

Höhenlotungen mit Wasserstoffballons in Höhlen.

Von Univ.-Prof. Dr. Georg Kyrle (Wien).

In hohen Höhlenräumen (großen Domen, Schächten usw.), deren Höhen nicht mehr durch Stangen zuverlässig bestimmt werden können, unterliegt es meist großen Schwierigkeiten, mit Winkelmessung die Raumhöhen genau zu bestimmen. Vielfach lassen sich hochgelegene Punkte von der Standlinie nicht mehr so gut ausleuchten, daß sie für Winkelmessungen eindeutig bestimmbar sind, und sehr oft sind stark ansteigende Strecken so schlecht eingesehen, daß Winkelmessungen überhaupt keine oder nur näherungsweise Werte geben. Auch ist diese Methode sehr zeitraubend und dort, wo es sich um Serienmessungen an der Höhlendecke (wie z. B. bei unregelmäßig verlaufenden Deckenfigurationen hoher Dome) handelt, außerordentlich mühselig. Der Erfolg steht in der Regel nicht im Verhältnis zur aufgewandten Mühe.

Ungefähre Höhenschätzungen (mit Diopterlineal oder durch Steinwurf) werden wohl häufig geübt, geben aber sehr ungenaue Resultate und können höchstens bei informativen Befahrungen genügen. In der Regel sind diese Schätzungen viel zu hoch und erfahren bei genauer Vermessung eine wesentliche Reduktion.

Nun gibt es, abgesehen von der Notwendigkeit einer genauen Höhlenvermessung für Ausbau- oder technische Zwecke, viele Fälle, bei denen auf eine möglichst genaue Höhlenvermessung nicht verzichtet werden kann, wie z. B. bei Untersuchungen über die tektonische Vorbereitung der Höhlenentstehung, über die Fallhöhe der Tropfwässer, Kubaturberechnung der Höhlenwettermassen u. v. a.

Die direkte Höhenvermessung in Höhlen ist in der Praxis wohl versucht, aber bisher noch nicht befriedigend gelöst worden. Wohl hat man hin und wieder mit Warmluftballons eine genaue Höhenpeilung durchgeführt, aber nirgends in der Literatur sind Angaben darüber zu finden, nach welcher Methode und mit welchem Erfolg solche Ballonpeilungen erfolgten. Nur L. Teißl¹ hat anlässlich der genauen Vermessung der Drachenhöhle bei Mixnitz die großen Schwierigkeiten der Warmluftballon-Peilung kurz gestreift, und in seiner Arbeit „Die Herstellung von Kartenskizzen natürlicher

¹ Der Plan der Drachenhöhle bei Mixnitz, Speläologisches Jahrbuch 1921, S. 27 f.

Höhlen“² die Verwendung von Gasballons angeregt. Füllen mit an Ort und Stelle entwickeltem Wasserstoff kann aber praktisch wohl nicht in Frage kommen.

Anlässlich der meteorologischen Untersuchungen in der Dachstein-Rieseneishöhle bei Obertraun in den Jahren 1928 und 1929 hat es sich darum gehandelt, die Kubatur der Wettermassen in den einzelnen Höhlenräumen möglichst genau zu bestimmen, wozu auch die genaue Kenntnis der Höhen notwendig war. Diese Höhenlotungen wurden mit Wasserstoffballons durchgeführt. Da sich die Methode als sehr expeditiv und leicht durchführbar herausstellte, verlässliche Werte gibt und in kurzer Zeit auch ohne besondere Vorkenntnisse gute Serienmessungen durchgeführt werden können, sei sie im nachstehenden besprochen.

Es ist folgende Ausrüstung notwendig:

1. Eine kleine Stahlflasche mit 500 bis 1000 Liter Wasserstoff. Diese ist in jeder Wasserstofffabrik erhältlich und wiegt 5 bis 10 kg. Sie ist handlich und unschwer zu transportieren, nur soll sie im gefüllten Zustande wenig der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt werden. (30 bis 40 Schilling.)

2. Ein Reduzierventil. (Etwa 30 Schilling.)

3. Ein Schraubenschlüssel. (Etwa 3 Schilling.)

4. Große, leere Kinderluftballons, mit einem Inhalt von 15 bis 20 Liter. Diese Ballons bekommt man in jedem besseren Spielwarengeschäft, nur muß man größere Typen kaufen, da bei kleineren das Eigengewicht der Ballons stark in die Waagschale fällt. Man nimmt immer wenigstens fünf Stück mit, um — wie wir später sehen werden — nicht in Verlegenheit zu kommen. (Ein großer Ballon 1.— bis 1.50 Schilling.)

5. Sehr dünner, aber reißfester Spagat, der jeden Meter mit einem Knopf versehen wird. Es empfiehlt sich, vor Benützung des Spagates diesen ganz leicht und gleichmäßig zu fetten, damit er bei längerer Arbeit in der Höhle möglichst wenig Feuchtigkeit annimmt.

Damit ist die ganze Apparatur erschöpft, die insgesamt 10 bis 15 kg wiegt, deren Anschaffungspreis ungefähr 100 Schilling beträgt und mit der sich eine große Anzahl Höhenpeilungen durchführen läßt.

Was nun das Füllen der Ballons anbelangt, so sollen diese, wenn nicht die Außentemperatur annähernd gleich der Höhlentemperatur ist, in der Höhle selbst gefüllt werden. Stärkere Temperaturunterschiede beeinträchtigen entweder die Steigkraft der Ballons, oder, wenn sie stärker gefüllt sind, platzen sie leicht.

Von der Stahlflasche, die man an einem gesicherten Punkt aufstellt, nimmt man die Verschlußhaube *a* und die Dichtungsmutter *b* ab, schraubt das

² Die Landkarte, Wien 1925, S. 20.

Reduzierventil *c* daran und öffnet bei geschlossenem Reduzierventil das Hauptflaschenventil *d*. Nunmehr stülpt man über den olivenförmigen Ansatz *e* des Reduzierventils das schlauchartige Ende des Ballons, zieht darüber einen losen Doppelklang des Spagates, läßt durch Öffnung des Reduzierventils langsam Wasserstoff in den Ballon einströmen bis er vollgefüllt ist, zieht den Spagatklang gleichzeitig mit dem Abnehmen des Ballons fest an und befestigt den Ballon an der Meßschnur so, daß der obere Rand des Ballons genau 1 m über dem Ende der Meßschnur liegt (Taf. VI, Fig. 1).

Bei den Abfüllarbeiten empfiehlt es sich, mit der Beleuchtung möglichst weit entfernt zu stehen, da durch Undichtigkeit Knallgas entstehen könnte, das hochexplosiv ist.

Die Steigkraft der Ballons wird wesentlich durch die Schwere der Meßschnur, durch Tropfwässer, welche auf die Ballons fallen und durch die hohe Luftfeuchtigkeit in den Höhlen beeinträchtigt. Nach den Erprobungen in der Dachstein-Rieseneishöhle kann man sagen, daß ein mittelgroßer, gut gefüllter Kinderballon eine Steigkraft von rund 5 m Höhe hat, so daß z. B. für die Ausmessung von 20 m Höhe vier Ballons notwendig sind.

Bevor man an das Füllen der Ballons und an die Peilungsarbeiten geht, muß man sich schon früher alle Standorte für die Messung ausgemacht haben, damit man möglichst rasch hintereinander alle Messungen durchführen kann. Bei der Messung selbst läßt man die geknüpft Meßschnur leicht durch die Finger gleiten, zählt jeden durchlaufenden Knopf, läßt die Ballons so lange steigen, bis sie an die Decke anstoßen, vergewissert sich, daß die Ballons durch die Wetterbewegung nicht seitlich abgetrieben wurden, zieht die Meßschnur bis an den Boden, gibt zur Zahl der gezählten Knöpfe noch einen Meter dazu, und hat die gemessene Höhe in Metern (Taf. VI, Fig. 2). Man muß besonders darauf achten, daß die Meßschnur nicht auf dem Boden schleift, da sie durch die Feuchtigkeit und Schmutz sehr schnell schwerer wird und die Steigkraft der Ballons außerordentlich beeinträchtigt.

Bei normalen Verhältnissen und genügender Obsorge hält die Steigkraft der Ballons ungemindert eine bis zwei Stunden an. Nach Ablauf dieser Zeit muß man aber die Meßschnur gut trocknen und die Ballons nachfüllen. Es braucht nicht nachdrücklich vermerkt zu werden, daß bei diesen Peilungen zweckmäßigerweise mehrere Personen zusammenarbeiten sollen.

Diese Vermessungsausrüstung hat große Vorteile, da sie nur einmalige geringe Anschaffungskosten verursacht, der Wasserstoff sehr billig ist und die Ballons innerhalb eines Jahres immer wieder verwendet werden können.