

## Unit vector field fitting in structural geology

### Anpassung des Einheitsvektorfeldes in der Strukturgeologie

FREDERIK P. AGTERBERG, Ottawa

**Key words:** Unit vector fields, polynomial trend surfaces, Hercynian minor folds, Italian Dolomites, Periadriatic lineament, TRANSALP profile.

#### Abstract

Methods of unit vector field analysis include 2-dimensional polynomial trend-surface fitting applied separately to the three direction cosines of the measurements followed by combining the estimated values to construct the unit vector field. A new mathematical derivation of the underlying theory is presented. Examples of application are to B-axes for Hercynian minor folds and schistosity planes in quartzphyllites belonging to the crystalline basement of the Italian Dolomites. During Alpine orogeny, these s-planes were not only refolded but there were large-scale sliding movements along the Hercynian schistosity resulting in various kinds of rotations of the B-axes. The unit vector fields help to outline these deformation patterns. The unit vector field for the B-axes in quartzphyllites in the San Stefano area East of the Dolomites shows existence of an SW vergent Alpine anticlinal structure. Two examples for quartzphyllites in the Pustertal (Val Pusteria) adjacent to the Periadriatic Lineament can be explained as part of the South vergent upper-crustal response to the North and north-eastward directed subduction of the Adria microplate below the Eastern Alps from the late Miocene onward. Because of this motion the crystalline basement North of the Dolomites was subjected to significant N-S shortening with probably a sinistral component in the vicinity of the TRANSALP profile near Bruneck (Brunico).

#### Zusammenfassung

Die Verfahren der Einheitsvektorfeld-Analyse umfassen die Anpassung einer zweidimensionalen polynomialen Trendoberfläche separat zu den Cosinus der Messungen in den drei Raumrichtungen sowie die Kombination der mathematisch geschätzten Werte, um das Einheitsvektorfeld zu erzeugen. Eine neue mathematische Ableitung der zugrunde liegenden Theorie wird vorgestellt. Als Anwendungsbeispiele werden behandelt: die B-Achsen herzynischer Kleinfalten (Abb. 1) und die Schieferungsflächen in Quarzphylliten, die zum kristallinen Basement der italienischen Dolomiten gehören. Die herzynen s-Flächen wurden während der alpinen Orogenese nicht nur rotiert, sondern es gab auch großmaßstäbliche Gleitbewegungen parallel zu ihnen. Das führte zu Rotationen der B-Achsen. Die Einheitsvektorfelder helfen, diese Deformationsmuster zu erkennen.

Das Einheitsvektorfeld für die B-Achsen in den Quarzphylliten des Gebietes von San Stefano östlich der italienischen Dolomiten zeigt die Existenz einer SW-vergenten alpinen Antiklinalstruktur. Abb. 2 veranschaulicht das Vorkommen von Ausbissen und die Pole der mittleren s-Flächen sowie B-Achsen, welche aus den eingemessenen Proben dieses Gebietes berechnet wurden. In Abb. 3 sind die flächentreuen Projektionen im Schmidtschen Netz für zwei eingemessene Proben zu sehen. Die B-Achsen oder ihre Mittelwerte für 100 m \* 100 m große Teilflächen werden in der linken Hälfte von Abb. 4 dargestellt. Mittlere Einheitsvektoren, die die B-Achsen in größerer radialer Nachbarschaft miteinander verbinden, sind in der rechten Hälfte der Abb. 4 dargestellt. Das sich ergebende Muster ähnelt dem in Abb. 2. Das Einheitsvektorfeld für die B-Achsen des San-Stefano-Gebietes weist großmaßstäbliche Rotationen auf. Im Durchschnitt kreuzt die SW-NE-streichende axiale Fläche der alpinen Antiklinale die SSE-NNW-streichende herzyne Schieferungsfläche schiefwinklig.

Zwei andere Beispiele eines Einheitsvektorfeldes betreffen die Quarzphyllite des Pustertales (Val Pusteria) zwischen den italienischen Dolomiten und dem Periadriatischen Lineament, das die Nordgrenze der Adriatischen Mikroplatte darstellt. Nahe Bruneck (Brunico) (Abb. 5) ist dieser Quarzphyllitgürtel etwa 12 km breit. Die sechs eingemessenen Proben für B-Achsen und s-Flächen sind ungefähr entlang der N-S-orientierten Trajektorie des TRANSALP-Profiles quer durch die Ostalpen angeordnet (Tab. 1). Seismische Vibrationen und Explosionen am TRANSALP-Profil weisen darauf hin, dass die Nordgrenze der Adriatischen Mikroplatte nordwärts einfällt. In größeren Tiefen gibt es gut entwickelte südwärts einfallende reflektierende geschichtete seismische Untereinheiten mit wahrscheinlich den gleichen Stellungen der s-Flächen. Andererseits haben die oberflächennahen ost-streichenden s-Flächen bei Bruneck subvertikale Stellungen, und die meisten B-Achsen fallen steil ostwärts ein (Abb. 6). Kubisch-polynomiale Kurven (Abb. 7) wurden den Cosinus der drei Raumrichtungen für die B-Achsen angepasst, welche auf eine N-S-Linie projiziert wurden, die annähernd mit dem TRANSALP-Profil zusammenfällt. Das sich ergebende vereinfachte Einheitsvektorfeld (Abb. 8) zeigt, dass die B-Achsen der Quarzphyllite quer in einer Entfernung von 8 km von ihrem Kontakt mit dem Permotrias etwa mit durchschnittlich 50° E einfallen. Dies spiegelt die Rotation der s-Flächen in eine subvertikale Position in Folge der neo-alpinen Nord-Süd-Kontraktion wider. Die B-Achsen werden in größerer Nähe zum Periadriatischen Lineament subvertikal, und ihre Azimute verändern sich von E zu SSW. Das suggeriert eine horizontale Bewegung parallel zum Periadriatischen Lineament und zugleich südlich der permischen Granodioritintrusion von Brixen (Bressanone) (Abb. 5), die möglicherweise eine ostwärts gerichtete Erstreckung der wesentlichen miozänen sinistralen Blattverschiebung entlang der Giudicaria-Linie westlich der Dolomiten repräsentiert.

Östlich von Bruneck werden die Quarzphyllitgürtel schmaler. Durchschnittlich verbleiben die Stellungen der s-Flächen subvertikal, aber das Streichen der mittleren s-Flächen konvergiert nach Ost (Abb. 9) und die B-Achsen weisen auf die Existenz antiklinaler Strukturen hin, die durch ein geringeres, ostwärts gerichtetes Einfallen gekennzeichnet sind. Die Konvergenz des Streichens der s-Flächen und die aufwärts gerichtete Rotation der B-Achsen zu einem geringeren Einfallen ist am stärksten entlang der Eggerberg-Struktur ausgeprägt, für die das optimal angepasste kubisch-polynomiale Einheitsvektorfeld in Abb. 10 dargestellt ist. Die neo-alpinen Deformationen der Pustertal-Quarzphyllite können als Teil der südvergenten Reaktion der oberen Kruste auf die nord- und nordost-gerichtete Subduktion der Adriatischen Mikroplatte unter die Ostalpen seit dem späten Miozän erklärt werden. Infolgedessen unterlag das kristalline Basement nördlich der Dolomiten einer signifikanten Nord-Süd-Verkürzung mit wahrscheinlich sinistraler Komponente. Das lässt sich in der Nähe des TRANSALP-Profiles südlich des Periadriatischen Lineaments bei Bruneck sehen.