

Blitzlichtphotographie in Höhlen.

Von **Georg Kyrle** (Wien).

In allen Räumen, die nicht oder nur ungenügend durch Tageslicht erhellt sind, erscheint es notwendig, für photographische Aufnahmen künstliche Lichtquellen zu verwenden. Dies trifft fast ausnahmslos in unterirdischen Räumen und damit auch in Naturhöhlen zu. Bei diesen stellen aber häufig der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Höhlenwetter, eintropfende Sickerwässer, starke Verschmutzung der Apparatur usw. hohe Anforderungen an die Beleuchtungstechnik. Die oft schwere und langdauernde Durchkletterung von Höhlen und die meist stundenlangen Anstiegswege zu Höhlen im Gebirge erfordern auch eine möglichst leichte Ausrüstung.

Wenn man von der Beleuchtung kleinerer und unbewegter Aufnahmebilder mit starken **Gru ben l a m p e n** absieht, die bei einiger Übung in den meisten Fällen weiche und gut durchgezeichnete Negative ergeben, wird fast allgemein das metallische Magnesium als Lichtquelle verwendet. Von der Besprechung der elektrischen Beleuchtung können wir absehen, weil die hiezu erforderlichen Apparaturen voluminös und bruchgefährlich sind und mit Ausnahme einiger elektrisch beleuchteter Schauhöhlen auch nirgends in den Höhlen elektrischer Strom zur Verfügung steht.

Die ganze einschlägige Literatur über Höhlenphotographie behandelt nur die Magnesiumbeleuchtung. Als erster hat **M. K ř i ž** (1883), der bekannte mährische Höhlenforscher, in Höhlen photographische Aufnahmen bei elektrischer Beleuchtung aus galvanischen Batterien und mit brennendem Magnesiumband gemacht. Über Blitzlichtaufnahmen in Höhlen berichtet als erster **M. M ü l l e r** (1889), und zwar über Aufnahmen in der Hermannshöhle bei Rübeland. Diese Aufnahmen fallen in eine Zeit, in welcher die Verwendung von Magnesium als künstliche Lichtquelle noch ganz im Anfangsstadium sich befand, und so hat diese ausgezeichnete Publikation nicht nur einen besonderen Wert für die Photographie in Höhlen an sich, sondern auch für die Geschichte der Blitzlichtphotographie im allgemeinen. Auch **F. K r a u s** (1894) erwähnt sie.

Auch der bekannte französische Speläologe **E. A. M a r t e l** (1907) hat recht dankenswerte Beiträge zur Ausgestaltung der Höhlenphotographie gegeben. **B. B a u m g ä r t e l** (1913) beschäftigt sich hauptsächlich mit photographischen Aufnahmen in Bergwerken, **R. P o l l a n d** (1914) berichtet in

gedrängter Form über seine Erfahrungen, und unter besonderer Berücksichtigung des damals gerade neu in den Handel gekommenen „Agfa-Blitzlichtes“ teilt A. A s a l (1926) kurz seine Erfahrungen bei Blitzlichtaufnahmen in der Eisriesenwelt mit. Der dankenswerte Beitrag von S. G r a d e n i g o (1926) berichtet über die maßgebenden Gesichtspunkte bei der Höhlenphotographie, welche sich bei den sehr ergebnisreichen Höhlenforschungen in Italien bewährt haben, F. O e d l (1922) teilt seine Erfahrungen mit photographischem Material der Firma Perutz mit, und W. B i e s e (1931) beschreibt ganz allgemein Aufnahmen unter Tag.

Die Blitzlichtphotographie im allgemeinen ist in einer ganzen Anzahl von photographischen Lehr- und Handbüchern mehr oder weniger ausführlich abgehandelt. Diese Bücher auch nur teilweise hier anzuführen, würde viel zu weit führen. Einen guten Überblick im Gegenstande gibt z. B. H. S c h m i d t (1910).

In keiner dieser Veröffentlichungen ist aber die Technik der Blitzlichtphotographie ausführlich besprochen und auf die höchste Betriebssicherheit und größtmögliche Ausschaltung von Unglücksfällen besonders Bedacht genommen. Als Beispiel sei nur angeführt, daß B. B a u m g ä r t e l (1913, S. 248) noch empfiehlt, „jede Platte nach der Belichtung an Ort und Stelle unter Tag zu entwickeln“, da „trotz großer Übung es einem passieren kann, daß eine Aufnahme vollständig mißlingt“.

Ich selbst habe mehrfach bei ganz hoffnungslosen, zum unbedingten Mißerfolg verurteilten Aufnahmearrangements (Vernebelung, starker Tropfwaterfall, ungenügende Blitzlichtmengen u. a. m.) auf meine diesbezügliche Einwendung von begeisterten Jüngern der Höhlenkunde die Antwort erhalten: „Vielleicht gelingt die Aufnahme doch, und wenn nicht, so schadet es auch nichts.“ Wenngleich auch bei größter Obsorge und Übung gelegentliche Mißerfolge nicht unbedingt ausgeschlossen werden können, so muß die ganze Anordnung doch eine solche sein, daß sie, wenigstens in der Regel, keine Fehlaufnahmen ergibt. Dies ist unbedingte Voraussetzung in allen jenen Fällen, in denen es sich nicht um gelegentliche Höhleneinzelaufnahmen, sondern um Serienaufnahmen, die untereinander in Beziehung stehen, handelt. Hier kommt man mit einer Technik, die nur mehr oder weniger eine Aussicht auf Erfolg verspricht, nicht aus.

So haben wissenschaftliche Höhlenfahrten in fremden Ländern, die nach Hunderten zählenden photographischen Kontrollaufnahmen in der Dachsteinrieseneishöhle und die amtlichen Aufnahmen für das Österreichische Höhlenbuch nach einer Beleuchtungstechnik Ausschau halten lassen, die ohne komplizierte und schwere Ausrüstung wohlfeil, expeditiv und betriebssicher ist und nicht zuletzt den größtmöglichen Schutz für die Gesundheit des Beleuchtungsmannes verbürgt.

Mit der später zu besprechenden Beleuchtungstechnik, die im Laufe ihrer Anwendung immer wieder verbessert und ergänzt wurde, sind in den letzten Jahren von meinen Schülern und mir weit mehr als 1000 Höhlenaufnahmen durchgeführt worden, ohne daß damit auch nur eine einzige Aufnahme — selbstverständlich abgesehen von Versuchsaufnahmen — sich bei der Entwicklung als unbrauchbar herausgestellt und bei strenger Befolgung der Vorschriften auch nur ein einziger Unglücksfall ereignet hätte. Diese praktische Erprobung scheint mir einige Berechtigung dafür zu geben, nunmehr mit einer Veröffentlichung vor die Fachwelt zu treten. Vorerst möchte ich aber ganz kurz die Verwendung der Magnesiumbeleuchtung in Höhlen im allgemeinen besprechen.

Die Lichtwirkung des Magnesiums beruht darauf, daß metallisches Magnesium bei hohen Temperaturen und Anwesenheit von Sauerstoff zu Magnesiumoxyd verbrennt, und dieses bei der Verbrennung eine bedeutende optische Helligkeit besitzt, alle Farben des Spektrums enthält und besonders reich an violetten und ultravioletten Strahlen ist.

Diese Verbrennung wird bei Magnesiumbeleuchtung erreicht durch:

1. Entzündung eines Magnesiumdrahtes oder -bandes;
2. Durchblasen von feinstem Magnesiumpulver durch eine Flamme (Pustlicht);

3. Vermengung feinsten Magnesiumpulvers mit einem Sauerstoff leicht abgebenden Körper und Entzünden dieses Explosionsgemenges (Explosionslicht). Verbrennt das Gemisch langsam, so spricht man von Zeitlicht, verbrennt es plötzlich, blitzartig, so spricht man von Blitzlicht¹.

Das Magnesiumband, welches jetzt meist aus einem Juteband, imprägniert mit Magnesiumpulver, hergestellt wird, entzündet man in der Flamme. Es brennt ebenso wie der Magnesiumdraht mit ruhiger, scharfleuchtender Flamme, aber unter ziemlich starker Rauchentwicklung. Das Licht genügt zum Ausleuchten nicht allzu großer Räume, ist für größere Aufnahmen aber zu schwach und kann nur Verwendung bei kleinen Aufnahmeflächen finden. Das flackernde Brennen gibt weiche Negative.

Während des Abbrennens kann man den Standort der Lichtquelle

¹ In letzter Zeit wurde eine mit Gas gefüllte Lampe in der Art einer elektrischen Birne herausgebracht, in der durch Anschluß an eine elektrische Taschenlampenbatterie das Magnesium blitzartig verbrennt. Sie arbeitet vollständig rauchfrei, gibt einen Helligkeitswert von etwa 5 Gramm Explosionsgemisch, kann aber nur einmal verwendet werden und kostet S 2.50. Sie ist ziemlich voluminös und muß möglichst stoßsicher transportiert werden. Für kleine Aufnahmefelder und als Aufhellungslicht sind diese Blitzlichtbirnen, deren Handhabung sehr einfach ist, ausgezeichnet geeignet. Für weite Transporte und Serienaufnahmen kommen sie aber infolge ihres großen Volumens und der leichten Zerbrechlichkeit nur fallweise in Betracht.

wechseln, wodurch mit ein und derselben Lichtquelle eine gute Schatten-aufhellung erreicht wird.

Dort, wo ein Magnesiumband von $\frac{1}{4}$ m Länge als Lichtquelle nicht mehr ausreicht, empfiehlt es sich, nebeneinander mehrere Streifen oder an verschiedenen Stellen solche gleichzeitig zu entzünden, da sich bei längerer Brenndauer die Rauchschwaden störend auswirken können. Mit dem Magnesiumband kann man nur Zeit- und keine Momentaufnahmen machen.

Magnesiumbandlampen mit Hand- oder automatischem Nachschub sind entbehrlich und nicht zu empfehlen. Es genügt, wenn man das Magnesiumband gerade ausstreicht und frei in der Hand abbrennt. Vor dem Verbrennen der Finger kann man sich durch Achtgeben, nötigenfalls auch durch einen starken Handschuh schützen.

Das Pustlicht beruht darauf, daß feinstes Magnesiumpulver durch eine brennende Flamme rasch durchgeblasen wird und dabei zu Magnesiumoxyd verbrennt. Hierzu sind sogenannte Pustlampen notwendig. Diese bestehen aus einem Behälter für den mit Spiritus getränkten Docht, einer kleinen Röhre, in welche reines Magnesiumpulver eingeschüttet wird, und dem Gebläse. Es gibt eine große Anzahl der verschiedensten Systeme, doch gehen sie alle auf die vorgenannten Grundelemente zurück. Auch mehrflammige Lampen sind im Handel. Mit einer Pustlichtlampe, die Scheibenform, einen Durchmesser von einem halben Meter und 20 Flammen hatte, konnte ich in prähistorischen Bergwerken Salzburgs in den Jahren 1910 und 1911 sehr gute Erfolge erzielen. Die Lampen haben den Vorteil, daß sie bei einiger Übung und Vorsicht ganz ungefährlich sind. Für den damaligen Stand der Beleuchtungstechnik arbeiteten sie zufriedenstellend, sind aber schwer und müssen sorgfältigst gewartet werden. Die Verschmutzung der Lampen ist schon bei normalem Gebrauch bedeutend, was in Höhlen noch wesentlich vermehrt wird. Mehr als 30 Gramm Magnesiumpulver läßt sich aber auch in der von mir seinerzeit verwendeten, sehr großen Lampe auf einmal nicht abbrennen. Wenn man bedenkt, daß für manche Großaufnahmen in Höhlen 100 und mehr Gramm Explosionslicht benötigt werden, so wird man für solche Aufnahmen mit dem Pustlicht überhaupt nicht auskommen. Aus diesen Gründen habe ich auch die Pustlichttechnik für Höhlen nicht weiter verfolgt, weil ihr die Blitzlichttechnik — abgesehen von der größeren Gefährlichkeit — in jeder Beziehung überlegen ist. Wenn aber trotzdem Pustlampen verwendet werden, so muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß nur reines, ungemischtes Magnesiumpulver durchgeblasen werden darf und ja nicht ein Explosionsgemenge, was ein unabsehbares Unglück für den Beleuchtungsmann mit sich bringen könnte.

Das Blitzlicht beruht darauf, daß Magnesiumpulver mit Körpern, die leicht Sauerstoff abgeben, gemischt wird und das Gemenge bei der Ent-

zündung explodiert. Dabei verbrennt das Magnesiumpulver durch die Sauerstoffabgabe momentan und es erfolgt eine äußerst intensive Belichtung. Solange man mit Explosionsstoffen hantiert, muß man immer der Tatsache eingedenk sein, daß man es mit einem Zündsatz zu tun hat, äußerste Vorsicht geboten erscheint und alle Vorsichtsmaßnahmen genau zu befolgen sind.

Das Blitzlicht ist in den verschiedensten Zusammensetzungen und Ladenpackungen im Handel. Die Zusammensetzungen, vielfach von Fabriken gesetzlich geschützt, variieren voneinander nur geringfügig, gewöhnlich durch Beigabe bestimmter Stoffe, um für ganz bestimmte Plattensorten abgestimmt zu sein.

Von Blitzlichtpackungen, die fabrikmäßig auf den Markt gebracht werden, seien die verschiedenen Kapselblitze und Patronen erwähnt, die aber in Höhlen leicht Feuchtigkeit anziehen und eine beliebige Dosierung nicht zulassen. Für Zeitlicht sind Zeitlichtkerzen und -fackeln am meisten bekannt.

Grundsätzlich verwende ich nur loses Blitzlichtpulver, und zwar ein Gemenge von 35 Gramm reinen, feinsten Magnesiumpulvers und 15 Gramm Kaliumchlorat. Beide Substanzen werden getrennt in weithalsigen Flaschen (50 und 20 cm³ Wasserinhalt) mit Korkstopfeln aufbewahrt und der Stoppel verparaffiniert. Auf diese Art erhalten sich die Substanzen jahrelang unverändert, und auch bei sehr langen Höhlentouren und großer Feuchtigkeit wird ihre Güte nicht beeinträchtigt. Die Flasche, in welcher das Magnesiumpulver verwahrt wird, ist außen graduiert, so zwar, daß der Zwischenraum zwischen zwei Teilstrichen je 10 Gramm gemischten Blitzlichtgemenges entspricht (Fig. 1).

Beim Mischen schüttet man langsam das chlorsaure Kali in die Magnesiumflasche und schüttelt vorsichtig so lange, bis ein gleichmäßiges, hell-silbergraues Gemenge entstanden ist. Weiße Zonen oder Klümpchen dürfen nicht mehr vorhanden sein. Falls sich das chlorsaure Kalikristallpulver in seiner Flasche etwas zusammengestockt haben sollte, lockert man es durch leichtes Schütteln, und wenn sich Klümpchen gebildet haben, verdrückt man sie vorsichtig mit der Fingerbeere oder einer reinen Messerspitze. Stärkeres Drücken ist wegen Explosionsgefahr unbedingt zu vermeiden. (Gehen die Knöpfchen nicht mehr durch leichtes Drücken auseinander, so schüttet man das chlorsaure Kali als unbrauchbar weg.) Kleine Kaliumchloratklümpchen sind zu entfernen, da sie manchmal die unangenehmen Magnesiumspritzer bewirken können (Taf. I, Fig. 1).

Bei dem Mischen des Blitzlichtgemenges muß man Funken, glimmende Zigaretten, offenes Licht usw. vorsichtig meiden, weshalb man womöglich bei Tageslicht so viel Flaschen mischt, als man vermutlich für eine Befahrung benötigt. Um nicht in Verlegenheit zu kommen, nimmt man auch noch einige ungemischte Flaschen als Reserve mit.

Für das Abbrennen des Blitzlichtes sind Blitzlichtlampen entbehrlich. Sie funktionieren nicht immer verlässlich, verlangen eine sorgfältige Wartung und verlieren bei stärkerer Feuchtigkeit ihre Betriebssicherheit.

Man brennt grundsätzlich auf Abbrenntassen ab. Das sind quadratische oder längliche Blechtassen von 10 bis 15 cm Länge, auf der Oberseite mit einer etwa 0,5 cm hohen Einfassungsleiste und auf der Unterseite mit einem Normalgewinde versehen, das auf Stative aufschraubbar ist.



Fig. 1. Graduierte Blitzlichtflasche.

Das letztere erscheint notwendig, da sehr häufig ein passender Standort für das Blitzlicht auf dem Höhlenboden nicht zu finden ist und in diesem Falle durch ein Stativ die Aufstellung unabhängig wird. Die Stative, besonders solche aus Holz, leiden stark durch oftmaliges Abbrennen, weshalb man zweckmäßig alte Metallstative verwendet, die man in jeder größeren Photohandlung um einige Schillinge erhält.

Die Zündung mit einer glimmenden Lunte (Sprengschnur, Salpeterpapier o. ä.) führt wegen der Feuchtigkeit in Höhlen sehr häufig nicht zum Erfolg. Hingegen ist die Entzündung des Papiers, auf welchem das Blitzlicht ausgestreut wird, bei richtiger Manipulation immer von Erfolg begleitet.

Wir legen daher auf die Abbrenntasse ein Stück starkes, quadratisch geschnittenes Wachs(Cerat)papier von ungefähr 15 cm Seitenlänge. Auf dieses legt man, im Kreuz verschränkt, ein gleich großes Stück geripptes, starkes Seidenpapier (starke Papierserviette), und auf dieses wird die Blitzlichtmenge bei größter Vorsicht gegen offenes Licht, Funken usw. in der angegebenen Menge fächerförmig aufgestreut. Die entnommene Menge kann man leicht an der Graduierung der Flasche ablesen. An einer verschränkten Stelle wird sowohl das Wachs- als auch das Seidenpapier gleichzeitig angezündet, und zwar, sofern es sich um Blitzlichtmengen unter 30 Gramm handelt, mit einer Grubenlampe in der geschützten Hand gehalten (Taf. I, Fig. 2), bei größeren Mengen mit der Grubenlampe auf einer etwa 1 m langen Stange (Stock, Eispickel) aufgehängt.

Vor dem Anzünden muß aber der Blitzlichtmann entsprechend geschützt werden.

Jeder, insbesondere der Leiter von Blitzlichtaufnahmen in Höhlen, sei stets dessen eingedenk, daß die geringste Unüberlegtheit bei Verkettung ungünstiger Umstände ein vorzeitiges Explodieren des Blitzlichtes mit sich bringen kann. Verbrennungen im Gesicht und an den Händen, Sehstörungen beim Hineinblicken mit ungeschützten Augen in das explodierende Blitzlicht u. a. m. sind hinlänglich bekannt, so daß zur eindringlichen Warnung keine weiteren Beweise vorgebracht werden müssen².

Die Schutzmaßnahmen beim Entzünden bestehen in mehreren Vorsorgen:

1. Schutz der Augen durch Schutzbrillen. Dies sind starke Automobilbrillen, welche die ganze Augenöffnung umschließen und mit einem Gummizug über den Kopf zu befestigen sind (vgl. Taf. I, Fig. 2). Das rechte Glas ist dunkelgrau, das linke heller; um genügend zu sehen, werden beim Entzünden beide Augen offengehalten. Sobald das Papier brennt, geht der Blitzlichtmann zurück, schließt das linke Auge und verfolgt nur mit dem rechten, also durch das dunkle Glas, das Weiterbrennen bis zur Explosion.

² Unter meiner Leitung habe ich bei mehreren Tausenden von Entzündungen nur zwei Fälle miterlebt, bei welchen das Blitzlicht nicht programmgemäß explodierte. Das erstmal auf einer ausländischen Forschungstour. Hier hat der Beleuchtungsmann trotz ausdrücklicher Weisung den Sicherungshandschuh nicht angezogen. Der Erfolg war eine totale Verbrennung des ganzen rechten Handrückens. Dies geschah tief in einer Höhle, zehn Reitstunden von der nächsten Talstation entfernt.

Der zweite Fall betraf die Entzündung von 60 Gramm Blitzlicht anlässlich einer Großaufnahme in der Dachsteinrieseneishöhle; beim Entzünden explodierte die Grubenlampe und auch sofort das Blitzlicht. Der Mann war aber vorschriftsmäßig mit Kopfbedeckung, Schutzbrille und Sicherungshandschuh ausgestattet, so daß er trotz der großen Blitzlichtmenge keinerlei Schaden genommen hat.

Will auch der Apparatmann den Abbrennverlauf verfolgen, so muß auch er mit einer Schutzbrille ausgerüstet sein.

2. **Schutz des Kopfes und Gesichtes.** Beim Abbrennen hat der Blitzlichtmann stets eine Kopfbedeckung, die möglichst weit in das Gesicht hereingezogen wird, zu tragen. Auch kann man den Rockkragen aufstellen, um die Wangen zu schützen, und außerdem entzündet man nur mit ausgestrecktem Arm, unter einer Körperwendung nach der Seite, so daß nur eine Seite des Gesichtes dem Blitzlicht zugewendet und von diesem mehr als 1 m entfernt ist. Die Grubenlampe darf man nicht am Haken halten, sondern am Bügel oder unten am Gaskessel. Sobald das Papier brennt, tritt man einen oder zwei Schritte zurück und verfolgt von dort aus, wie bereits ausgeführt, unter Schließung des linken Auges den weiteren Abbrennverlauf.

3. **Schutz der Hände.** Die Hand, mit welcher die Grubenlampe zum Abbrennen geführt wird, muß mit einem starken Handschuh mit Stulpe (Skifäustling) geschützt sein.

Die übrigen Körperteile sind durch den starken Grubenanzug genügend geschützt; natürlich darf man nicht mit nackten Armen, offenem Hemd, aufgestreift Hemdärmeln usw. abbrennen.

Bei richtiger Durchführung dieser Sicherungsmaßnahmen ist menschlicher Voraussicht nach ein Unglücksfall nicht zu befürchten. Aber trotzdem ist in jedem Fall äußerste Vorsicht und ruhiges, planmäßiges, nicht nervöses, überhastetes Arbeiten am Platze. Dies gilt besonders dann, wenn bei langen und schweren Höhlentouren eine gewisse Übermüdung und nervöse Hast der Teilnehmer eintritt. In solchen Fällen muß man mit doppelter Vorsicht zu Werke gehen.

Für die vorskizzierte Beleuchtungs- und Sicherungstechnik sind bestimmte Ausrüstungsgegenstände notwendig, die der Blitzlichtmann in einer Segeltuchkassette, die an einem Riemen über der Schulter getragen wird, verwahrt. Diese **Blitzlichtkassette** hat zu enthalten:

1. Eine Flasche gemischten Blitzlichtpulvers.
2. Eine Abbrenntasse.
3. Eine größere Anzahl Abbrennpapiere. (Diese werden, das Wachspapier außen und das Seidenpapier innen, über die Ecke eng zusammengerollt und mehrmals zusammengedrückt. Dadurch wird auch bei einer langen Höhlentour das Seidenpapier genügend vor Feuchtigkeit geschützt. Sollte dies aber bei sehr großer Feuchtigkeit nicht der Fall sein, so steckt man eine Anzahl von Abbrennpapieren in die Hosentasche.)
4. Ein starker Schutzhandschuh.
5. Eine Garnitur Schutzbrillen.
6. Eine Schachtel Zünder (in Billrothbatist wasserdicht verpackt) als Reserve.

7. 50 Gramm Brandliniment (Leinöl und Kalkwasser zu gleichen Teilen), $\frac{1}{4}$ m hydrophile Gaze und eine Kalikotbinde, 8 cm breit und 5 m lang, als erste Hilfe bei Verbrennungen.

Die Menge des abzubrennenden Blitzlichtes richtet sich nach der Entfernung des Aufnahmeobjektes von der Lichtquelle (nicht vom Aufnahmeapparat). Die Lichtintensität nimmt im Quadrat der Entfernung ab.

Aus der orestinischen Formel³

$$Mg = 0.2 \cdot E^2 \cdot v$$

läßt sich für jeden einzelnen Fall, unter Zugrundelegung einer normallichtempfindlichen Platte mit etwa 14⁰ Scheiner, die jeweils notwendige Menge von Blitzlicht errechnen.

Es ergeben sich für Aufnahmen mit dem erwähnten Blitzlichtpulver (70% reines Magnesiumpulver) nachfolgende Blitzlichtmengen:

Blitzlichtpulvermenge
(70 Gramm Magnesium, 30 Gramm chlorsaures Kali) für Aufnahmen
bei etwa 14⁰ Scheiner.

Relative Öffnung (Blende)		f/4.5	f/6.3	f/9	f/12.5	f/18	f/25
Entfernung in Meter							
1	Blitzlichtmenge rund in Gramm	0.1	0.2	0.3	0.6	1	2
2		0.3	0.6	1	2	4	8
3		0.6	1	2	5	10	19
4		1	2	4	8	17	34
5		1	3	6	13	26	53
6		2	4	9	19	38	76
7		3	6	13	26	53	107
8		4	8	17	34	68	
9		5	10	21	43	86	
10		6	13	26	53	107	
12		9	19	38	76		
15		14	29	60	120		
17		17	35	70	139		
20		26	53	107			
25		40	80	160			
30	60	120	240				

³ Mg = Menge des reinen metallischen Magnesiumpulvers (nicht des Blitzlichtgemenges).

0.2 = Empirischer Koeffizient für 1 m Entfernung, Blende f/9 und Plattenempfindlichkeit von 14⁰ Scheiner.

E² = Entfernung des Bildzentrums von der Lichtquelle (nicht vom Apparat).

v = Verhältnis der zu verwendenden Blendenöffnung zu f/9 (bei f/4.5 = 0.25, bei f/6.3 = 0.5, bei f/9 = 1, bei f/12.5 = 2, bei f/18 = 4).

Die vorgenannten Mengen sind für Höhlenräume mit normalen Tonwerten, ohne Reflektoren und ohne Zerstreuungsschirm gerechnet. Bei hellen Eisaufnahmen, hellen Tropfsteinen oder sonstigen höheren Tonwerten kann man ohne Schaden bis auf $\frac{3}{4}$ der vorgenannten Mengen heruntergehen, bei sehr dunklen Farben (Rußüberzügen, Asselekkrementen, Manganablagerungen usw.) muß man bis auf $\frac{5}{4}$ die Menge erhöhen. Mit Vorteil verwendet man, besonders bei Eisaufnahmen, auch eine helle Gelbscheibe. In diesem Falle muß man die Blitzlichtmenge mit dem Expositionsfaktor der Gelbscheibe multiplizieren. Bilder mit kontrastreichen Farben kann man auch als Farbenphotographie aufnehmen. Hier verwendet man gewöhnlich das für die Platte abgestimmte Blitzlicht und die hiefür vorgesehene Menge.

Was nun die Wahl des Standortes der Lichtquelle anbetrifft, so gehört dazu eine gewisse Erfahrung, die man aber dadurch ersetzen kann, daß man vor der endgültigen Wahl des Standortes mit gut brennenden Grubenlampen oder einem Stück Magnesiumband Probeausleuchtungen vornimmt. Solange es möglich ist, postiert man die Lichtquellen so, daß das Objektiv ohne Schutzblende vor direktem Licht geschützt bleibt. Wenn besondere Umstände dies nicht mehr zulassen, dann postiert man ein Blitzlicht hinter einer Felsenkulisse, einem Versturzbloch oder ähnlichem. Es empfiehlt sich, den Standort unter Berücksichtigung der Flammenhöhe vorerst sehr gut auszumachen, sonst wird die Aufnahme vom direkten Licht getroffen und verdorben.

Die Wahl des Standortes richtet sich ganz nach den Umständen und dem Zweck der Aufnahme. Will man mit einer Lichtquelle eine möglichst gleichmäßige Durchleuchtung erzielen, so stellt man sie in der Nähe des Apparates, etwa 1 m rückwärts und seitlich auf. Dadurch bewirkt man kurze und verhältnismäßig weiche Schatten, jedoch neigen die Bilder zur Flachheit. Will man hingegen scharfe und kräftige Schlagschatten haben (z. B. bei gestreiften Harnischen, Rillen, offenen Klüften), so wählt man den Standort scharf seitlich. Ist die Gefahr des Apparatverwackelns (stärkerer Höhlenwind, Tritte auf schwankender Unterlage, Einsinken des Stativs im Höhleneis usw.) vorhanden, oder will man Personen als Staffage mitphotographieren, dann darf man nur ein Blitzlicht abbrennen.

Wünscht man weiche Aufnahmen und die Schatten aufgehellt, so wird ein Blitzlicht als Hauptlichtquelle, ein zweites zum Schattenaufhellen als Nebenlichtquelle entsprechend postiert. Dabei muß man aber für einen bedeutenden Unterschied in der Lichtintensität der Lichtquelle Sorge tragen (Entfernung und Menge), sonst erhält man völlig schattenlose und unnatürliche Bilder. In der Regel wird man mit zwei Standorten auskommen ⁴.

⁴ Brennt man die Blitzlichter nacheinander ab, so dürfen in der Zwischenzeit keine Ortsveränderungen (z. B. Auswechslung von Staffagefiguren) im Aufnahmegebiet erfolgen, sonst bekommt man unnatürliche, ganz durchsichtige, geisterhafte Figuren oder ähnliches,

Bei Aufnahmen jedoch, die besonders große Tiefenerstreckungen haben (Klammern, schmale Gänge usw.), wird man mit Lichtquellen hinter dem Aufnahmeapparat nicht mehr das Auslangen finden, da Blitzlichtmengen, die auch die tiefsten Teile der Aufnahme genügend ausleuchten würden, eine kolossale Überbeleuchtung des Vordergrundes mit sich bringen. In solchen Fällen greift man zu einem Standort im Aufnahmefeld selbst und versteckt das Blitzlicht hinter einer Felskulisse oder ähnlichem. Dabei muß man Bedacht nehmen, daß nur geringe Blitzlichtmengen verwendet und nicht unnatürlich wirkende Überbeleuchtungen von hinten her erhalten werden.

Sehr wichtig ist, daß man das Blitzlicht stets hoch genug postiert. Dabei darf man aber nicht die Höhenlage der Abbrenntasse, sondern die Höhe des explodierenden Zündsatzes als Grundlage nehmen, was besonders bei der Probeausleuchtung zu beachten ist. 5 Gramm Blitzlichtmenge geben etwa 60 cm, 20 Gramm etwa 1'50 m und 40 Gramm bereits rund 3 m Flammenhöhe. Diese Flammenhöhe ist der Höhenlage der Abbrenntasse zuzurechnen. Belichtungen von unten her ergeben unnatürliche Bilder. Man muß trachten, mit der Flammenhöhe höherzukommen, als die Mittelebene der Aufnahme liegt.

Manchmal ist die richtige Postierung des Blitzlichtes sehr schwer. Man kann sich helfen, indem man die Abbrenntasse auf einem Krückenstock oder dergleichen irgendwie befestigt, mit gesicherter Hand und ausgestrecktem Arme den Stock oder die Stange so weit in die Höhe hält, bis die Abbrenntasse annähernd die richtige Lage hat (Taf. II). Ein Zweiter brennt dann das Blitzlicht ab. Es ist selbstverständlich, daß bei dieser Manipulation die höchste Vorsicht am Platze ist.

Mit diesen Grundregeln kommt man in den meisten Fällen aus. In besonderen Spezialfällen muß man es der Erfindungsgabe des Aufnahmeleiters überlassen, das Richtige zu treffen. Gangartige Stollen, Schächte, wie überhaupt linear entwickelte Höhlenformen stellen für die Höhlenphotographie oft hoffnungslose Probleme dar. Eine beleuchtungstechnisch etwas kompliziertere Aufnahme zeigt Taf. III. Sie ist aus zwei Aufnahmen zusammengestellt. Die Blitzlichtpunkte A/m und B/m liegen im Aufnahmefeld hinter Eisfiguren und dienen auch zur Durchleuchtung der Eisgebilde und Aufhellung der weiter rückwärts liegenden Höhlenwände. Situation und Blitzlichtmenge sind aus Fig. 2 zu entnehmen.

Sehr wichtig ist, daß im Zeitpunkte der Aufnahme die Höhlenwetter vollständig klar sind. Der geringste Nebel oder Magnesiumdunst beeinträchtigt die Brillanz und Tiefenwirkung der Aufnahme sehr. Schon bei ganz dünnem Schleier verflacht die Aufnahme und wird unansehnlich.

da das erste Blitzlicht den Hintergrund bereits beleuchtet, der bei der durch das zweite Blitzlicht beleuchteten Figur durchscheint.

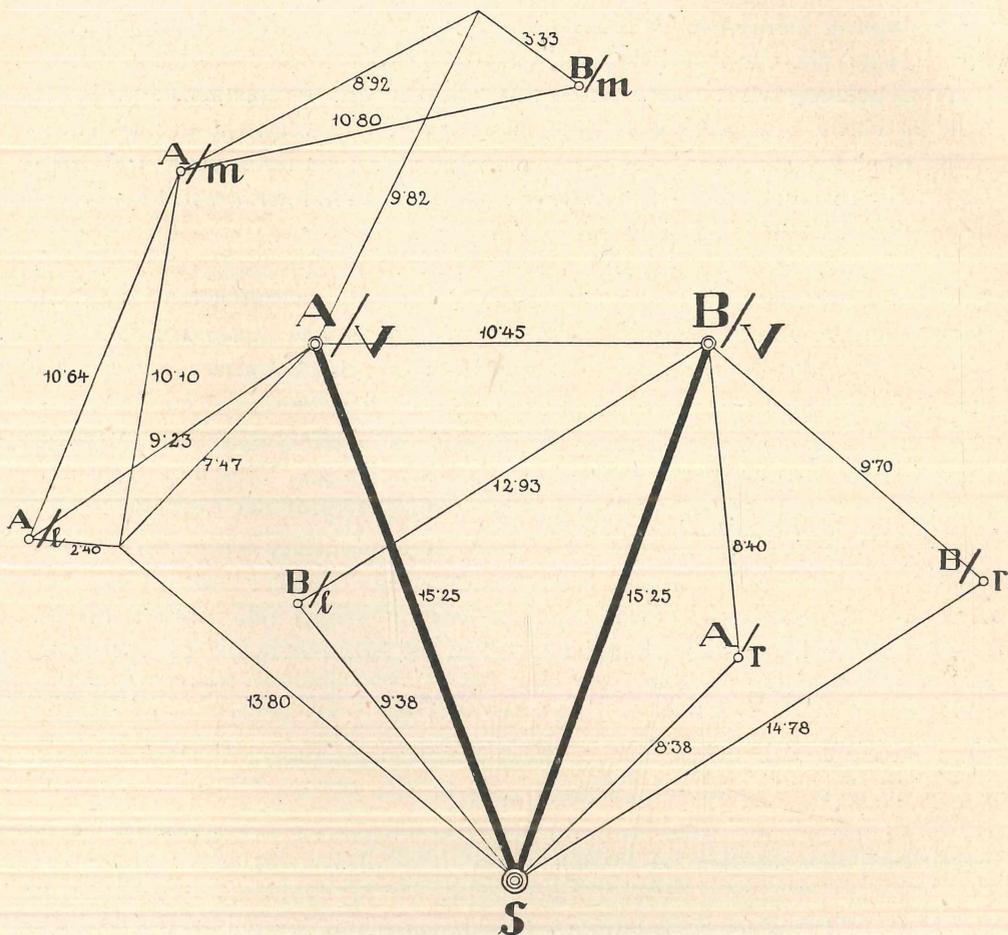


Fig. 2. Aufnahme- und Blitzlichtstellung der Panoramaaufnahme auf Taf. III.
(Blende 9.) (Entfernungen in Metern.)

S = Standpunkt des Apparates.

A/v = Visierpunkt der Aufnahme A (linke Panoramaaufnahme).

A/l = linker Blitzlichtpunkt der Aufnahme A (15 g Blitzlichtpulver).

A/m = mittlerer Blitzlichtpunkt der Aufnahme A (5 g Blitzlichtpulver).

A/r = rechter Blitzlichtpunkt der Aufnahme A (25 g Blitzlichtpulver).

B/v = Visierpunkt der Aufnahme B (rechte Panoramaaufnahme).

B/l = linker Blitzlichtpunkt der Aufnahme B (10 g Blitzlichtpulver).

B/m = mittlerer Blitzlichtpunkt der Aufnahme B (5 g Blitzlichtpulver).

B/r = rechter Blitzlichtpunkt der Aufnahme B (25 g Blitzlichtpulver).

Es ist wohl selbstverständlich, wird aber häufig nicht befolgt, daß man bei hochgezogenem Kassettenschuber und offenem Objektiv im Aufnahme-feld nicht mehr mit brennenden Grubenlampen herumgehen darf. Die schlangen-artigen weißen Linien bei manchen Höhlenaufnahmen rühren von dieser Nach-lässigkeit her und entwerten sonst ganz wohlgelungene Aufnahmen.

Die bisherigen Ausführungen lassen erkennen, daß ein einzelner oder auch zwei mit Aussicht auf Erfolg kompliziertere Blitzlichtaufnahmen in Höhlen nicht werden herstellen können. Dazu ist eine Gruppe von geschulten, aufeinander eingespielten und unter einheitlicher Leitung stehenden Personen (gewöhnlich nicht unter vier) erforderlich. Davon soll aber erst später die Rede sein, und vorher soll noch kurz über die *Einstelltechnik* bei der Höhlenphotographie gesprochen werden.

Die Handhabung einer *Stativkamera* muß als bekannt voraus-gesetzt werden. Komplizierte Apparate eignen sich — abgesehen von den hohen Anschaffungskosten, der starken Abnützung und der raschen Ver-schmutzung — nicht für dauernde Verwendung. Vollständig ausreichend ist eine gute, quadratische Reisekamera aus Holz, mit doppeltem Balgauszug, Zahnstangenantrieb, hoch- und tiefverstellbarem Objektiv, jedoch ohne Neigungsvorrichtung für diese und die Mattscheibe. Das Objektiv soll licht-stark und normalwinklig sein. Weitwinkelobjektive geben flache Bilder. Mit Vorsatzlinsen kann man auch bei schlechtgelegenen Aufnahmestandorten meist das Auslangen finden. Mit einem Anastigmat $f/6'3$ findet man das Aus-langen. Lichtstärkere Objektive sind teuer, nicht unbedingt erforderlich, und ihr hoher Preis steht zu den Gefahren der Verkratzung und Beschädigung bei Höhlenaufnahmen in keinem entsprechenden Verhältnis. Man arbeite in Höhlen grundsätzlich mit Objektivdeckel. Er gibt bei Dunkelheit die beste mechanische Kontrolle.

Je einfacher die Apparatur ist und je weniger Handgriffe sie erfordert, desto eher wird man in diesem unsichtigen Höhlenmilieu Fehltaufnahmen ver-meiden.

Bei meinen Aufnahmen verwende ich grundsätzlich nur Platten, und zwar lighthoffreie, Format in der Regel 13×18 . Diese Größe ermöglicht genügend Details, ist noch handlich und durch die Ersparung an Blitzlicht bringt man reichlich die höheren Plattenkosten herein. Sehr zu empfehlen ist es, gleichzeitig mit der Hauptaufnahme auch eine Stereoaufnahme (9×18) durchzuführen, da Stereobilder oft räumliche Kleinformen erkennen lassen, die man bei den ungenügenden Beleuchtungsverhältnissen in der Höhle über-sehen und in der monokulären Aufnahme nicht voll erkennen kann.

Die photographische *Einstelltechnik* in Höhlen ist von der bei natürlicher Beleuchtung naturgemäß grundverschieden. Im letzteren Fall ist das ganze Bild auf der Mattscheibe zu sehen, im ersteren sieht man — bei

Entzünden eines Stück Magnesiumbandes — bestenfalls ein annäherndes Bild.

Man bringt zuerst den Apparat mehr gefühlsmäßig auf den Bildausschnitt, den man photographieren will, in Stellung, hält in das Zentrum des Aufnahmefeldes eine Karbidlampe (Flamme zum Objektiv), und stellt auf die Flamme provisorisch ein. Da kann man schon ungefähr beurteilen, ob der Apparat richtig, zu nahe oder zu weit steht. Auch wird man beurteilen können, ob die Aufnahme stehend oder liegend durchzuführen ist.

Nach dieser Information läßt man nun den gewünschten Bildausschnitt längs der Ränder ableuchten und erkennt nun bei einiger Übung, wie groß der Bildausschnitt sein wird. Dort, wo ein Ausleuchten der Ausschnittsränder nicht möglich ist (unpassierbare Stellen, hohe Dome u. dgl.), kann man sich auf der rastrierten Mattscheibe bei einiger Übung über die Größe des Bildausschnittes genügend orientieren. Ist nunmehr der Apparat richtig in Stellung, bringt man den Größenmaßstab (Grubenlampe, Stock, Zollstab, Staffagefigur usw.) in Stellung, stellt auf die Flamme einer Karbidlampe, die in der gewünschten Einstellebene ins Zentrum des Aufnahmefeldes gebracht wurde, scharf ein, blendet ab (in der Regel auf $f/9$; bei Fehlen eines Vordergrundes wird man auf $f/6.3$, bei starkem Vordergrund auf $f/12.5$ abblenden), schließt den Objektivdeckel und setzt die Plattenkassette ein.

Nun führt man für die Wahl der Standorte der Abbrenntasse — wenn man nicht schon genügend Übung und Erfahrung besitzt — die früher besprochene Probebeleuchtung durch und läßt die Abbrenntasse endgültig in Stellung bringen. Zu jeder Abbrenntasse gehört ein geübter und mit der Blitzlichtkassette ausgerüsteter Mann, der sich genau den Ort auszumachen hat, wohin er nach dem Entzünden des Papieres zurückzutreten hat. Dabei muß, neben seiner persönlichen Sicherung auch darauf Rücksicht genommen werden, daß von der brennenden Grubenlampe das offene Objektiv nicht durch ein falsches Licht getroffen wird.

Durch die Frage: „Alles in Stellung?“ und die Antwort: „In Stellung!“ überzeugt man sich davon, daß nunmehr für die Aufnahme alles vorgesehen ist, zieht den Kassettenschuber hoch und bedeckt den Apparat mit dem schwarzen Einstelltuch. Das Folgende hat nun genau nach Kommando und möglichst rasch zu geschehen:

1. **Papier auslegen!** (Der Blitzlichtmann legt, wie früher bereits ausgeführt, das Wachspapier und darauf verschränkt das Seidenpapier auf die Abbrenntasse und gibt die Antwort: „Papier ausgelegt!“ zurück.) Ist von Allen die Rückmeldung eingetroffen, so gibt man das Kommando:

2. **Blitzlicht auslegen!** (Der Blitzlichtmann entnimmt nun die Blitzlichtflasche der Blitzlichtkassette, öffnet die Flasche, schüttet die angegebene Menge Blitzlicht, deren richtige Entnahme er an der Graduierung

der Flasche ablesen kann, fächerförmig auf das Seidenpapier, verschließt wiederum die Flasche, verwahrt sie in der Blitzlichtkassette und meldet: „Blitzlicht ausgelegt!“ zurück.) Sind alle Rückmeldungen eingetroffen, so gibt man das Kommando:

3. „Handschuhe anziehen!“ Dann

4. „Schutzbrillen aufsetzen!“ Sind die Meldungen von Allen eingetroffen, so gibt man, unter gleichzeitiger Abnahme des Objektivdeckels, das Kommando:

5. „Anzünden!“ (Der Blitzlichtmann entzündet nun das Wachs- und Seidenpapier an einer verschränkten Stelle, gibt die Rückmeldung: „Es brennt!“ und tritt nunmehr zurück, wobei er das linke Auge schließt und mit dem rechten Auge durch das dunkle Glas der Schutzbrille den weiteren Abbrennverlauf verfolgt.)

Sind alle Blitzlichter entflammt, schließt man den Objektivdeckel, gibt das Kommando zum Einsammeln der verkohlten Papierfetzen usw. und zum Einrücken der Blitzlichtmannschaft, schließt den Kassettenschuber und versorgt den Apparat nicht früher, bevor man die gemachte Aufnahme mit den notwendigen Daten in die Plattenkonsignation⁵ eingetragen hat.

In meiner Praxis hat mit dieser Blitzlichttechnik noch nie ein Blitzlicht seinen Dienst versagt. Wenn einmal das Blitzlicht nach einiger Zeit nicht explodieren sollte, so wirft man die Abbrenntasse und das Stativ mit einem Stock bei geschützter Hand und Augen um, so daß das Blitzlicht am Boden verstreut wird, überzeugt sich dann auf das genaueste, ob keinerlei Funken mehr vorhanden sind, wischt die Abbrenntasse ab und erst dann kann man neuerlich das Papierauslegen usw. wiederholen.

Wenn auch die angegebene Technik gegen Unglücksfälle möglichsten Schutz gewährt, so muß man trotzdem gegen allfällige Verbrennungen gerüstet sein. Diese Wunden sind gewöhnlich gutartig, sie eitern nur in den seltensten Fällen, nur muß man sie bis zur ärztlichen Hilfe gut sichern. Ja nicht mit Wasser waschen! Sofort auf die Wunde reichlich Brandliniment auftragen, dann hydrophile Gaze daraufgeben, und das Ganze mit der Kalikot-

⁵ Die Führung einer Plattenkonsignation ist unerläßlich. Manchmal sind die Aufnahmen einander so ähnlich, daß sie nur mit Mühe genau identifiziert werden können. Um auch die Angemessenheit der Blendung, Expositionszeit usw. später prüfen zu können, empfiehlt es sich, in der Plattenkonsignation nachstehende Rubriken zu führen: 1. Tag der Aufnahme, 2. Standpunkt und Aufnahmeobjekt, 3. Blende, 4. Exposition, 5. Aufnehmer.

Auch die Plattensorte, Tag der Einlage, Ort der Einlage und Einleger wird sich empfehlen bei größeren Touren zu verzeichnen, um jederzeit eine Kontrolle über die Verläßlichkeit des unexponierten Materials zu haben.

Damit man Kassettensnummer und entwickelte Platten leicht identifizieren kann, versieht man die Kassettensriegel mit kleinen Einschnitten verschiedener Form und Zahl und photographiert diese mit.

binde gut verbinden. Sind es Wunden an der Hand, so immobilisiert man den Arm dadurch, daß man ihn in einer Schlinge trägt und trachtet, auf jeden Fall bald ärztliche Hilfe zu erhalten.

Verwendete Literatur.

- Asal A., Lichtbildaufnahmen in der Eisriesenwelt im Tennengebirge. Speläologische Monographien, Bd. VI, 1926, S. 12—14.
- Baumgärtel B., Über das Photographieren in unterirdischen Räumen. Geologische Rundschau, Bd. IV, 1913, S. 244—249.
- Biese W., Druck- und Reproduktionsverfahren für geologische und verwandte wissenschaftliche Arbeiten. Abhandlungen der preußischen geologischen Landesanstalt, Berlin 1931, Heft 138, S. 18—21.
- Gradenigo S., La fotografia nelle grotte. In: L. V. Bertarelli und E. Boegan, Duemille grotte, Mailand 1926, S. 123—128.
- Kraus Fr., Höhlenkunde, Wien 1894, S. 271 fg.
- Križ Martin, Das Photographieren in Höhlen. Mitt. der Sektion für Höhlenkunde des Österr. Touristenclubs, 1883, Nr. 2, S. 3—7.
- Martel E. A., La photographie souterraine. Paris, Gauthier-Villars, 1907.
- Müller M., Über photographische Aufnahmen in dunklen Räumen bei Magnesium-Blitzlichtbeleuchtung mit besonderer Anwendung auf die Hermannshöhle bei Rübeland. In: J. H. Kloos und M. Müller, Die Hermannshöhle bei Rübeland. Weimar 1889, S. 51—76.
- Oedl F., Der Höhlenphotograph und seine Ausrüstung. Perutzmitteilungen, München 1922, Nr. 11, S. 14—17.
- Polland R., Über das Photographieren in Höhlen. Photographische Rundschau 1914.
- Schmidt H., Das Photographieren mit Blitzlicht. Halle 1910, S. 1—134.
-

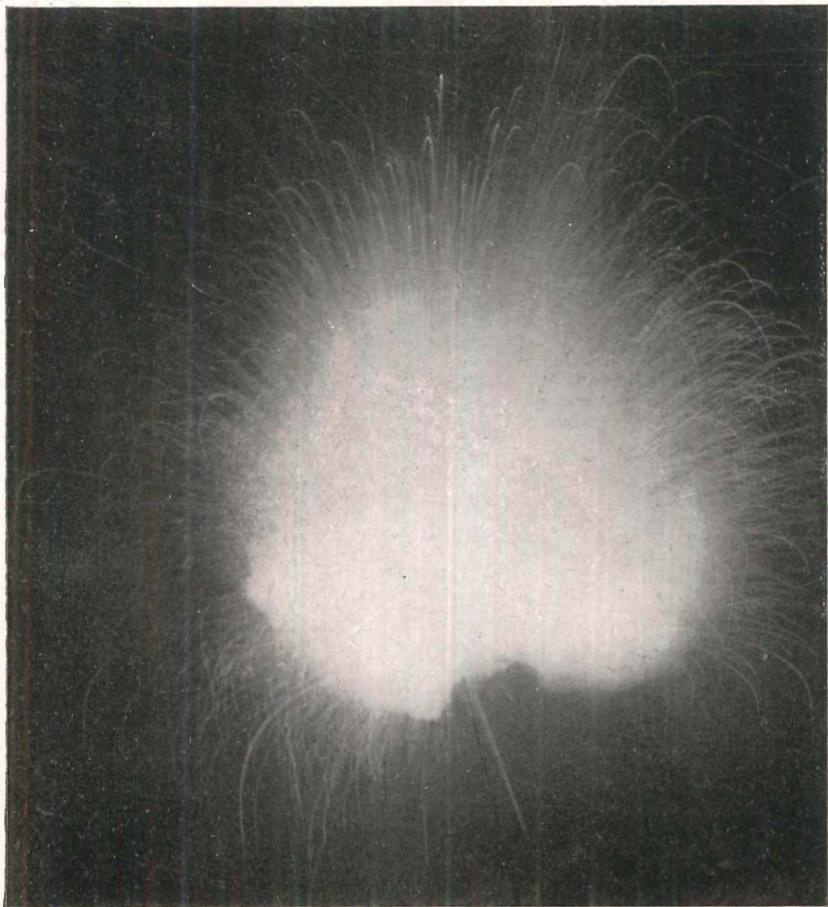


Fig. 1. Explosionsflamme mit Magnesiumspritzern eines schlechtemischten Blitzlichtpulvers.

(Photo: G. Kyrle, 1931.)

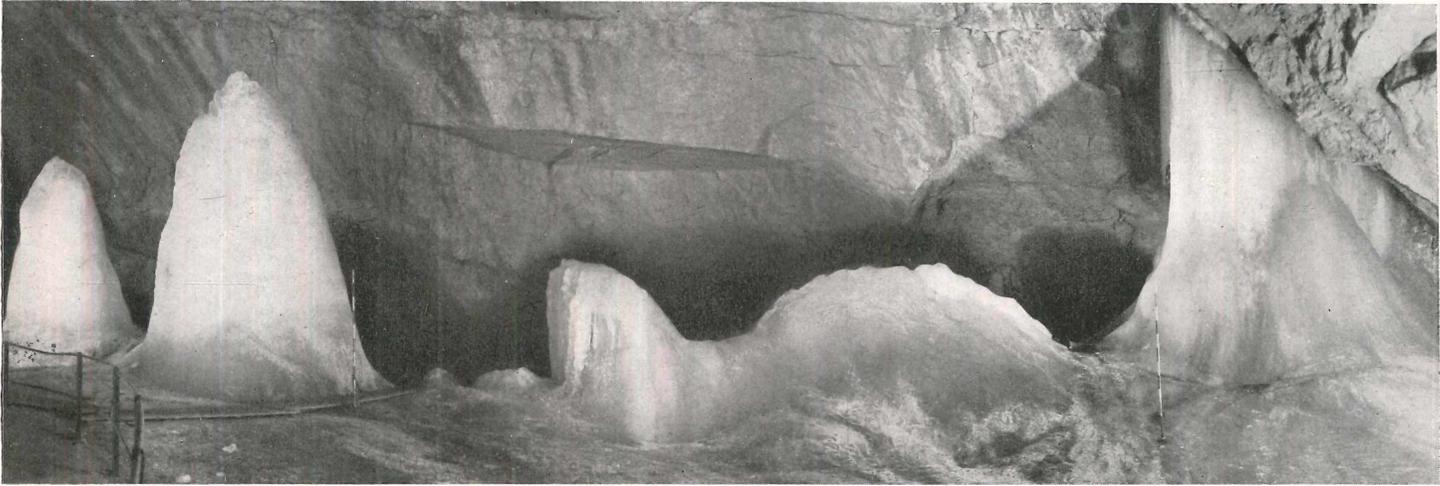


Fig. 2. Blitzlichtabbrennen auf Stativ mit Abbrenntasse.
(Photo: G. Kyrle, 1929.)



Behelfsmäßiges Abbrennen von Blitzlicht.

(Photo G. Kyrle 1930.)



Dachsteinrieseneishöhle, Parsifaldom, Panoramaaufnahme. Beleuchtungsskizze hierzu siehe Fig. 2.

(Photo: G. Kyrle, 1929.)

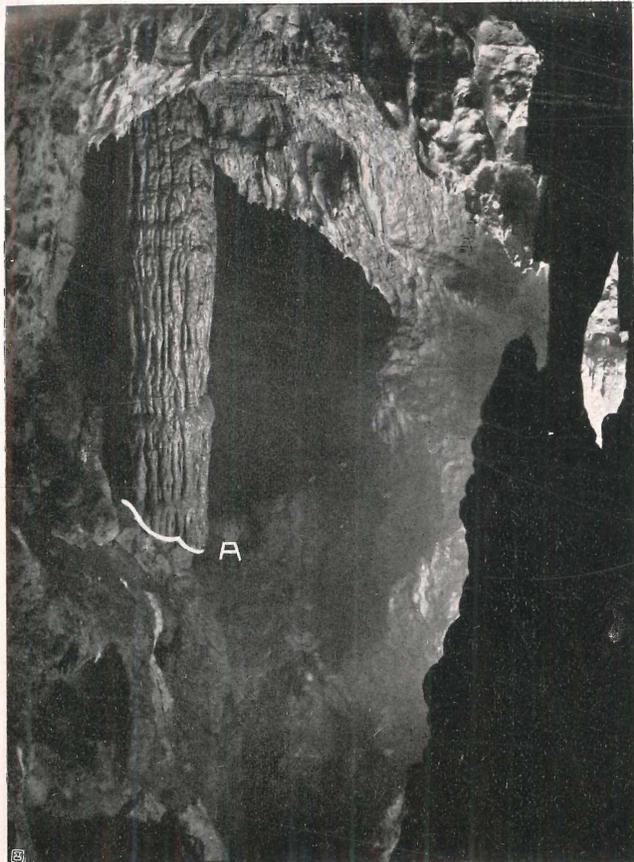


Fig. 1. Schönsteinhöhle. Gebrochene Tropfsteinsäule. Vom Einstieg zu der Poldi-Spalte aus aufgenommen, rechts unten im Vordergrund die Öffnung des Schächtes zum Martha-Keller. Die weiß gezeichnete Bruchlinie bei „A“ zeigt eine zirka 5 cm starke Verschiebung des oberen Teiles der Tropfsteinsäule gegenüber dem unteren, der nach Nordosten gerichtet ist. (Photo: F. Oedl.)

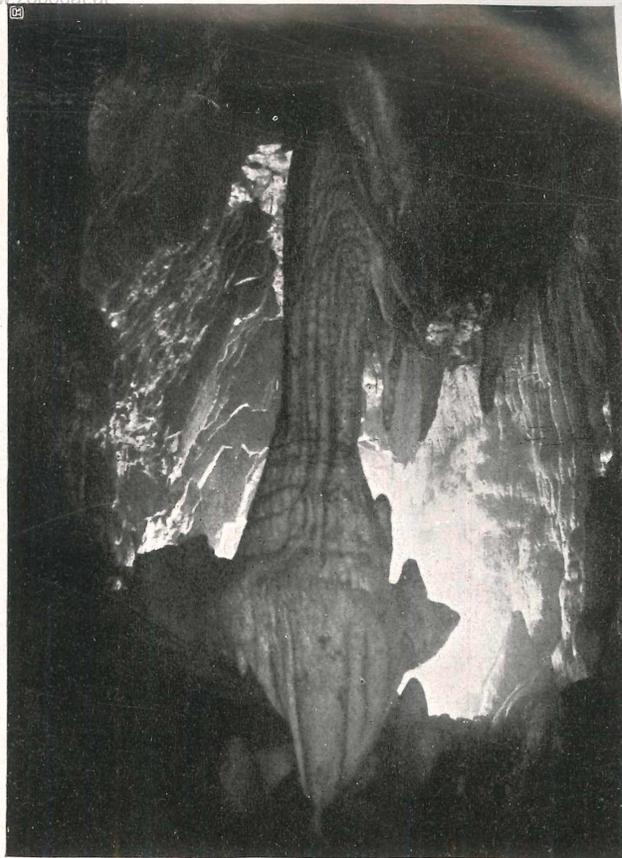


Fig. 2. Schönsteinhöhle. Tropfsteinsäule mit Vorhang über ein Reststück einer horizontalen Sinterdecke, im Spaltenraum zwischen der W. v. Knebel-Halle und den Salzburger Schlünden. Aufnahmerichtung gegen die Wasserspalte. (Photo: F. Oedl.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Speläologisches Jahrbuch](#)

Jahr/Year: 1933

Band/Volume: [13-14_1933](#)

Autor(en)/Author(s): Kyrle Georg

Artikel/Article: [Blitzlichtphotographie in Höhlen 13-28](#)