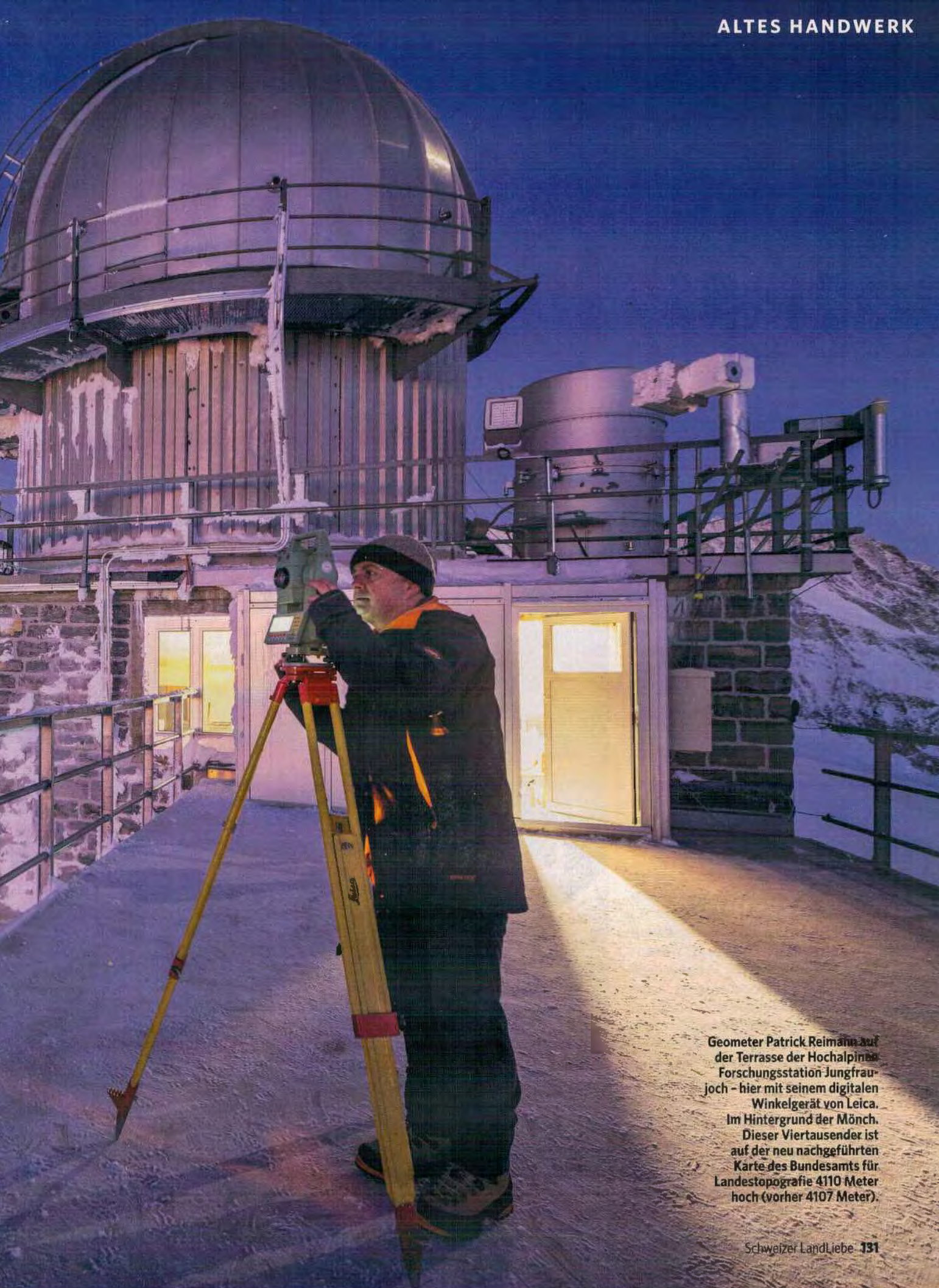


Messen, rechnen, auswerten

Das Rätsel der Präzision

Die Höhe der Berge zu bestimmen, ist bis heute eine Herausforderung – und doch gab es schon früher erstaunlich genaue Vermessungen. Auf der Hochalpinen Forschungsstation Jungfrauoch will Ingenieur-Geometer **Patrick Reimann** jetzt wissenschaftlich herausfinden, wie das damals möglich war.

Text Natascha Knecht Fotos David Birri



Geometer Patrick Reimann auf der Terrasse der Hochalpinen Forschungsstation Jungfrauoch – hier mit seinem digitalen Winkelgerät von Leica. Im Hintergrund der Mönch. Dieser Viertausender ist auf der neu nachgeführten Karte des Bundesamts für Landestopografie 4110 Meter hoch (vorher 4107 Meter).

*Direkte Sicht
zu markanten
Gipfeln vom
Jungfrauoch aus*

S

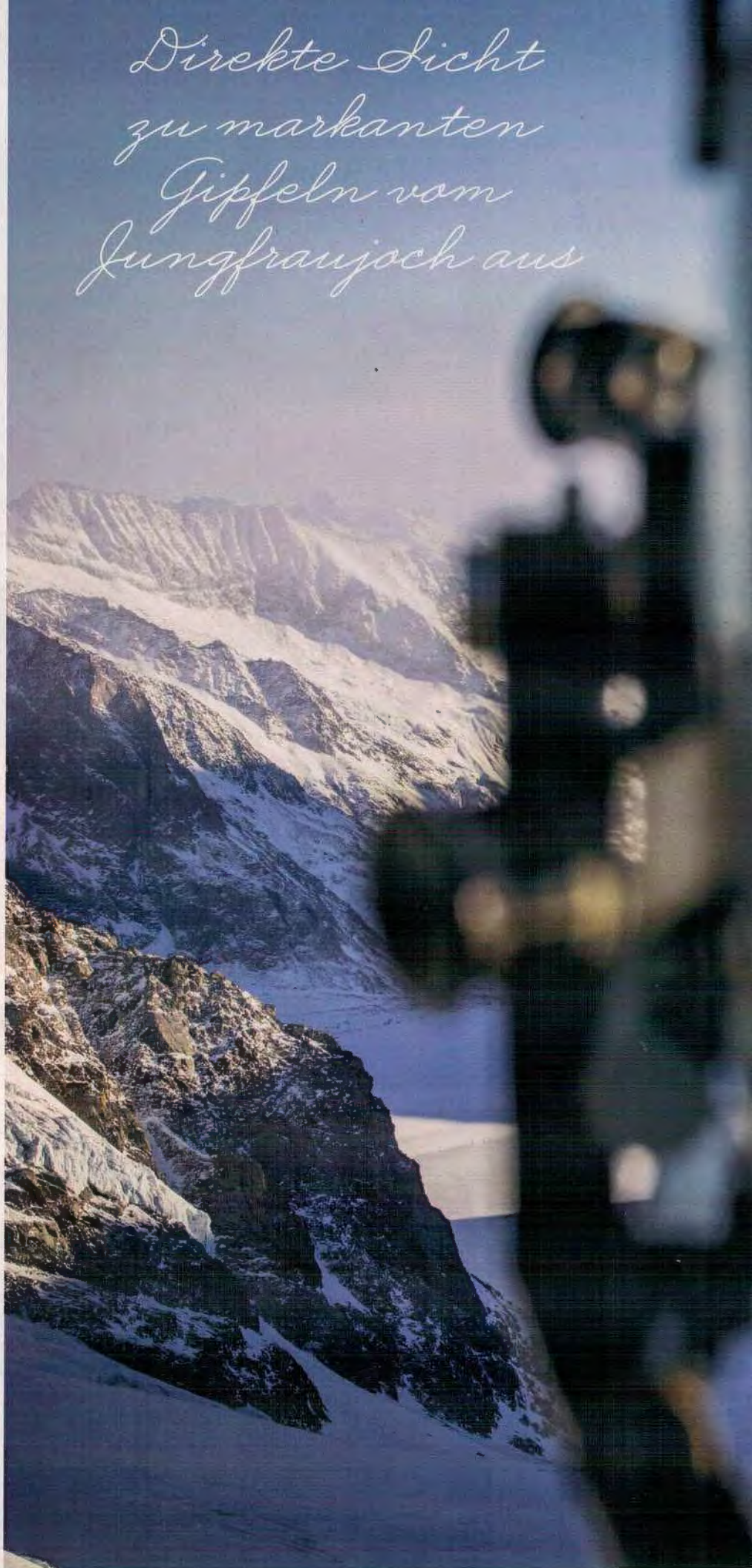
Seit 2019 reist Patrick Reimann einmal zu jeder Jahreszeit für ein Wochenende von seinem Wohnort Aesch BL aufs Jungfrauoch. Nicht für ein Selfie wie die Touristen. Nicht für eine Bergtour wie die Alpinisten. Am höchstgelegenen Bahnhof Europas auf 3454 Metern angekommen, schreitet er in der Eingangshalle mit den grossen Panoramafenstern an der Coffee Bar vorbei und gelangt hinter dem Souvenirladen in einen düsteren Felsstollen. Dieser führt ihn in eine Welt, die anderen Besuchern hier oben verschlossen bleibt – in die Hochalpine Forschungsstation Jungfrauoch.

Trigonometrische Formel

Patrick Reimann, 56, ist Ingenieur-Geometer und Leiter des Amts für Geoinformation Basel-Landschaft. Im beruflichen Alltag verantwortet er die amtliche Vermessung seines Kantons. Dazu stehen ihm und seinen Leuten modernste Geräte zur Verfügung.

Hier oben in der Forschungsstation Jungfrauoch ist Reimann Wissenschaftler. Er hantiert mit Vermessungsinstrumenten, von denen zwei längst in die Jahre gekommen sind. Der Repetitionstheodolit – ein Winkelmesser der Marke Kern – stammt von 1909. Dieser besteht wie ein Setzkasten aus vielen kleinen Teilen. «Am Anfang brauchte ich drei Stunden, um sie zu zusammenschrauben. Jetzt, nach dem zwanzigsten Mal, schaffe ich es in fünfzehn Minuten», sagt er lachend.

Reimann forscht in seiner Freizeit an einer trigonometrischen Formel, mit





Das Eggishorn (2927 m) am Ende
des Aletschgletschers steht kopf:
Durch den Repetitionstheodolit der
Marke Kern aus dem Jahr 1909
sieht Patrick Reimann den Gipfel
mit der Spitze nach unten.

Idealer Standort für internationale Forschungen

der vor hundertsiebzig Jahren von Nordindien aus die Berge im Himalaja berechnet wurden. Die Region war, wie auch das Schweizer Hochgebirge, zu dieser Zeit ein weisser Fleck auf der Landkarte.

Doch während abenteuerfreudige englische Touristen Mitte des neunzehnten Jahrhunderts unsere Hochalpen als neuen Spielplatz für sich entdeckten und als Erstbesteiger einen Viertausender nach dem anderen «eroberten», übernahm die britische Armee in Indien gleich ganz die Herrschaft. Unter anderem führte sie die grosse trigonometrische Vermessung des Subkontinents durch. Eine Aufgabe, die Jahrzehnte dauerte und auch die Höhenbestimmung der Achttausender in Nepal beinhaltete.

Verblüffende Genauigkeit

Zufällig stiess Reimann auf die Information, wie die Briten damals die Höhe der Berge im Himalaja gemessen haben: aus Entfernungen von hundertfünfzig bis zweihundert Kilometern, da ihnen das nepalesische Königstum den Zutritt zum Territorium verweigerte. «Bei diesen Distanzen geht die heutige Fehlertheorie aufgrund der Erdkrümmung und der Refraktion, der Brechung eines Lichtstrahls in der untersten Erdatmosphäre, von einer Genauigkeit von plus/minus hundertfünfzig Metern aus», so Reimann.

Aber das Resultat ist verblüffend exakt ausgefallen. Beim Mount Everest, dem höchsten Gipfel der Erde, der nach dem britischen Vermessungsingenieur Sir George Everest benannt wurde,



Patrick Reimann verpasst dem alten Messinstrument den letzten Schliff, dann ist es parat.

kamen sie auf eine Höhe von 8840 Metern. «Das sind weniger als neun Meter Abweichung zur aktuell geltenden und mit modernsten Methoden ermittelten Höhe von 8848,86 Metern.»

Die bemerkenswerte Präzision hat ihn so stutzig gemacht, dass er jetzt herausfinden will, wie das den Briten gelingen konnte. «Am Ziel bin ich noch nicht, aber auf der Spur dorthin.»

Um an seinem Projekt zu tüfteln, ist die Hochalpine Forschungsstation Jungfraujoch wie geschaffen. Das futuristisch anmutende Sphinx-Observatorium steht oberhalb des Jochs auf einer Felskuppe. Direkt daran angrenzend erstreckt sich gegen Süden das vergletscherte Unesco-

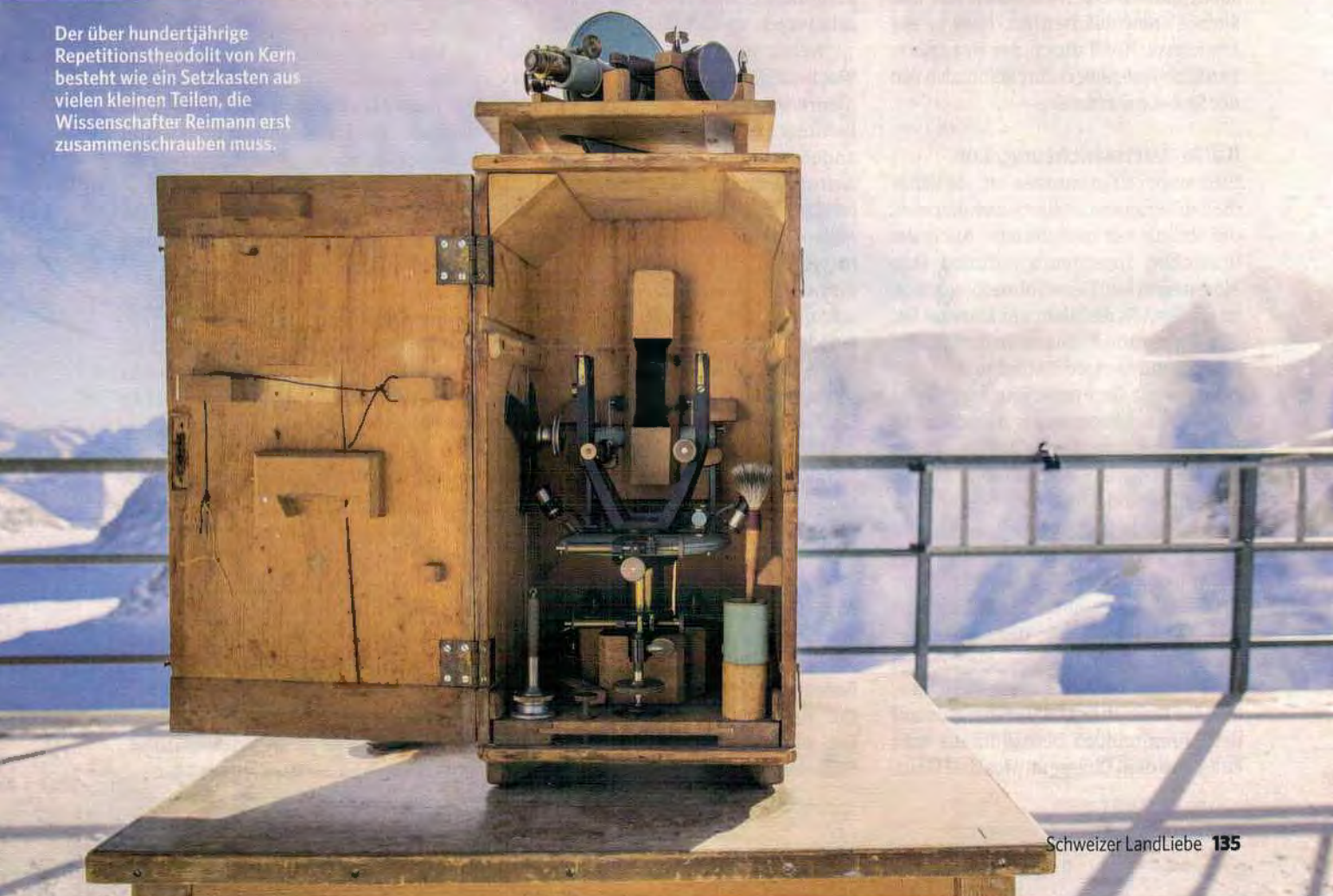
Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch. Gegen Norden die Weite des Unterlands bis nach Deutschland und Frankreich. Die unterste Sphinx-Terrasse steht den Touristen offen. Die oberen zwei Terrassen gehören alleine den Forschern.

Von hier hat Reimann bei guter Witterung direkte Sicht auf markante Gipfel in unterschiedlichen Distanzen. Dazu gehören der La Dôle am Genfersee (147 Kilometer entfernt), der Chasseral im Jura (96 Kilometer), der Feldberg in Deutschland (146 Kilometer). Oder das Aletschhorn (14 Kilometer), die Jungfrau (1 Kilometer) und der Mönch (2 Kilometer). Zu diesen Gipfeln führt er nun wiederholt Messungen durch.



Das Sphinx-Observatorium steht neben dem Jungfraujoch auf einer Felskuppe - mitten im ewigen Eis. Die oberen zwei Stockwerke und Terrassen gehören den Forschern. Der untere Teil ist für die Touristen geöffnet. Rechts im Hintergrund die Jungfrau (4158 m).

Der über hundertjährige Repetitionstheodolit von Kern besteht wie ein Setzkasten aus vielen kleinen Teilen, die Wissenschaftler Reimann erst zusammenschrauben muss.





Felsstollen abseits des Touristenstroms

Die Vermessungs-
instrumente haben
Gewicht: Durch den
Felsstollen gelangt
Patrick Reimann vom
höchstgelegenen
Bahnhof Europas zur
Forschungsstation
Jungfrauoch.

Nebst dem antiken Theodolit von Kern benützt er noch einen Wild T2 aus dem Jahr 1962 und ein neues digitales Winkelgerät von Leica. Alle drei stellt Reimann nebeneinander auf. Jede Messung ergibt eine Zahlenreihe, die er für die späteren Berechnungen in eine Excelliste auf dem Laptop einträgt. Manchmal nickt er zufrieden und sagt: «Sehr gut!» Die Schwierigkeit mit den älteren Instrumenten ist, dass er die avisierten Gipfel durch das integrierte Fernglas spiegelverkehrt sieht, also mit der Spitze nach unten.

Kälte, Luftschichtung, Lot

Eine seiner Erkenntnisse ist, «je kälter die Lufttemperatur, desto weniger wird die Refraktion beeinflusst». Auch die britischen Ingenieure nahmen ihre Messungen bei Tagesanbruch vor, weil zu dieser Zeit die Sicht am klarsten ist. Dies überprüfte Reimann im Herbst 2021 bei einem frostigen Experiment in der Nacht – mit Unterstützung von Daniel Willi, dem Prozessleiter Geodätische Landesvermessung beim Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).

Willi stand auf dem Chasseral im Jura und nahm von dort Messungen zum Jungfrauoch vor. Und Reimann gleichzeitig vom Jungfrauoch zu Willi auf dem Chasseral. «Gefunden haben wir uns auf die Distanz und in der Dunkelheit dank einer Speziallampe, die uns die ETH Zürich zur Verfügung gestellt hat», erzählt Reimann. Die Temperatur auf dem Jungfrauoch betrug minus acht Grad, auf dem Chasseral plus drei Grad.

Tatsächlich waren die Winkelabweichungen vom kalten Joch aus kleiner. Willi ergänzt, dass zwischen Ziel- und Messpunkt auch die Temperaturschichtungen in der Atmosphäre einen Einfluss auf die Refraktion haben. Diese Schichtungen seien in der Nacht tendenziell stabiler. Als nächsten Schritt will Reimann die Lotabweichung auf dem Jungfrauoch untersuchen und dann sein Projekt abschliessen können.

Nebst Reimann sind an diesem Wochenende auch Natur- und Ingenieurwissenschaftler des Paul Scherrer Instituts anwesend. Sie betreiben unter anderem eine Langzeitmessreihe zu Aerosolpartikeln. Die Forschungsstation ist einzigartig für die Wissenschaft. Meteo Schweiz hat hier eine permanente meteorologische Messstelle installiert und das Bundesamt für Gesundheit eine automatische Überwachung der Luft-radioaktivität. Aber auch die Atmosphäre wird erforscht, Höhenmedizin, Biologie oder Glaziologie. Trägerin der Station ist eine internationale Stiftung, die 1930 gegründet wurde und unter der Aufsicht des Eidgenössischen Departements des Innern steht.

Warme Unterkunft

Zur Verfügung stehen den Wissenschaftlern nebst Labors und mechanischer Werkstatt auch Annehmlichkeiten für das Wohlbefinden: Einzelschlafzimmer, Badezimmer, voll ausgestattete Küche mit Kaffee- und Abwaschmaschine, Ess- und Aufenthaltsraum sowie eine Bibliothek. Anders als in den Hütten des

Schweizer Alpen-Clubs in der Umgebung sind die Räumlichkeiten geheizt, es gibt fließend warmes Wasser – auch in der Dusche. Tagsüber können sie sich in einem der Restaurants auf dem Jungfrauoch verpflegen. Das Abendessen müssen sie jedoch selber mitbringen und zubereiten. Reimann macht Spaghetti. Bis auf 3500 Metern Höhe das Wasser kocht und die Teigwaren al dente sind, dauert es fast doppelt so lang wie zu Hause. Auch einschlafen dauert hier länger, und man schläft nicht so tief. Noch vor Sonnenaufgang steht Reimann wieder auf der Sphinx-Terrasse, um mit seinen Messungen fortzufahren. «Einmal messen ist keinmal messen», sagt er. Je mehr Daten er sammelt, desto genauer kann er seine Forschung wissenschaftlich erklären.

Viele Zahlen im Gepäck

Die Zeit verfliegt im Nu, und bald ist später Nachmittag. Reimann will den letzten Zug ins Tal nicht verpassen. Eilig schraubt er den alten Repetitionstheodolit auseinander, platziert jedes Teil sorgfältig im Holzkasten und deponiert alle seine Instrumente im Lagerraum der Forschungsstation. Danach schreitet er durch den Felsstollen zurück in die touristische Welt des Jungfrauochs. Am Souvenirladen und der Coffee Bar vorbei zum Bahnhof. Den Zug erreicht er rechtzeitig. Im Gepäck schier endlos viele neue Zahlen.

•••

Mehr Infos zur Holchalpinen Forschungsstation
Jungfrauoch www.hfsjg.ch