

Die Geologie um San Francisco – Egon Lanz**9.10.2023**

(für Abbildungen siehe Vortragspräsentation im Mitgliederbereich der Geologie-Zirkel-Homepage:
<https://geologie-zirkel-biberach.de/mitgliederbereich/>)

In den letzten 15 Jahren unternahmen meine Frau und ich drei Reisen nach Nordkalifornien. Dort interessierten uns auch einige geologische Aspekte, handelt es sich doch um eine Landschaft, wo wichtige Phänomene der Plattentektonik entdeckt, gut untersucht und verstanden wurden.

Geographischer Überblick (Abb. 3-11)

Die drei wichtigen geologischen Einheiten Kaliforniens sind das Küstengebirge (Coast Range), das Längstal (Central = Great Valley) und die Sierra Nevada. Das Küstengebirge ist ein Mittelgebirge, das sich entlang der gesamten Küste Nordamerikas erstreckt. In ihm liegt San Francisco mit der San Francisco Bucht (Bay). Das Längstal ist die fruchtbare Ebene zwischen Küstengebirge und Sierra Nevada. Sie wird von den beiden Flüssen Sacramento und San Joaquin entwässert. Die Sierra ist das höchste Gebirge der 48 zusammenhängenden US-Staaten mit Mt. Whitney (4420 m) und den berühmten Nationalparks, z. B. Yosemite, Sequoia u. a.

Ziel der Reisen (Abb. 12-26)

Unsere Reisen gingen nach Palo Alto, wo unser Sohn Tobias an der Stanford University als Student ein Forschungsjahr verbrachte und heute als Professor für Immunologie die Entstehung der Multiplen Sklerose und anderer Autoimmunerkrankungen erforscht. Der Campus liegt zwischen südlicher Bay und Coast Range, also mitten im Silicon Valley. Leland Stanford, ein reicher Eisenbahnmagnat, gründete die Universität im Jahre 1891. Während einer Reise nach Florenz starb der hoffnungsvolle, einzige Sohn Leland Junior an Typhus, sodass die Eltern ihr riesiges Vermögen statt ihrem Sohn der Jugend Kaliforniens stifteten. Heute ist die Universität eine der angesehensten der USA.

Entstehung des Westens der USA (Abb. 27-38)

Während des gesamten Mesozoikums wanderte die ozeanische Farallon Platte von Westen her gegen die kontinentale Nordamerikanische Platte und tauchte unter diese ab (subduzierte). Dabei kam es zu Schmelzvorgängen; Magma stieg auf, ein vulkanischer Bogen entstand, die spätere Sierra Nevada. Im Bereich des im Westen vorgelagerten Tiefseegrabens entstand ein Anwachskeil aus Meeressedimenten (Akkretionskeil), die spätere Coast Range. Zwischen ihr und der Sierra Nevada bildete sich ein ungewöhnlich großes Forearc-Becken, das spätere Central Valley. Bei diesen Vorgängen bildeten sich verschiedene geologisch charakteristische Terrane (Mikrokontinente), z. B. das Franciscan, Great Valley und Salinian. An der Westküste Nordamerikas lassen sich insgesamt über 100 Terrane unterscheiden.

Bis vor 40 Ma wanderten ein ozeanischer Rücken und die aus ihm entstandene Farallon Platte nach Osten und subduzierten unter die Nordamerikanische Platte. Magmatismus entlang der Kalifornischen Küste war die Folge. Vor ca. 18 Ma war ein großer Teil der Farallon Platte mit ozeanischem Rücken unter Kalifornien subduziert. Damit endete dort der Vulkanismus zunehmend

von Süden nach Norden. Es folgte von Westen her die Pazifische Platte, die sich nach Nordwesten bewegte. So entstand die gleich ausgerichtete San Andreas-Transformstörung, die heute einen Versatz von 300–600 km aufweist. Diese Verwerfung ist die Ursache der berühmten Erdbeben in Nordamerikas Westen. Während der Eiszeiten war Kalifornien, außer auf den Höhen der Sierra Nevada, eisfrei. Das Eis reichte von Norden aus grob bis zur heutigen Grenze zwischen Kanada und USA (49. Nördlicher Breitengrad).

Das Küstengebirge (Abb. 39-79)

Es wird gebildet vom bekannten Franciscan Melange, benannt nach der Stadt San Francisco, und besteht aus Kissenbasalt, Radiolarit, Grauwacke und anderen Gesteinen. Eingestreut ist der metamorphe Serpentin, der auffällige, schöne grün-glänzende „State Rock“ Kaliforniens. Verschiedene Zonen werden dem Salinian-Terran zugeordnet; es besteht aus Granit, der sich im Laufe der Zeit in Zusammenhang mit der San Andreas-Verwerfung aus dem Süden nach Norden bewegt hat. Mehrfach finden sich tertiäre Sandsteine. Eine Besonderheit ist der submarine Monterey-Canyon in Granit, 470 km lang, 12 km breit und 3,6 km tief. Untersuchungen ergaben jährlich mehrfach lawinenartige Trübetröme in die tiefe Schlucht. Mt. Diablo, der doppelgipflige höchste Berg der Kalifornischen Coast Range süd-östlich von San Francisco, zeigt im Franciscan ein größtes geologisches Durcheinander (mess) – für die alten Geologen ein Rätsel. Erst die Erkenntnisse der Plattentektonik brachten die Lösung.

San Francisco (Abb. 82-91)

Die wunderbar gelegene Stadt in der Coast Range ist sehr hügelig und dadurch ein abwechslungsreicher Touristenmagnet. Allein im Stadtgebiet finden sich 5 Terrane des Franciscan. Sehr eindrucksvoll ist das Golden Gate, der Ein- und Ausgang zur San Francisco Bay. Die Golden Gate Bridge, eröffnet 1937, wird täglich von rund 100 000 Fahrzeugen befahren. Die Stabilität des südlichen Pfeilers wurde während der Bauzeit angezweifelt, weil er auf Serpentin ruht. Ein um Rat gefragter namhafter Geologe aus Berkeley soll mit dem Geologenhammer über den Serpentin geschabt und die Brücke für stabil erklärt haben. Innerhalb der Stadt finden sich auch Sanddünen, deren Sand während der Eiszeiten aus der Sierra Nevada von Sacramento River und San Joaquin River durch die Bay an die Pazifikküste angeschwemmt, dort abgelagert und zur Küste geblasen wurde. Große Bereiche der Stadt sind künstlich aufgeschüttet. In der Bay liegen mehrere Inseln; die bekannteste ist Alcatraz, nach der auch ein Terran benannt ist. Nördlich der Bay nahe der berühmten Weintäler Napa und Sonoma herrschte im Pleistozän Vulkanismus, der vor 10 000 Jahren erlosch. Die dortigen „Geysers“ sind keine Geysire, sondern Fumarolen. Seit 1920 treibt ihr Dampf Turbinen an und versorgt San Francisco mit reichlich Strom.

San Francisco Bay (Abb. 92-101)

Die Bay, eine tektonische Verwerfung zwischen zwei Verwerfungen, ist 70 km lang und 8-22 km breit. Drei Bereiche werden unterschieden: Ost-, Nord- und Südbay. Während des letzten Interglazials war der Meeresspiegel höher und somit die Bay ausgedehnter als heute; daher heute die flache Umgebung der Bay. Damals erfolgte der Zu- und Abfluss über die Colma-Meerenge. Es ist unklar, ob das Golden Gate offen oder verschlossen war. Heute strömen täglich mit den Gezeiten $2 \times 15 \text{ km}^3$ Wasser durch das Goldene Tor, dichteres Salzwasser unter Süßwasser. Der größte Teil der Bay ist nur wenige Meter tief; lediglich ums Golden Gate ist es tief (bis 110 m).

Silicon Valley (Abb. 102-109)

Es ist der südliche Teil der Bay-Gegend, 1971 nach dem Element Silizium benannt, dem Hauptbestandteil der Computer-Chips. Der Begriff wurde 1971 geprägt; inzwischen bedeutet er Westküsten-Elektronik und -Computerindustrie. Hier sind etwa 1000 Unternehmen der Halbleiter- und Computertechnik angesiedelt, darunter die Weltmarktführer dieser Branche. Die Gegend ist dicht besiedelt, die Lebenshaltungskosten extrem hoch. Bekannte Zentren sind Palo Alto, San Jose u.a.

San Andreas-Verwerfung (Abb. 110-130)

Der bekannte Feuerring um den Pazifik besteht aus zahlreichen Vulkanen. Die Strecke zwischen Nordmexiko bis Nordkalifornien ist eine auffällige Ausnahme. Wie schon erwähnt findet hier seit dem späten Tertiär keine Subduktion mehr statt. Hier wandern die Pazifische- und Nordamerikanische Platte im Sinne einer Transform-Störung (Blattverschiebung) aneinander vorbei und bilden die San Andreas-Verwerfung. Diese ist etwa 100 km breit und besteht aus zahlreichen Störungen. Dabei bewegen sich die westlich gelegenen, ähnlich wie auf einer mehrspurigen Autobahn, schneller nach Nordwesten als die östlich gelegenen. Ihre Geschwindigkeit beträgt rund 2,5 cm/Jahr. Versätze von 300-600 km wurden festgestellt. Besonders eindrucksvoll ist die San Andreas-Verwerfung an der Wallace Creek, in vielen Geologie-Büchern abgebildet. Wir selbst wanderten dort. Sehr klar wird die Verwerfung bei der Halbinsel Pt. Reyes, nördlich von San Francisco. Hier trennt die 15 km lange und 1,5 km breite Tomales-Bucht den Salinian Granit scharf vom östlich gelegenen Franciscan. Leicht zugänglich ist die Verwerfung am Crystal Springs Reservoir, nur wenige Kilometer von San Franciscos Flughafen entfernt. Dieses langgestreckte Trinkwasser-Reservoir für San Francisco (sein Wasser kommt aus der 280 km entfernten Sierra Nevada) und der San Andreas Lake (Namensgeber für die Verwerfung) liegen mitten in der Störung. Die Hauptstörung zieht nur wenige Kilometer westlich an San Francisco und Palo Alto vorbei, eine östliche Nebenstörung mitten durch Berkeley. Das Erdbeben von 1906 mit einer Magnitude von 7,8 traf besonders San Francisco, seismische Signale wurden damals bis in Göttingen aufgezeichnet. Das letzte größere Beben war das von Loma Prieta 1989 mit einer Magnitude von 7,0. Es ereignete sich just während eines entscheidenden Baseball-Spiels und wurde somit im Fernsehen über den Kontinent live übertragen. Die Schäden von 1906 waren stärker wegen des nachfolgenden Stadtfeuers, die Schäden von 1989 waren geringer dank der vielen Menschen zuhause vor den Bildschirmen, sichererer Bauweise und anderer vorbeugender Maßnahmen. Heute können wir im Internet zu jeder Zeit Daten abrufen, die Erdbeben, ihren Ort, ihre Magnitude und andere Informationen zeigen. In einer Woche traten rund 100 Beben der Magnituden 1-3 vor allem an der Küste, d. h. entlang der San Andreas Verwerfung auf. Das nächste große Beben („Big one“) wird in den nächsten Jahrzehnten erwartet; unklar ist wann und wo es zuschlägt.

Das Längstal (131-139)

Es ist eine riesige fruchtbare Ebene, 650 x 80 km, zwischen Coast Range und Sierra Nevada. Das flache Land ist die Gemüse- und Obstkammer der USA. Die Bewässerung erfolgt aus der Sierra Nevada, wird jedoch in Zukunft prekär. Zudem bietet das Tal Öl und Gas aus dem Tertiär. Die langweilige Landschaft entstand durch einen 100 km „Sprung der Subduktion“ nach Westen, dessen Ursache jedoch kontrovers ist.

Zusammenfassung

Kalifornien ist eine geologisch höchst interessante Gegend. Nahe San Francisco lassen sich in der Coast Range und dem Central Valley sowie in der entfernteren Sierra Nevada verschiedene geologische Beobachtungen machen, die mit den Vorstellungen der Plattentektonik zu erklären sind. Beispiele sind Ozeanischer Rücken, Terrane, Tiefseerinne, Subduktion, Magmatischer Bogen, Akkretionskeil, Forearc-Becken, Transformstörung, häufige Erdbeben.

Literatur (Abb. 140).