Zeitschrift: NAGON / Naturforschende Gesellschaft Ob- und Nidwalden
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Ob- und Nidwalden
Band: 1 (1997)

Artikel: Höhlensuche mit Infrarot-Flugaufnahmen in alpinen Karstgebieten
Autor: Trüssel, Martin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1006694

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Höhlensuche mit Infrarot-Flugaufnahmen in alpinen Karstgebieten

Abb. 1
Durch die austretende warme Höhlenluft (2,5 °C) taut der Schnee um das sogenannte Blasloch herum nach und nach ab. Ein untrügerisches Anzeichen, dass sich dahinter ein grösseres Höhlensystem verbirgt.

Abb. 2
Mirage III RS mit einem Infrarot-Aufklärungssystem ausgerüstet. Infrarot-Aufnahmen vom 17. November 1993.
Photo: Militärflugdienst Dübendorf.

Martin Trüssel

Grössere Karsthöhlen sind in der Regel stark bewettert. Das heisst, dass in den Höhlen ein mehr oder weniger starker Luftzug herrscht, und zwar in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen an der Erdoberfläche.
Die Höhlentemperaturen sind aber trotzdem ausgesprochen konstant. Auf einer Höhe von 1500 bis 2000 m ü.M. liegen sie im gesamten Jahresverlauf knapp über dem Gefrierpunkt. Sinken die Lufttemperaturen an der Karstoberfläche unter den Gefrierpunkt, steigt die relativ warme Höhlenluft in einer Art Kaminwirkung im Höhlensystem aufwärts und gelangt durch die höchstgelegenen Höhlengänge und Spalten an die Erdoberfläche. Lassen sich mit Infrarot-Flugaufnahmen solche Austrittstellen visuell aufspüren? Dieser Frage gingen Höhlenforscher in Karstgebieten der Melchsee-Frutt nach. Von 1993 bis 1995 wurden drei verschiedene Infrarot-Techniken in Praxisversuchen getestet. Alle Methoden lassen unter günstigen Witterungsbedingungen positive Resultate erwarten. Die besten Ergebnisse wurden jedoch mit dem im Helikopter integrierten FLIR-System erzielt.

Seit 1976 bearbeitet die Höhlenforscher-Gemeinschaft Trüssel (HGT) im Gebiet der Melchsee-Frutt, Kerns OW, zwischen 1100 und 2600 m ü.M. verschiedene isolierte Karstplatten, in denen sich zum Teil grössere Höhlensysteme entwickelt haben (Trüssel 1976–1996). Viele von ihnen sind dynamisch bewettert. Es werden Windstärken von bis zu 22 km/h gemessen. Bereits seit sieben Jahren läuft ein Langzeit-Messprogramm zur kontinuierlichen Erfassung der Temperaturen der Höhlenluft (siehe voranstehenden Bericht in diesem Buch).

Der Temperaturverlauf steht – neben weiteren Faktoren – mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung in direktem Zusammenhang mit der Witterung an der Erdoberfläche. Bei Aussentemperaturen, die tiefer als jene in der Höhle liegen, steigt die wärmere und somit leichtere Höhlenluft auf (Kaminwirkung). Die höchstgelegenen Eingänge bzw. Kluftspalten eines Höhlensystems werden zu sogenannten Blaslöchern (Abb. 1). Sind jedoch die Aussentemperaturen im Vergleich zur Höhle höher, sinkt die kältere und zugleich schwerere Höhlenluft ab und strömt aus den untersten Höhleneingängen hinaus (Bögli 1978, Trimmel 1968).

Für die Erforschung von Karstgebieten samt Höhlensystemen und unterirdischen Wasserwegen ist es von Vorteil, wenn die verschiedenen Windaustrittstellen der Höhlen bekannt sind. Es lassen sich aussagekräftige Prognosen über den Verlauf von noch nicht bekannten Höhlensystemen oder einzelnen Höhlenteilen machen. Das Aufspüren solcher Austrittstellen ist aber mit grossem Zeitaufwand verbunden, da sie von blossem Auge nicht sichtbar sind. Deshalb blieb den Höhlenforschern bisher nichts anderes übrig, als bei ausgesprochen kalter oder warmer Witterung die oft unwegsame Karstoberfläche systematisch zu Fuss abzusuchen.

Abb. 1

Abb. 2

Die Visualisierung der unterirdischen Luftquellen durch Infrarot-Aufnahmen (IR) würde eine wesentliche Erleichterung mit sich bringen, das gilt insbesondere für schwer zugängliche Felswände.

Zielsetzung

Im Zusammenhang mit der intensiveren Erforschung der Höhlenbewetterung strebte die HGT schon seit längerer Zeit Versuche mit Infrarot-Geländeaufnahmen an. Die Kernfrage lautete:
Ist es möglich, mit der Infrarot-Technik relativ kleine Temperaturdifferenzen (etwa 10 °C) zwischen ausströmender Höhlenluft und Karstoberfläche in einer brauchbaren Auflösung zu visualisieren? Im Vordergrund standen dabei drei Ziele:

- Die Ausdehnung der bereits in Erforschung stehenden Höhlensysteme anhand der dynamischen Höhlenbewetterung möglichst grossräumig abzugrenzen.
- Allfällige noch unbekannte Höhlensysteme durch das Erkennen von Blaslöchern aufzuspüren.
- In schwer zugänglichem Gelände – beispielsweise Felswände – Höhleneingänge zu lokalisieren, die als Blaslöcher fungieren (Chancenabgrenzung zu unrelevanten Aushöhlungen oder Felsausbrüchen).

Die ursprüngliche Absicht, Infrarot-Filmmaterial zu beschaffen, das sich für herkömmliche Photoapparate eignet, liess sich nicht in die Tat umsetzen. Für eine hohe Auflösung von relativ kleinen Temperaturdifferenzen konnte kein entsprechendes Material beschafft werden.

Auf Anfrage bewilligte das Bundesamt für Militärflugwesen und Fliegerabwehr (BAFF) Aufklärungsflüge zum Aufspüren von Blaslöchern. Das BAFF verfügte zum Zeitpunkt der Anfrage über einen gewissen Spielraum zur Unterstützung von Forschungsprojekten.

Methoden

Der Schweizer Armee stehen verschiedene Systeme zur Luft-Boden-Aufklärung unter erschwerten Sichtbedingungen zur Verfügung. Alle Systeme basieren auf der Infrarot- bzw. Wärmebildtechnik (**Bamf** 1991, **Flir** 1987, **Flir** 1990, **Siemens** 1990). Für das Orten von Blaslöchern im Gebiet der Melchsee-Frutt kamen folgende drei Systeme zum Einsatz:

- Infrarot-Kamera mit Grossbild-Negativfilmen an Aufklärungs-Düsenjet Mirage III RS.
- FLIR-Wärmebildtechnik an Aufklärungs-Drohnensystem ADS 95.
- FLIR-Wärmebildtechnik an Helikopter Aluette III.

Bei der Beurteilung der Systeme gilt es zwei Faktoren zu berücksichtigen: Einerseits die Einsatzmöglichkeiten des Flugzeugs bzw. Flugkörpers (Drohne), andererseits die Vor- und Nachteile der einzelnen an die Flugzeuge gekoppelten Wärmebildtechniken.

Mirage mit IR-Aufnahmen auf Negativfilm

Die Mirage fliegt mit etwa 800 km/h über das Zielgebiet (Abb. 2). Die Flugroute wird anhand von vorgegebenen Koordinaten gewählt. Unter dem

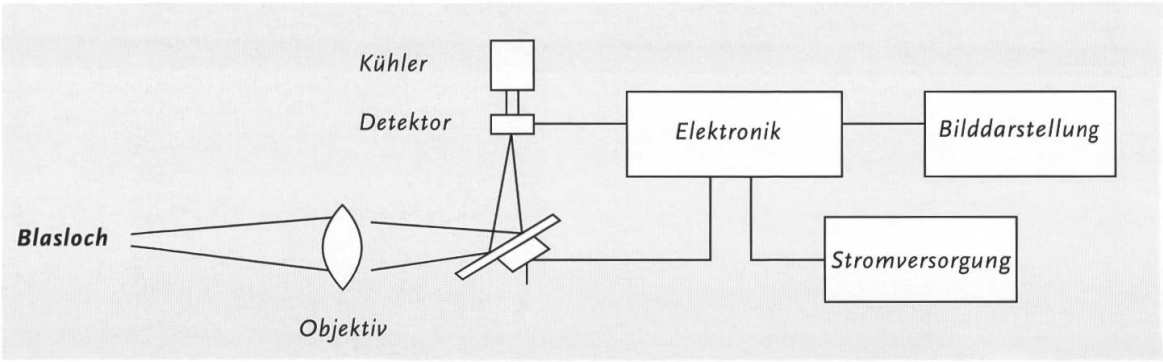

Abb. 3

Abb. 3
Schematischer Grundaufbau eines Wärmebildgerätes.

Abb. 4
Unbemannte Aufklärungsdrohne (ADS 95) auf der Startrampe, ausgerüstet mit einem FLIR-System. Infrarot-Aufnahmen am 22. Februar 1994.

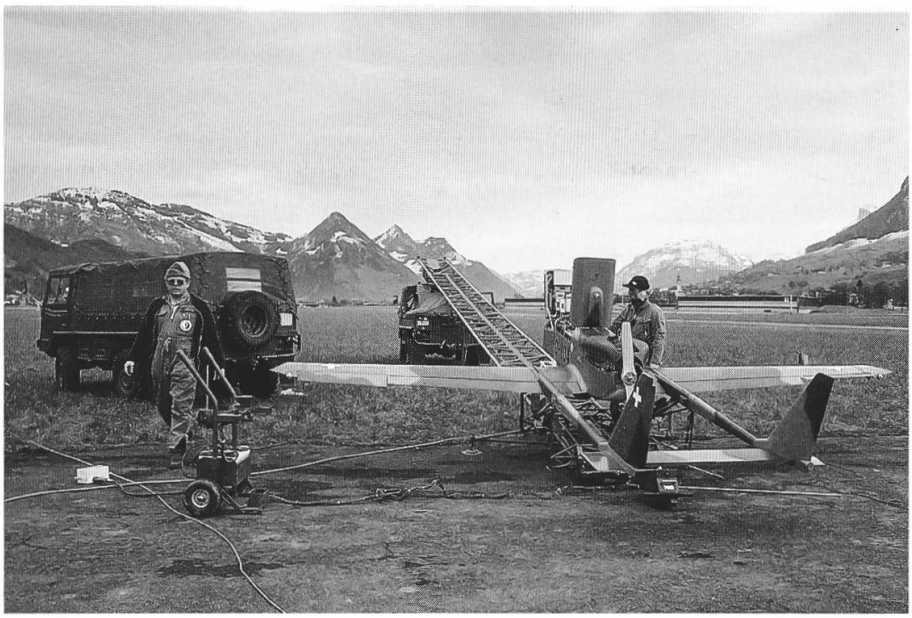

Abb. 4

Flugzeug sind eine Infrarot- sowie eine parallel geführte Photokamera angebracht. Der erfasste Geländeausschnitt beträgt rund 50 m. Die IR-Kamera lässt sich seitlich nicht bewegen. Es besteht auch keine Möglichkeit, den Bildausschnitt zu verändern. Zur Analyse stehen ein Infrarot-Endlos-Negativfilm und zusätzlich ein Schwarzweiss-Negativfilm zur Verfügung. Die Aufnahmen können auf einem Leuchtpult ausgewertet werden.

Aufklärungs-Drohne mit Video-Aufnahmen durch FLIR-Technik

Die Aufklärungs-Drohne ADS 95 ist ein unbemannter Kleinflugkörper mit einer Spannweite von 5,7 m und einer Gesamtlänge von 4,6 m (Abb. 4). Sie wiegt inklusive Treibstoff maximal 270 kg. Die Fluggeschwindigkeit beträgt 90 bis 190 km. Der Flugkörper wird über eine Startrampe in die Luft katapultiert (Beschleunigung auf 100 km/h in 0,7 sec).
Die Drohne wird vom Boden aus ins Zielgebiet ferngesteuert. Dazu steht ein mobiler Kommandowagen zur Verfügung (Abb. 5). Ein Mann lenkt von diesem Einsatzraum aus die Drohne, ein zweiter bedient das Wärmebildgerät und überwacht alle übrigen Parameter (Flug- und Windgeschwindigkeit, Höhe über Boden, Treibstoffverbrauch), und ein dritter hält den Funkkontakt mit dem übrigen Flugverkehr aufrecht. Aus Sicherheitsgründen wird die Drohne von einem Helikopter begleitet. Die Drohne ist mit Kufen ausgerüstet, so dass sie ferngesteuert

Abb. 5
Drohnen-Kommandoraum. Die Aufklärungsdrohne wird vom Boden aus ferngesteuert ins Zielgebiet gelenkt.

Abb. 5

steuert auf jeder ebenen Grasfläche landen kann. Für die Wärmebildaufnahmen wird die FLIR-Technik (Abb. 3) angewandt. FLIR ist die Abkürzung des englischen Begriffs «Forward Looking Infra Red». Die FLIR-Infrarot-Kamera (seitlich sowie auf- und abwärts bewegbar) ist ausgelegt für den Spektralbereich von 8 bis 12 Mikrometer und erkennt eine minimale Temperaturdifferenz von 0,1 Grad Kelvin. Die Sensoren setzen sich aus 100 Infrarot-Detektoren zusammen. Ihre aufgenommenen Informationen werden in einem 400-Linienraster 25mal pro Sekunde optisch abgetastet und in Videosignale umgewandelt. Der FLIR-Bildausschnitt kann nicht kontinuierlich gezoomt werden, er wird vielmehr mit drei umschaltbaren, festen Bildwinkeln (Weitwinkel–Normal–Tele) definiert. Die Aufnahmen können auf herkömmlichen VHS-Videokassetten abgespielt werden. Am Bildrand sind Angaben wie Blickrichtung, aktuelle Position und Zoombereich angegeben.

Helikopter mit Video-Aufnahmen durch FLIR-Technik

Der Helikopter Aluette III ist mit einem FLIR-System ausgerüstet. Im Helikopter befinden sich zwei Arbeitsplätze: Rechts sitzt der Pilot, und links bedient der Operator das FLIR-System. Die allseits bewegbare IR-Kamera ist oberhalb der Kufen befestigt (Abb. 7). Die technischen Daten entsprechen in etwa denjenigen des FLIR-Systems der Drohne. Die IR-Aufnahmen werden auf einen Monitor übertragen. Zur Wahl stehen zwei verschiedene Bildausschnitte (Normal und Zoom). Der Operator kann den Piloten an Ort und Stelle zu Wendemanövern anweisen, um eine gewünschte Geländestelle optimal ins FLIR-Visier zu bekommen. Die IR-Aufnahmen werden auf einer VHS-Kassette festgehalten. Am Bildrand markieren weisse Linien den jeweiligen Kamera-Blickwinkel. Zusätzlich ist per Mikrophon der Dialog zwischen Operator und Pilot vertont.

Anforderungen

Zur Durchführung der einzelnen IR-Aufnahmen hatte die HGT relativ hoch gesteckte Minimalanforderungen bezüglich Schnee- und Witterungsverhältnisse formuliert, denn bei den aufwendigen Flugaufnahmen galt es, eine Experimentierphase soweit wie möglich auszuschalten. Die Minimalanforderungen lauteten:

- eine geschlossene, mindestens 1 m mächtige Schneedecke
- wenig Neuschnee (weil sonst die Blaslöcher vom Neuschnee bedeckt sind)
- minus 10 °C oder kälter (also eine Differenz zur Höhlentemperatur von mindestens 12 °C)
- nur wenig Wind (da sonst die aufsteigende Höhlenluft allenfalls zurückgestaut wird)
- klare Sichtbedingungen, aber möglichst wenig Sonneneinstrahlung (wegen störender Reflexionen)

Aus terminlichen Gründen konnten die Flüge mit der Mirage und der Drohne nur teilweise unter den oben erwähnten Optimalbedingungen durchgeführt werden.

Abb. 6
Helikopter Aluette III, bestückt mit einem FLIR-System, das direkt vom Helikopter aus von einem Operator bedient wird. Infrarot-Aufnahmen vom 31. März 1995.

Abb. 7
Bewegliche Infrarot-Kamera, ausgelegt für den Spektralbereich von 8 bis 12 Mikrometer. Die Kamera ist oberhalb der Kuve des Helikopters befestigt.

Resultate

Nachfolgend sind die Ergebnisse sowie die Vor- und Nachteile der einzelnen Infrarot-Aufnahmeflüge aufgeführt.

Mirage mit IR-Aufnahmen auf Negativfilm

Der Flug mit Start in Dübendorf ZH wurde am 17. November 1993 durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt lag erst wenig Schnee, die Aussentemperatur betrug –8 °C, der Wind war stark.
Die Interpretation der IR-Aufnahmen auf Endlos-Negativfilmen auf dem Leuchtpult war schwierig, da die aufgenommenen Geländestreifen trotz zusätzlichem Schwarzweiss-Negativfilm nur schwer lokalisiert werden konnten.

Vorteile: Die Bildqualität der IR-Aufnahmen ist hervorragend. Im Gegensatz zu Videoaufnahmen können bessere Reproduktionen der Aufnahmen gemacht werden.

Nachteile: Der Flug wird nach einer im voraus genau definierten Route durchgeführt. Eingriffsmöglichkeiten während des Fluges sind somit nicht möglich. Es besteht keine Weitwinkel-Zoom-Wahl, was eine Lokalisierung einzelner Geländeabschnitte (besonders im Winter) bei einer Aufnahmebreite von nur 50 m erschwert oder sogar unmöglich macht. Die Kamera ist nicht schwenkbar. Deshalb bleiben Geländerücken verdeckt. Felswände lassen sich überhaupt nicht photographieren.

Ergebnis: Obwohl die Rahmenbedingungen nur mässig waren und die Interpretation sich als schwierig erwies, konnte ein Blasloch deutlich geortet werden. Damit war klar, dass die Infrarot-Methode für die Höhlen- bzw. Blaslochsuche grundsätzlich in Frage kommt, es galt aber, eine flexiblere Methode zu suchen.

Aufklärungs-Drohne mit Video-Aufnahmen durch FLIR-Technik

Der Flug musste bereits drei Monate im voraus festgelegt werden. Am 22. Februar 1994 – dem Einsatztag mit Start auf dem Flugplatz Buochs NW – lagen die Temperaturen im Zielgebiet nur knapp unter dem Gefrierpunkt. Zudem herrschte eine starke Höhenströmung. Die Bedingungen waren also alles andere als optimal. Da es sich um eine Übungswoche der Drohnen-Crew handelte, wurde der Flug trotzdem durchgeführt.
Die starke Höhenströmung und aufziehende tiefe Wolken forderten von der Mannschaft das Äusserste. Im weiteren stellte sich im Laufe des Anfluges ins Zielgebiet heraus, dass die Melchsee-Frutt im Radarschatten lag. Deshalb mussten die Karstgebiete der Melchsee-Frutt aus etwa 5 km Distanz herangezoomt werden.

Vorteile: Im Gegensatz zum Mirage-Einsatz liess sich die Flugoperation vom Kommandoraum aus mitverfolgen. So konnten Routenwünsche kurzfristig angebracht werden, was besonders bei den ungünstigen Witterungsbedingungen von Vorteil war. Die Kamera ist allseits schwenkbar. Es sind somit auch Aufnahmen von Felswänden problem-

Abb. 6

Abb. 7

los machbar. Der dreistufige Zoombereich erleichtert die Orientierung im Gelände und die Interpretation der Aufnahmen. Die IR-Ergebnisse sind auf einer Videokassette festgehalten und können somit an jedem beliebigen Ort ausführlich interpretiert werden.

Nachteile: Der Zeitpunkt des Einsatzes kann aus organisatorischen Gründen nicht der Witterung angepasst werden. Für die Durchführung sind mehrere Personen nötig. Zudem ist der technische Aufwand gross. Man kann wohl im Kommandoraum letzte Anweisungen geben, befindet sich aber doch nicht direkt im Gelände. Dadurch fehlt der gewünschte Gebietsüberblick.

Ergebnis: Die Witterung war für die IR-Aufnahmen äusserst ungünstig. Wegen des Radarschattens konnte die Melchsee-Frutt nicht genügend nahe angeflogen werden. Deshalb wurde das Programm kurzfristig umgestellt und im Engelbergertal entlang von Felswänden IR-Aufnahmen vorgenommen (u.a. Arni-Goldloch nordwestlich des Trübsees bei Engelberg). Diese Ergebnisse fielen zwar erfolgsversprechend, aber im Detail zuwenig aussagekräftig aus.

Helikopter mit Video-Aufnahmen durch FLIR-Technik

Der Infrarot-Flug mit dem Helikopter kam am 31. März 1995 mit Start auf dem Flugplatz Alpnach zustande. 24 Stunden vorher konnte der Flugtermin kurzfristig vereinbart werden. Die Witterungsverhältnisse waren optimal (minus 11°C, schwacher Morgenwind). An den Vortagen fiel allerdings rund 50 cm Neuschnee auf die ohnehin schon überdurchschnittlich hohe Schneedecke (über 2 m).
Den ganzen Winter von Anfang Januar bis Ende März gab es – mit einer Ausnahme – keinen einzigen Tag, an dem die Witterungsverhältnisse für den Infrarot-Flug optimal gewesen wären.

Vorteile: Die Projektverantwortlichen können im Helikopter sitzen und dem Piloten und dem FLIR-Operator an Ort und Stelle Anweisungen geben. Dadurch ist eine optimale Chancenauswertung gegeben. Der Helikopter ist wendig, er kann zudem im Ruheflug verharren. Auch das FLIR-System ist flexibel. Die Kamera kann stufenlos auf- und abbewegt sowie seitlich verstellt werden. Durch die Kombination Helikopter und FLIR-System ist jedes Ziel anvisierbar. Die Video-Aufnahmen lassen sich zu Hause auswerten. Als Vorteil erweist sich, dass neben dem Bild per Mikrophon auch die Kommentare im Helikopter aufgenommen werden. So kann man direkt zu den IR-Aufnahmen Angaben zu Örtlichkeiten oder Besonderheiten machen, was die Auswertung längerer Aufnahmezeiten wesentlich erleichtert.

Nachteile: Durch das Drehen der Kamera ist es nicht immer einfach zu erkennen, welcher Geländeausschnitt die Kamera jeweils anpeilt. Die Vibration des Helikopters wirkt sich negativ auf die Bildqualität aus, ein Nachteil, der besonders bei den Zoomaufnahmen zum Tragen kommt. Auch die

Tonqualität wird durch das Turbinengeräusch beinträchtigt.

Resultat: Die IR-Aufnahmen haben alle Erwartungen übertroffen (Abb. 8 bis 10). Die meisten Blaslöcher waren zwar noch vom Neuschnee überdeckt und von blossem Auge nicht einmal ansatzweise erkennbar. Und trotzdem konnten die Blaslöcher problemlos flächendeckend erfasst werden. Offenbar war der Schnee durch die ausströmende Höhlenluft angenässt bzw. «angewärmt» worden, was für die Infrarot-Erfassung bereits genügte. Bei einem schon aufgetauten Blasloch liessen sich sogar regelrechte «Wärmefahnen» feststellen, die vom kalten Morgenwind über den Schnee talwärts abgetrieben wurden (Abb. 9).

Fazit

Das an den Helikopter gekoppelte FLIR-System eignet sich von den drei getesteten Systemen am besten für das Orten von bewetterten Höhlensystemen. Die Rahmenbedingungen müssen allerdings auch bei diesem System stimmen, wobei eine Temperaturdifferenz von 10 °C bei weitem zu genügen scheint. Der Flug sollte möglichst früh am Morgen (oder bei dichter hoher Bewölkung) erfolgen, da die Sonneneinstrahlung an Bäumen und Felsen auf dem IR-Video unerwünschte Reflexionen verursacht, die die Interpretation erheblich erschweren.

Ausblick

Bis jetzt wurden für die Suche nach Blaslöchern nur Infrarot-Flüge bei winterlichen Bedingungen durchgeführt. Über das Aufspüren von Blaslöchern in der warmen Jahreszeit (austretende Kaltluft in den tieferen Teilen der zu bewertenden Höhlensysteme bzw. Karstgebiete) liegen noch keine Erfahrungen vor. Es ist zu erwarten, dass die Interpretation schwieriger ist, weil im Gegensatz zum Winter (geschlossene Schneedecke) die Geländeoberfläche auf dem Infrarotbild durch unerwünschte Reflexionen wesentlich unruhiger wird.
Es dürfte eine Frage der Zeit sein, bis die FLIR-Technik mit einem Satelliten-Navigationssystem gekoppelt ist. Dann können die Koordinaten angepeilter Objekte auf wenige Meter genau berechnet werden.

Literatur

Bamf (1991): Aufklärungsdrohnen als Echtzeit-Nachrichtenbeschaffungsmittel. – Bundesamt für Militärflugplätze (BAMF), Emmen.

Bögli, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. – Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Flir Systems (1987): FLIR-Operator's Manual. – FLIR-Systems, Inc., Portland, OR 97224, USA.

Flir Systems (1990): Situation Avareness FLIR. – FLIR-Systems, Inc., Portland, OR 97224, USA, c/o AAS Luftfahrzeughandels GmbH, Wien, Österreich.

Siemens AG (1990): Technik der Wärmebildgeräte (passive Nachtsichtgeräte). – Siemens-Albis AG, Vertrieb Sondersysteme Ortung, Zürich.

Abb. 8
In einer Felswand konnte mit der Infrarot-Technik ein Höhleneingang ausfindig gemacht werden, aus dem warme Höhlenluft strömt (schwarzer Fleck in der Bildmitte).

Abb. 9
Die schwarzen Flecken sind Blaslöcher in der kompakten Schneedecke aus denen warme Höhlenluft tritt, die aber sogleich vom kalten Morgenwind hangabwärts «verblasen» wird.

Abb. 10
In der Bildmitte ist deutlich ein rundlicher Fleck zu erkennen. Hierbei handelt es sich um ein grösseres Blasloch.

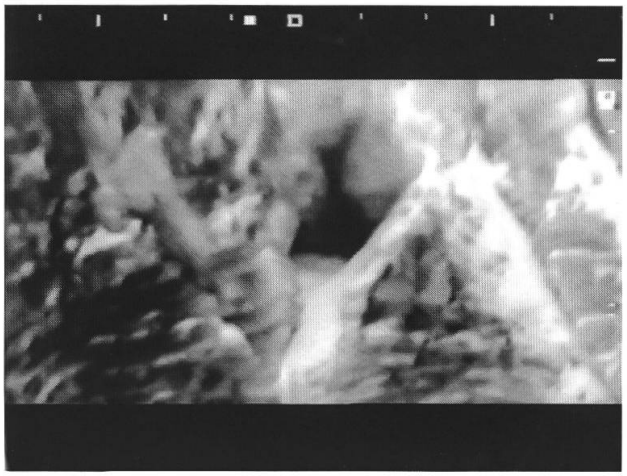

Abb. 8

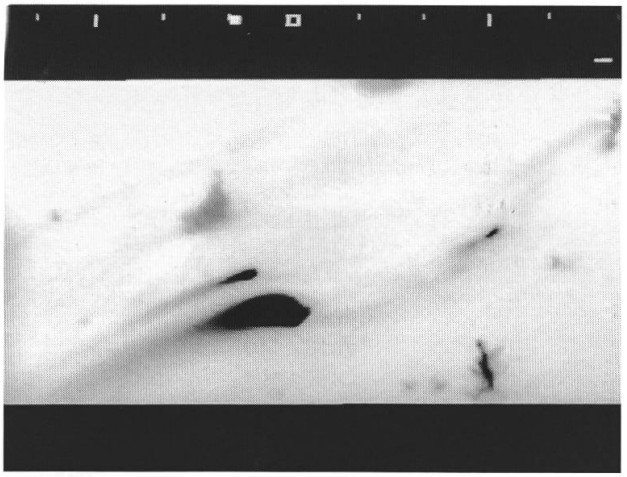

Abb. 9

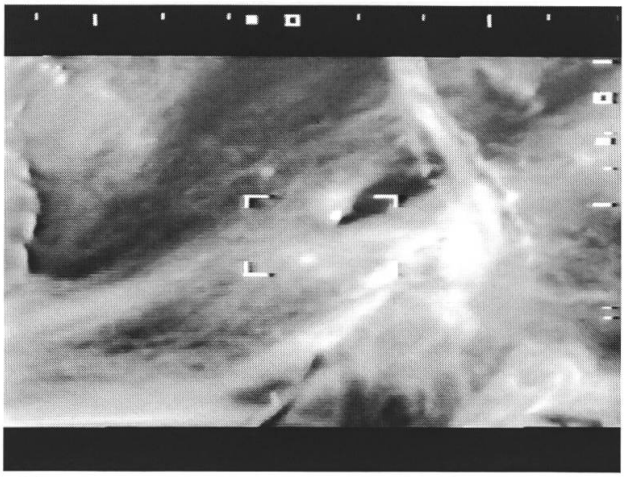

Abb. 10

Trimmel, H. (1968): Höhlenkunde. – Vieweg-Verlag, Braunschweig, Deutschland.
Trüssel, M. (1976–1996): Tätigkeitsberichte der Höhlenforscher-Gemeinschaft Trüssel (HGT). – Publ. in Vorber.: Vom Fuchsloch zur Schrattenhöhle. 22 Jahre Höhlenforschung auf Melchsee-Frutt. – Eigenverlag HGT, 3377 Walliswil b. W.

Adresse des Autors

Martin Trüssel, Höhlenforscher-Gemeinschaft Trüssel (HGT), Heimenhausenstrasse 24, CH-3377 Walliswil bei Wangen