

VU Research Portal

Orogenesis and Subduction in Analogue Models

Luth, S.W.

2011

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Luth, S. W. (2011). *Orogenesis and Subduction in Analogue Models: Expressions of lateral subduction polarity change below the Alps*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Samenvatting

Gebergtevorming is veelal een gevolg van botsingen tussen tektonische platen. De grootschalige opbouw van gebergten kan echter sterk variëren, en wordt bepaald door een samenspel van geodynamische processen. Belangrijke factoren zijn de totale hoeveelheid convergentie, en de relatieve richting en snelheid van de botsende platen. Maar gebergtevorming wordt eveneens beïnvloed door rheologie, ofwel de sterkte van de platen en het gebergte zelf, die grotendeels afhankelijk is van samenstelling, druk, en temperatuur.

Tijdens een botsing reageert een plaat (lithosfeer) door verdikking of door onderschuiving (subductie). Oceanische lithosfeer ondergaat gemakkelijk subductie, terwijl convergerende continentale lithosfeer meestal verdikt. Geofysisch onderzoek naar de diepe ondergrond van gebergteketens heeft aangetoond dat verdikking en subductie echter ook gelijktijdig kunnen voorkomen. Het mantel gedeelte van de lithosfeer ondergaat in een dergelijk situatie subductie, terwijl de korst juist van de mantel wordt afgeschraapt en zich verdikt tot een wig geometrie (“orogenic-wedge”). Door het trage verloop van gebergtevorming en de ontoegankelijkheid van de diepe structuren, is inzicht in de interactie tussen mantel subductie en korstverdikking beperkt. Een beter begrip van continentale botsingzones vereist een multidisciplinaire aanpak, waarin observaties aan het aardoppervlak, geofysische waarnemingen van de diepe ondergrond, en geschaalde modellen worden gecombineerd.

In dit proefschrift wordt de samenhang tussen continentale mantel subductie en gebergtevorming nader onderzocht. Met behulp van analoge modellen worden allereerst de mechanische randvoorwaarden voor mantellithosfeer subductie bepaald. Vervolgens worden de gevolgen van deze randvoorwaarden voor de opbouw van het bovenliggend gebergte nauwkeurig bestudeerd. De nadruk hierin ligt op de grootschalige, geometrische gelijkenissen tussen de modelleerresultaten en gebergteketens wereldwijd.

De Alpen lopen als rode draad door dit proefschrift. De tektonische opbouw van de Alpen is namelijk relatief goed onderzocht, en omvat een rijkdom aan regionale variaties. Op relatief korte afstand variëren de breedte van het gebergte, de tijdsperiode en vergentie van dekblad overschuivingen, en de hoeveelheid opheffing van hooggradig metamorfe gesteenten aanzienlijk. Dieper onder het gebergte heeft recentelijk geofysisch onderzoek een laterale variatie in subductie richting aangetoond. Deze verrassende polariteitwissel in onderschuiving duidt op zuidwaartse subductie van de Europese mantel onder de West- en Centrale Alpen, maar een noordwaartse subductie van de Adriatische mantel onder de Oost-Alpen. In dit proefschrift wordt gezocht naar een mogelijk verband tussen deze “subduction flip” en de genoemde variaties aan het oppervlak. Allereerst wordt bepaald of een laterale polariteitwissel in subductie gevolgen heeft voor de bovenliggende korststructuren. Indien dat zo is, wordt er gekeken of bepaalde structuren in the Alpen inderdaad gerelateerd zijn aan de polariteitwissel in subductie. Een combinatie

van analoge korst- en lithosfeermodellen, en een veldstudie wordt hiervoor ingezet als belangrijkste hulpmiddel.

Inzicht in de regionale verspreiding van afkoelingsdateringen in de Alpen is van grote waarde voor het ontrafelen van de opheffingsgeschiedenis van het gebergte. Hoofdstuk 2 presenteert daarom een compilatie van afkoelingsdateringen in de Oost-Alpen gedurende de laatste (post) fase van de continentale botsing. De dateringen zijn gebaseerd op Rb/Sr en Ar/Ar isotopen verhoudingen, en slijtsporen in zirkoon of apatiet. De resultaten onthullen een overgang van lokale opheffing in het Tauern venster gedurende het vroeg Mioceen, gevolgd door meer regionale opheffing in het midden tot laat Mioceen. Opheffing in het Tauern venster was relatief snel, en werd gedomineerd door verplaatsingen langs de Brenner en Katschberg breuken, maar ook door grootschalige plooiing. Dit duidt op gelijktijdige interactie tussen N-S gerichte verkorting en O-W gerichte extensie.

De eerste serie analoge modellen, gepresenteerd in hoofdstuk 3, verschaft inzicht in de mechanische randvoorwaarden voor subductie van de continentale mantellithosfeer. De geometrie en de rheologie van de plaatgrens spelen hierin een belangrijke rol. Een 45° hellende plaatgrens en de aanwezigheid van zwak, lubricerend materiaal zijn noodzakelijk voor het verkrijgen van subductie. Ook blijkt dat de mantellithosfeer alleen kan subduceren indien de laag ontkoppelt van zijn bovenliggende korst. Deformatie van de korst blijft bij doorgaande subductie gelokaliseerd tot direct boven de plaatgrens. Pas als subductie wordt bemoeilijkt, bijvoorbeeld door de consumptie van lubricerend materiaal, of door een beperkte korst-mantel ont koppeling, beginnen beide platen intern te deformeren. Ontkoppeling tussen de korst en de mantel gebeurt in analoge modellen langs rheologische contacten. Het gebruik van een relatief zwakke onderkorst bevordert dus ont koppeling. Uit de experimenten, gepresenteerd in hoofdstuk 4, blijkt echter dat veranderingen in de rheologische stratigrafie van de lithosfeer grote gevolgen heeft voor de opbouw van een gebergte. De aanwezigheid van een ont koppelniveau in de onder schuivende plaat leidt namelijk tot een verbreding van het gebergte richting het voorland. Beperking van het ont koppelniveau tot de plaatgrens resulteert juist in een relatief smalle wig. Deze experimenten tonen eveneens het belang van de mate van ont koppeling voor de totale hoeveelheid subductie van mantellithosfeer, het initiëren van retro-shears, en de topografische ontwikkeling van het gebergte.

In hoofdstuk 5 laat een tweede, meer geavanceerde, serie analoge experimenten zien dat een laterale overgang in subductierichting de geometrie van het gebergte sterk kan beïnvloeden. Deze invloed komt voornamelijk voort uit de laterale interactie tussen de aangrenzende domeinen van tegengestelde subductie. Op manteldiepte resulteert interactie tussen de subductie domeinen in de ontwikkeling van een transitiezone, waarin de hoeveelheid subductie beperkt blijft, en de overschuivende platen juist naar beneden worden getrokken. In deze transitiezone is de grootschalige mantel structuur dus symmetrisch. De korst reageert hierop door verdikking van de onderkorst, verbreding van de orogene wig op beide platen, en afname van topografie. De breedte van de transitiezone wordt bepaald door de mate van (ont)koppeling tussen de subductie domeinen. Laterale ont koppeling verlaagt de interactie, terwijl een sterke koppeling leidt tot een relatief brede transitiezone met een duidelijke oppervlakte expressie.

De resultaten van een uitgebreide veldstudie naar de kinematic van het Passeier- en Jaufen breuk systeem worden behandeld in hoofdstuk 6. Aan de hand van de veldgegevens worden deze breuken niet als een enkel breuksysteem geïnterpreteerd. De

Jaufen breuk onderging namelijk zowel een ductiele als een brosse deformatie fase, terwijl de Passeier breuk slechts brosse deformatie heeft ondergaan. Tevens onthult een tensor analyse, in combinatie met analoge korstmodellen, dat het ontstaan van de Passeier breuk direct gerelateerd kan zijn aan de Zuid-Alpiene indenter geometrie. Deze uitkomst heeft gevolgen voor de gesuggereerde kinematische verbinding tussen de veel grotere Giudicarie en Brenner breuken, als zijnde de expressie van een laterale subduction flip. Hoewel deze breuken als een uiting van zowel noordwaardse indentatie als subductie kunnen worden beschouwd, wordt een kinematische verbinding van beide in deze context niet ondersteund.