Dostupno na: <https://www.kanirope.de/abseilgeraet-stop-petzl> [15.09.2023.]

Timber tools. Dostupno na <https://www.timbertools.de/Fusssteigklemmen>. [15.09.2023.]

PSA-Richtlinien. Dostupno na <http://www.psa-richtlinien.de/richtlinie-89686ewg/>. [15.09.2023.]

Bolting. Dostupno na: <https://bolting.eu/bruchlast-karabiner/>. [15.09.2023.]

Trekbikes. Dostupno na: [https://www.trekbikes.com/de/de\\_DE/bike-helmet-parts/](https://www.trekbikes.com/de/de_DE/bike-helmet-parts/). [15.09.2023.]

ADAC. Dostupno na: <https://www.adac-shop.de/reisezubehoer/sicherheitsbekleidung/10896/rettungsdecke-silber/gold>. [15.09.2023.]

Bergfreunde. Dostupno na: <https://www.bergfreunde.de/klettergurte/>. [15.09.2023.]

Petz. Dostupno na: <https://www.petzl.com/DE/de/Sport/Transportsacke-und-Zubehor/SHUNT> [15.09.2023.]

Antropogeografija. Dostupno na: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=3188> [20.03.2023.]

Speleologija. Dostupno na: <http://speleologija.eu/hrv/turizam.html>. [20.03.2023.]

Glavni Dolomit. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/959861>. [20.03.2023.]

Karstifikacija. Dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/247277>. [20.03.2023.]

Predalpe. Dostupno na: <https://proleksis.lzmk.hr/9610/>. [20.03.2023.]

Zvezdasti dijagram. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53812>. [20.03.2023.]

Speleološki rječnik. Dostupno na: <https://www.hps.hr/files/data/151/Speleoloski%20rjecnik.pdf>. [20.03.2023.]

Sinter. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=56166>. [20.03.2023.]

Dijageneza. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=1508>. [20.03.2023.]

Vodno lice. Dostupno na: <http://struna.ihjj.hr/naziv/vodno-lice/9220/>. [20.03.2023.]