

## Region

# Schon am Moossee zeigt sich, dass die Erde eine Kugel ist

**Und sie krümmt sich doch** Sie ist da, auf jedem Meter. Aber erst wenn man versucht, sie zu «sehen», tritt sie plötzlich gross in Erscheinung: die Erdkrümmung.

### Dölf Barben

Als globales Phänomen ist die Erdkrümmung nicht unbedingt das naheliegendste Thema für den Lokalteil einer Zeitung. Und doch: Diesen Sommer wurde an dieser Stelle die Frage eines Kindes geklärt: Es hatte sich gewundert, warum Züge vor dem Bahnhof Uttigen auftauchen wie Schiffe, die sich der Küste nähern. Ob das auf die Erdkrümmung zurückzuführen sei, wollte es wissen.

Als Grund für das Auftauchen entpuppte sich eine Kuppe. Gleichzeitig aber stellte sich heraus, dass die Erdkrümmung auf den neun Kilometern zwischen Münsingen und Uttigen bereits über sechs Meter ausmacht.

Sechs Meter Erdkrümmung auf nicht einmal zehn Kilometern? Im Aaretal, sozusagen vor der eigenen Haustür? Warum also nicht einmal da genauer hinschauen, wo es auf den ersten Blick nichts zu sehen gibt?

### Playmobilfigur am Moossee

Der Spezialist, der dabei hilft, ist Adrian Böhlen. Der 50-jährige lebt in Worb, ist Kartograf und arbeitet beim Bundesamt für Landestopografie (swisstopo). Er beschäftigt sich seit vielen Jahren mit digitalen Höhenmodellen. Damit kann er Panoramen berechnen, wie sie an Aussichtspunkten aufgestellt sind – unter vielem anderen.

Die Erdkrümmung falle zunächst kaum ins Gewicht, sagt Böhlen. Bei Vermessungsarbeiten müsse sie aber bereits auf

kurze Distanzen berücksichtigt werden, weil sich sonst Fehler aufsummieren. Bei einer Distanz von 30 Metern betrage die Absenkung – so nennt man den Wert der Erdkrümmung – sieben Hundertstelmillimeter. Die Ablesegenauigkeit der Messinstrumente liege bei einem Hundertstelmillimeter.

Weil die Erde eine Kugel sei und ihre Oberfläche mit zunehmender Distanz immer stärker «wegtaucht», werde die Absenkung rasch grösser, erklärt er. Schon nach 350 Metern erreiche sie den Zentimeterbereich. Und nach einem Kilometer, was genau der Länge des Moossees entspricht, beträgt sie knapp acht Zentimeter. Eine Playmobilfigur könnte das andere Ufer des kleinen Sees bereits nicht mehr sehen.

Und dann werden die Werte erstaunlich gross. Bittet man jemanden, die Erdkrümmung zwischen Bern und Thun zu schätzen, liegt die Antwort meistens sehr weit daneben. Tatsächlich beträgt sie bereits 49 Meter.

Beim Blick zu den Alpen, also bis an den Horizont, erreicht sie Werte von mehreren Hundert Metern. Das Schreckhorn, das von der Berner Kornhausbrücke aus gern fotografiert wird, taucht zusammen mit der Erdoberfläche bereits um 330 Meter ab.

### Hinter den Horizont gucken

Ein Punkt sei dabei aber noch zu berücksichtigen, sagt Adrian Böhlen: die Refraktion. Damit wird die Ablenkung des Lichts bezeichnet. Gemessen an der Ab-



Die Lueg bei Wynigen ist für Adrian Böhlen ein «höchst bemerkenswerter» Aussichtspunkt. Es ist ein idealer Ort, um das Phänomen der Erdkrümmung besser zu verstehen. Foto: Raphael Moser

senkung mache sie unter normalen Umständen etwa 13 Prozent aus – zugunsten der Beobachterin oder des Beobachters. Man könne daher ein klein wenig über den Horizont hinausblicken, sagt er. Für das Schreckhorn bedeutet das: Man sieht den Gipfel von Bern aus gegenüber seiner tat-

sächlichen Position gut 40 Meter erhöht.

Berechnet man die Erdkrümmung für noch längere Distanzen, gelangt man bald zu erstaunlich hohen Zahlen. Zwischen Bern und Zürich beträgt sie fast 800 Meter, zwischen Genf und Zürich sind es schon gegen vier Kilometer.

### Die Jurakette beobachten

Bei so grossen Werten stellt sich die Frage, warum man das Phänomen, das ja allgegenwärtig ist, nicht besser «sehen» kann. In der Schweiz sei das schwieriger als in flachen Gegenden, sagt Adrian Böhlen. Befinde man sich in Norddeutschland auf einer Erhebung, könne man die theoretisch mögliche Sichtweite meist ausreizen. In der Schweiz dagegen stehe fast immer irgendwo ein Hügel oder ein Berg im Weg. «Die lokale Topografie dominiert den Horizont», sagt er.

Und doch: Es gibt Orte, wo man der Erdkrümmung auch hierzulande auf die Spur kommen kann. Auf dem Bantigerurm etwa. Von dort aus könne man sehr gut feststellen, sagt Böhlen, wie die Jurakette sich gegen Genf hin immer mehr verliere – obschon sie gegen Westen hin tatsächlich an Höhe gewinne. Dieses generelle Absinken sei der Erdkrümmung geschuldet.

Als Kartograf ist ihm dieses permanente Wegtauchen der Erdoberfläche nach allen Richtungen bewusst. Um das Ausmass besser zu verstehen, schlägt er vor, sich das Alpenpanorama in der Nähe der Lueg anzuschauen.

Schon vor vielen Jahren hatte Böhlen mit Höhenmodellen experimentiert und dabei entdeckt, dass es im Gebiet nördlich von

Hasle-Rüegsau Standorte gibt, von wo aus man das Weisshorn sehen kann. Solch exponierte Gipfel spielen beim Empfang von UKW-Funksignalen eine Rolle. An ihren Eis- und Felsflächen werden diese reflektiert. Der Fernempfang von Radiosignalen ist eines der Hobbys von Böhlen wie auch das Wandern. Oder die Bücher von Enid Blyton – aber das wäre ein anderes Thema.

Über viele seiner Alptouren und Wanderungen hat Böhlen Berichte verfasst und auf der Website Hiker publiziert. Darunter findet sich jener über das «höchst bemerkenswerte Panorama» von der Lueg – und die Sichtbarkeit des Weisshorns. Böhlen hatte sich damals überzeugen wollen, ob die Realität mit seinen Berechnungen übereinstimmt. Sie tat es, «wobei ich nichts anderes erwartet hatte», sagt er.

Einer der besten Standorte, um das Weisshorn zu beobachten, liegt etwas südwestlich des Denkmals, in der Nähe von Rotebaum. Und tatsächlich: Das Weisshorn ist deutlich zu erken-

nen – zwischen Doldenhorn und Balmhorn.

### Flache Erde simulieren

Um das Ausmass der Erdkrümmung fassbar zu machen, hat Adrian Böhlen eine Panoramakarte vorbereitet und dabei eine flache Erde simuliert. Der Effekt ist frappant: Das Weisshorn hat sich theoretisch um 900 Meter erhoben. Allerdings kommt dieser Wert nicht vollumfänglich zur Geltung – denn auch der Vordergrund hat sich scheinbar erhöht. Beim Doldenhorn sind es über 300 Meter.

Eine kleine Pointe ergibt sich beim Luegdenkmal selbst. Böhlens Berechnung sagt auch für dort die Sichtbarkeit des Weisshorns voraus. Auf der Panoramatafel ist es jedoch nicht eingezeichnet.

Schaut man durch das Fernrohr, das daneben steht, zeigt sich die Zuverlässigkeit des digitalen Modells: Man muss zuerst zwar etwas suchen, aber dann sieht man es: das Weisshorn, das im grellen Sonnenlicht fast etwas schüchtern hinter einer Kette hervorblinzelt.

### Die Erdkrümmung wird bald einmal beträchtlich

Aussicht von der Lueg. Ohne Erdkrümmung sähe man die Berge wie orange angedeutet. Insbesondere wäre das Weisshorn gut zu sehen.

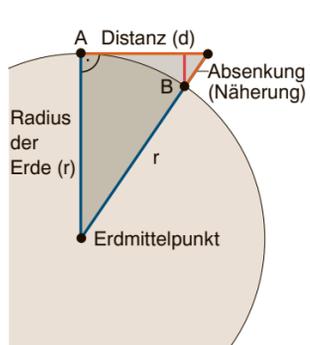


Die Erde wölbt sich von Wynigen bis Zermatt um über 1100 Meter



### So kann man die Erdkrümmung berechnen

Vereinfachte Berechnung mithilfe des Satzes des Pythagoras



#### Satz des Pythagoras

berechnet die Seitenlängen im rechtwinkligen Dreieck  $a^2 + b^2 = c^2$

#### Berechnung der Absenkung

$r^2 + d^2 = (\text{Absenkung} + r)^2$   
Absenkung =  $\sqrt{r^2 + d^2} - r$

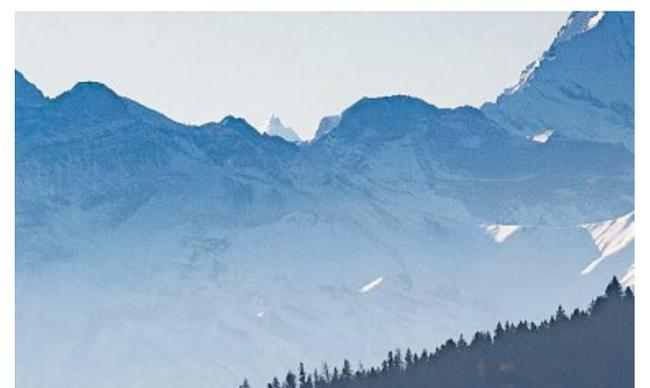
**Beispiel:** Wie gross ist die Absenkung zwischen Bern und Thun (Distanz: 25 km, Erdradius: 6370 km)?

$\sqrt{6370^2 + 25^2} - 6370 = 0,049 \text{ km}$

### Beispiele für die Erdkrümmung

Distanz in km, Absenkung (a) in m

Distanz	a
1,0	0,1
2,0	0,3
5,0	2,0
10,0	7,8
Thun–Leissigen	14,5 16,5
20,0	31,0
Bern–Thun	25,0 49,0
Lueg–Doldenhorn	67,0 352,0
100,0	785,0
Lueg–Weisshorn	108,0 915,0
Wynigen–Zermatt	120,0 1130,0
Genf–Zürich	225,0 3972,0



Die Realität stimmt mit den Berechnungen überein. Vom Standort Rotebaum ist das Weisshorn gut zu erkennen. Foto: Raphael Moser