

Erweiterte Momententensorinversion und ihre seismotektonische Anwendung: Elbursgebirge, Nordiran

Stefanie Donner, Dirk Rößler, Manfred Strecker, Angela Landgraf, Paolo Ballato
Universität Potsdam, Kontakt: stefanie.donner@uni-potsdam.de

1. Motivation

Der Elburs ist ein doppelt vergentes und zwischen zwei aseismischen Blöcken eingebettetes Gebirge im nördlichen Iran, hervorgerufen durch die **Konvergenz der Arabischen und Eurasischen Platte**. Die enormen Spannungen werden im Elburs durch ein komplexes und bisher nicht gut verstandenes **System von Blattverschiebungen und Überschiebungen** aufgenommen (Abb.1 & 3). Es wird vermutet, dass es im Elbursgebirge eine Aufteilung der tektonischen Deformation in Auf- und Blattverschiebungen gibt. Allerdings ist die Datenbasis für die Verifizierung einer solchen Aussage bisher zu gering. Bisherige Studien im Elburs haben sich entweder auf **strukturelle/geomorphologische Feldbeobachtungen** gestützt und/oder sich auf die nähere Umgebung von Teheran begrenzt. Seismizitätsstudien basieren hauptsächlich auf teleseismischen Daten größerer ($M > 4.5$) Ereignisse. Detaillierte **Erdbebenherdstudien**, die den gesamten Elburs und auch kleinere Ereignisse umfassen, **fehlen** (Abb. 3).

2. Problematik

Offene Fragen betreffen zum einen den **Tiefenverlauf von Störungen**. Die Tiefen der Erdbeben weisen Lokalisierungsfehler von bis zu 10 km auf, was ihre Interpretation bezüglich der tiefen Störungsgeometrie erheblich erschwert. Zum anderen ist noch nicht hinreichend geklärt, **welche der Störungen bzw. Störungssegmente im Elburs wirklich aktiv sind**, welche Mechanismen sie aufweisen und welche Kinematik sie zeigen. Ältere Studien schlussfolgern, dass es im Elburs keine **Gebirgswurzel** gibt, während neuere Studien jedoch zeigen, dass die Kruste mit ~ 45 km hier recht mächtig zu sein scheint. Auch diese Frage kann derzeit noch nicht eindeutig beantwortet werden.

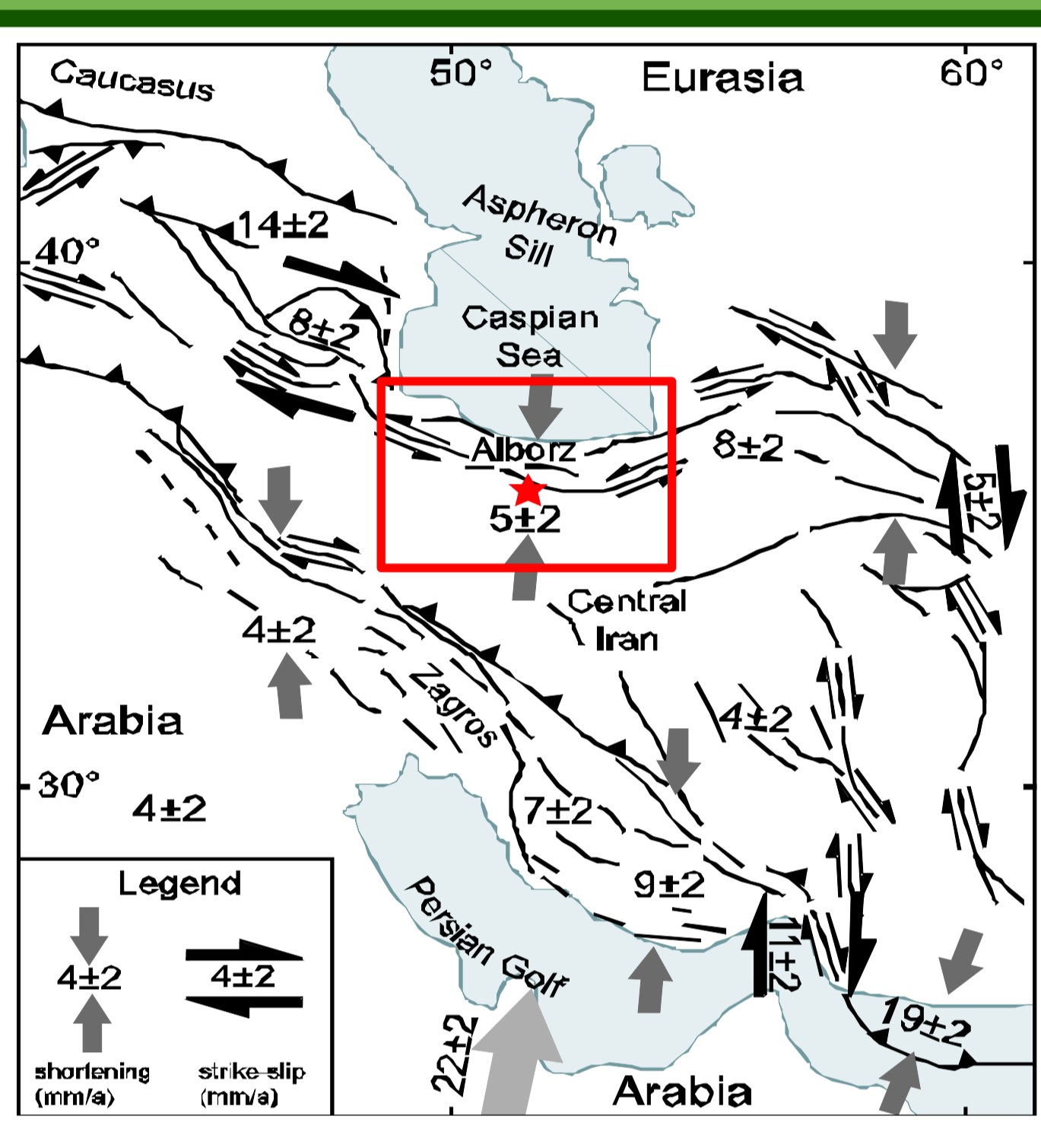


Abb. 1:

Vereinfachte tektonische Karte des mittleren Ostens. Pfeile zeigen die Richtung der relativen Deformation (modifiziert nach Vernant et al. 2004a). Die rote Box markiert das Untersuchungsgebiet. Die Hauptstadt Teheran ist durch einen Stern markiert.

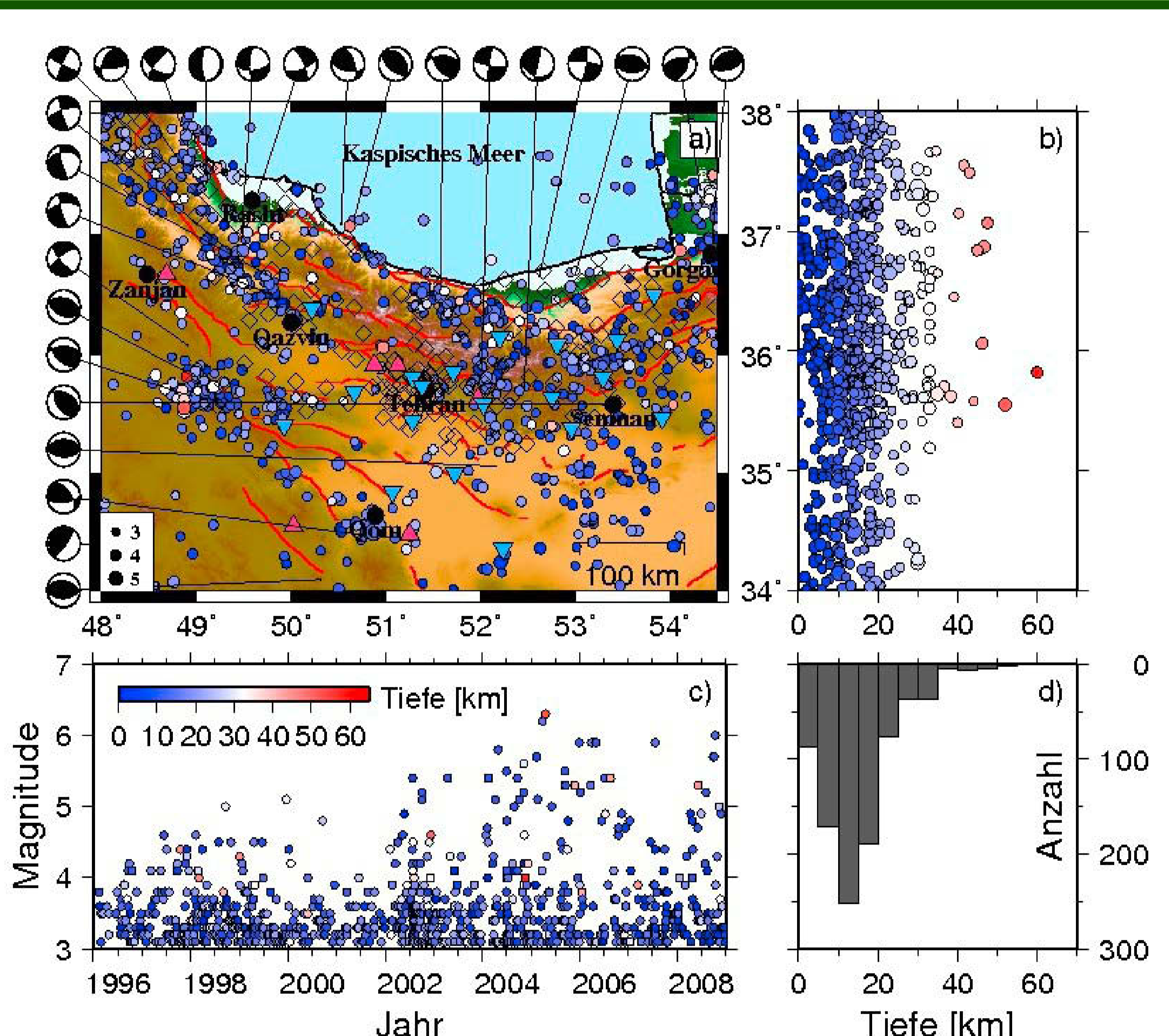


Abb. 2: Seismizität ($M > 3$) im Elburs und angrenzenden Gebieten eines neu zusammengestellten Kataloges. Kreise markieren Erdbeben zwischen 1996 bis 2008. Symbolgröße und Farbe skalieren Magnitude und Herdtiefe. Rote Linien: Störungen; lila Dreiecke: Breitbandstationen; blaue, umgekehrte Dreiecke: kurzperiodische Stationen; farblose Quadrate: Accelerometer; Herdmechanismen: Harvard CMT.

3. Erweiterte Momententensorinversion

Im Elbursgebirge ist die **räumliche Abdeckung mit seismischen Stationen heterogen** und teilweise spärlich (Abb. 2). Ein detailliertes seismisches **Geschwindigkeitsmodell** speziell für diese Region gibt es bisher nicht. Beides verhinderte in der Vergangenheit regionale Momententensorstudien. Die flächendeckende Inversion von Ereignissen $M < 4.5$ ist mit bisherigen Methoden nicht möglich. Aufbauend auf dem bereits zur Momententensorinversion vorhandenen Programm *minvers* werden wir einen **neuen Inversionsalgorithmus** entwickeln. Dieser Algorithmus wird **Wellenformdaten** von Breitbandseismometern mit **Raumwellenpolaritäten und Amplitudenverhältnissen von P- und S-Wellen** von kurzperiodischen Seismometern und Accelerometern gleichzeitig invertieren. Dadurch werden wir in der Lage sein, **flächendeckende Herdparameterstudien** zu betreiben und eine geeignete Datengrundlage für **seismotektonische Studien und für Analysen zur seismischen Gefährdung** zu liefern. Durch die Sensibilität von Momententensoren bzgl. der Herdtiefe wird es uns auch möglich sein, die Fehler in der Tiefenlokalisierung der von uns untersuchten Ereignisse zu minimieren.

4. Seismotektonische Studien

Auf der Basis der durch den neuen Algorithmus gewonnenen Momententensoren werden wir seismotektonische Fragestellungen im Elbursgebirge untersuchen. Neben den bereits in 2. genannten Problematiken, beschäftigt uns auch die Frage nach dem **derzeitigen regionalen Spannungsfeld**. Die aus geodätischen Daten abgeleiteten Deformationsrichtungen zeigen zum Teil deutliche Diskrepanzen zu Deformationsrichtungen, die aus seismischen Daten gewonnen wurden. Weiter ist noch völlig unklar wodurch eine **eventuell vorhandene Deformationsaufteilung** hervorgerufen werden könnte. Geomorphologische Indikatoren, dass der innere Teil des Zentralselburs seit dem mittleren Pleistozän durch eine **aktive Transtension** gekennzeichnet ist, lassen sich ebenfalls noch nicht eindeutig verifizieren. Weiter ins Detail gehend, gibt es Beispiele von Störungen (North Tehran Thrust), die zwar geomorphologische Anzeichen quartärer Aktivität zeigen, deren mangelnde Seismizität jedoch dazu im Widerspruch steht. Prinzipiell gibt es wenige Erkenntnisse über die **Wechselwirkungen und möglichen Spannungsübertragungen** zwischen den einzelnen Störungen bzw. Störungssegmenten. Paläoseismologische Untersuchungen an **Schürfgräben** und die systematische Analyse eines neu überarbeiteten **Erdbebenkataloges** könnten zusammen mit einer umfangreichen Datenbasis von **Herdparametern (Momententensoren)** neue Erkenntnisse zu den aufgeworfenen Problematiken bringen.

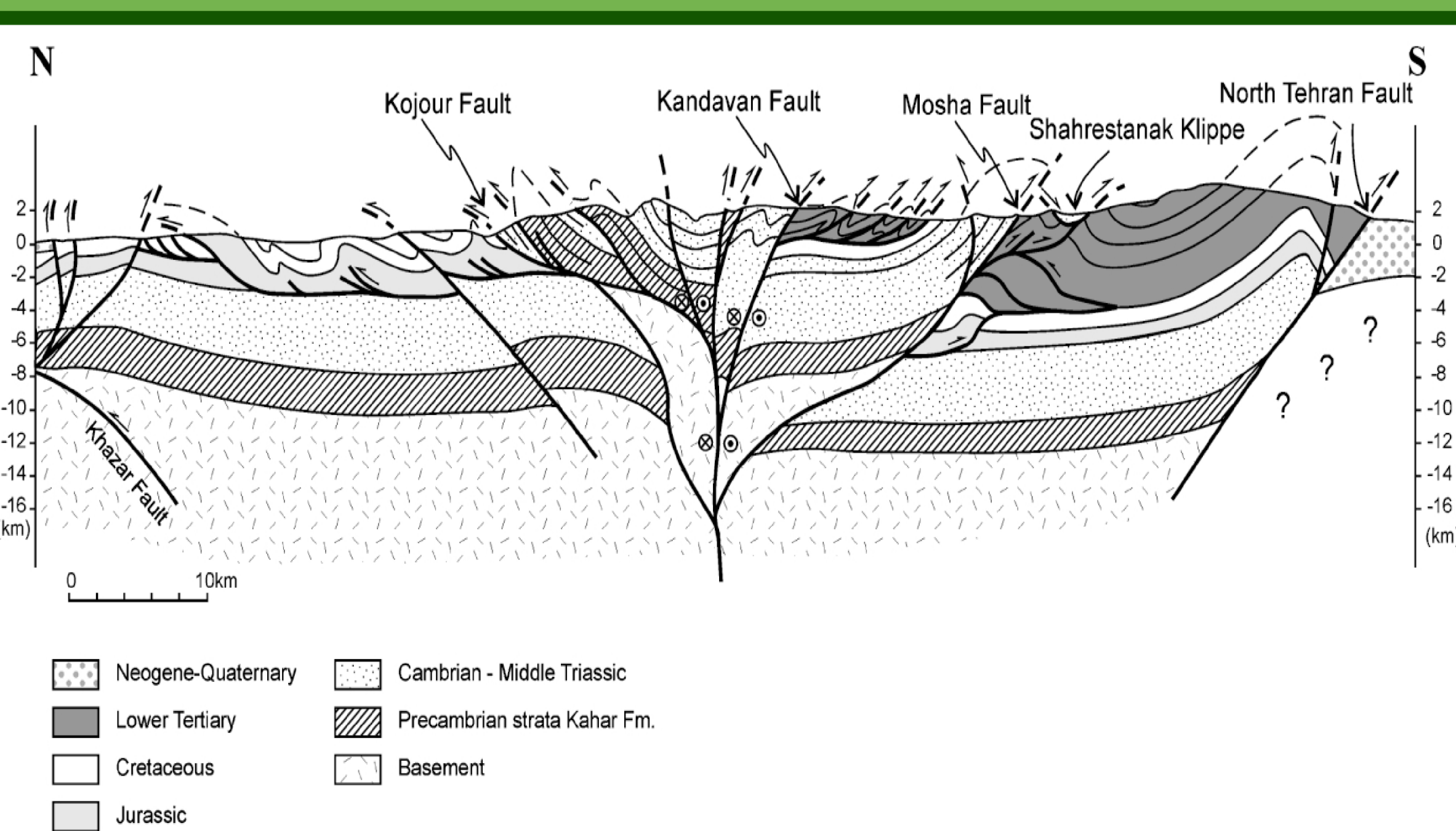


Abb. 3: Querschnitt durch das Elbursgebirge entlang des Längengrades von Teheran ($51,5^\circ$) mit den Hauptstörungen und der Geologie (Allen et al., 2003).

Danksagung:

Wir danken uns bei Prof. A. Ghods vom Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran, für seine starke Unterstützung. Weiter danken wir uns für die Bereitstellung von Erdbebenkatalogen bei: Dr. R. Engdahl, University of Colorado; ETH Zürich; IIEES Tehran; Iranian Seismological Center; ISMN Tehran; ISC; EMSC; NOAA und Harvard.

Literatur (ausgewählt):

- [1] Landgraf et al. (2009) Fault-kinematic and geomorphic observations along the North Tehran Thrust and Moshafashan Fault, Alborz mountains Iran: implications for fault-system evolution and interaction in a changing tectonic regime. *Geophys. J. Int.*, in press
- [2] Ballato et al. (2008) Tectonic control on sedimentary facies pattern and sediment accumulation rates in the Miocene foreland basin of the southern Alborz mountains, northern Iran. *Tectonics*, 27, TC6001
- [3] Dahm et al. (1999) Automated moment tensor inversion to estimate source mechanisms of hydraulically induced micro-seismicity in salt-rock. *Tectonophysics*, 306, pp. 1-17
- [4] Allen et al. (2003) Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *Journal of Structural Geology*, 25, pp. 659-672
- [5] Vernant et al. (2004a) Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophys. J. Int.*, 157, pp. 381-398