

Dynamisches Triaxialgerät

Simulation von dreidimensionalen Spannungszuständen resultierend aus zyklischen und dynamischen Einwirkungen wie Seegang, Wind oder Erdbeben

Zyklische Belastung der Monopile-Gründung einer Windenergieanlage

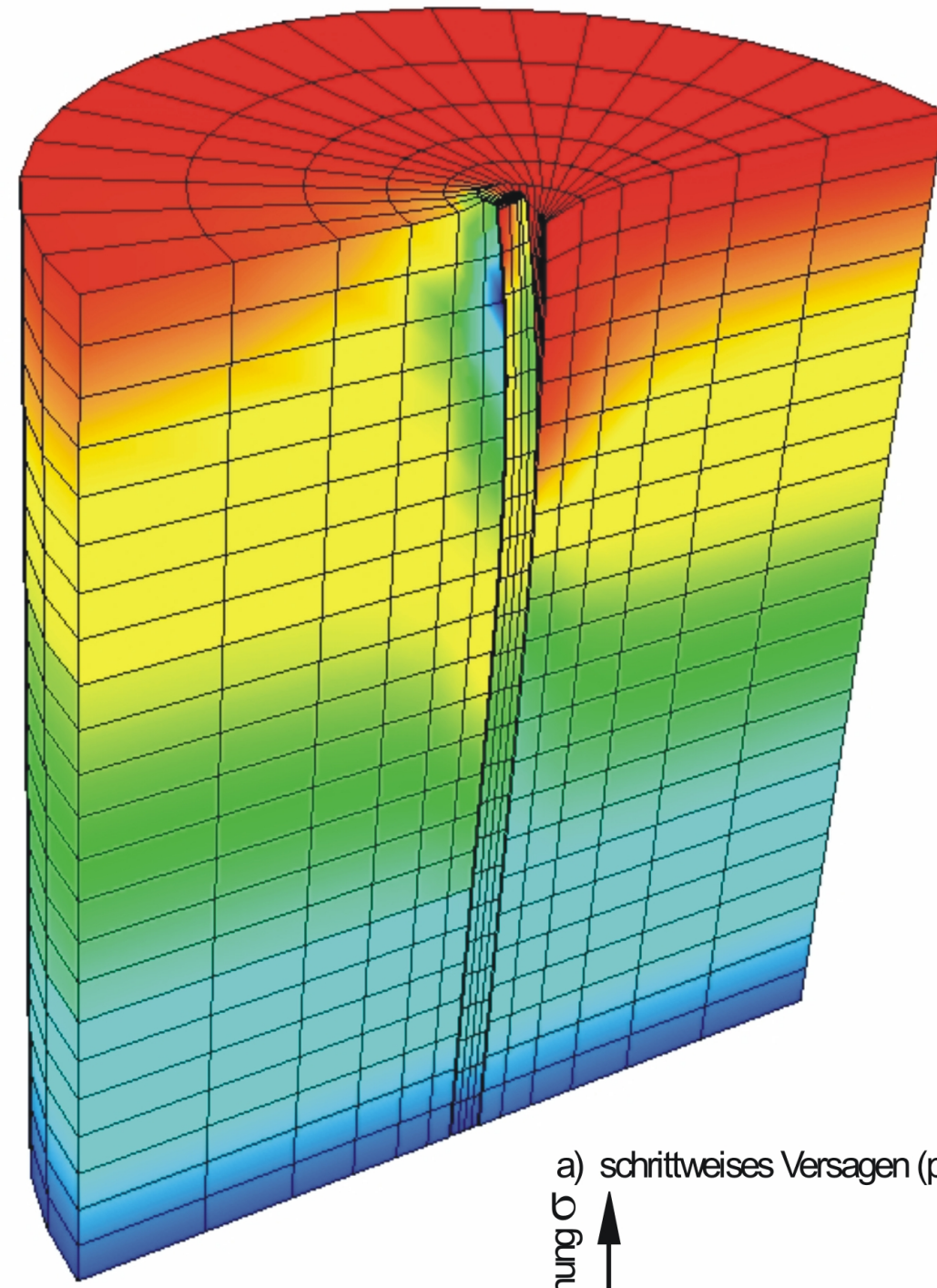


Abb. 1

Ein spezielles Szenario für die Anwendung eines zyklischen Triaxialversuchs ist die Belastung der Monopile-Gründung einer Offshore-Windenergieanlage. Im Betriebszustand wird diese Tragstruktur maßgebend durch Wellen und Wind horizontal belastet (Abb. 1). Die vertikalen Lasten aus Eigengewicht sind dagegen nahezu zu vernachlässigen.

Wellen treffen z. B. in der Nordsee mit einer Frequenz zwischen 0.05 und 0.2 Hz auf die Windenergieanlage. Diese zyklische Einwirkung kann zu großen Verformungen und einem schnellen Erreichen eines Bruchzustands im Boden führen (Zyklisches Kriechen, Ratcheting). Die wesentlichen Versagensmechanismen in diesem Zusammenhang sind in Abb. 2 dargestellt.

Dieser besondere Lastfall muss bei der Bemessung von Offshore-Windenergieanlagen neben den quasistatischen Lastfällen aus Extremereignissen (50-Jahres Höchstwelle in Kombination mit Windboe) berücksichtigt werden, um über eine geplante Lebensdauer von 50 Jahren einen Verlust der Gebrauchstauglichkeit der Anlage durch zu große Schiefstellung der Gründung und des Turms vermeiden zu können.

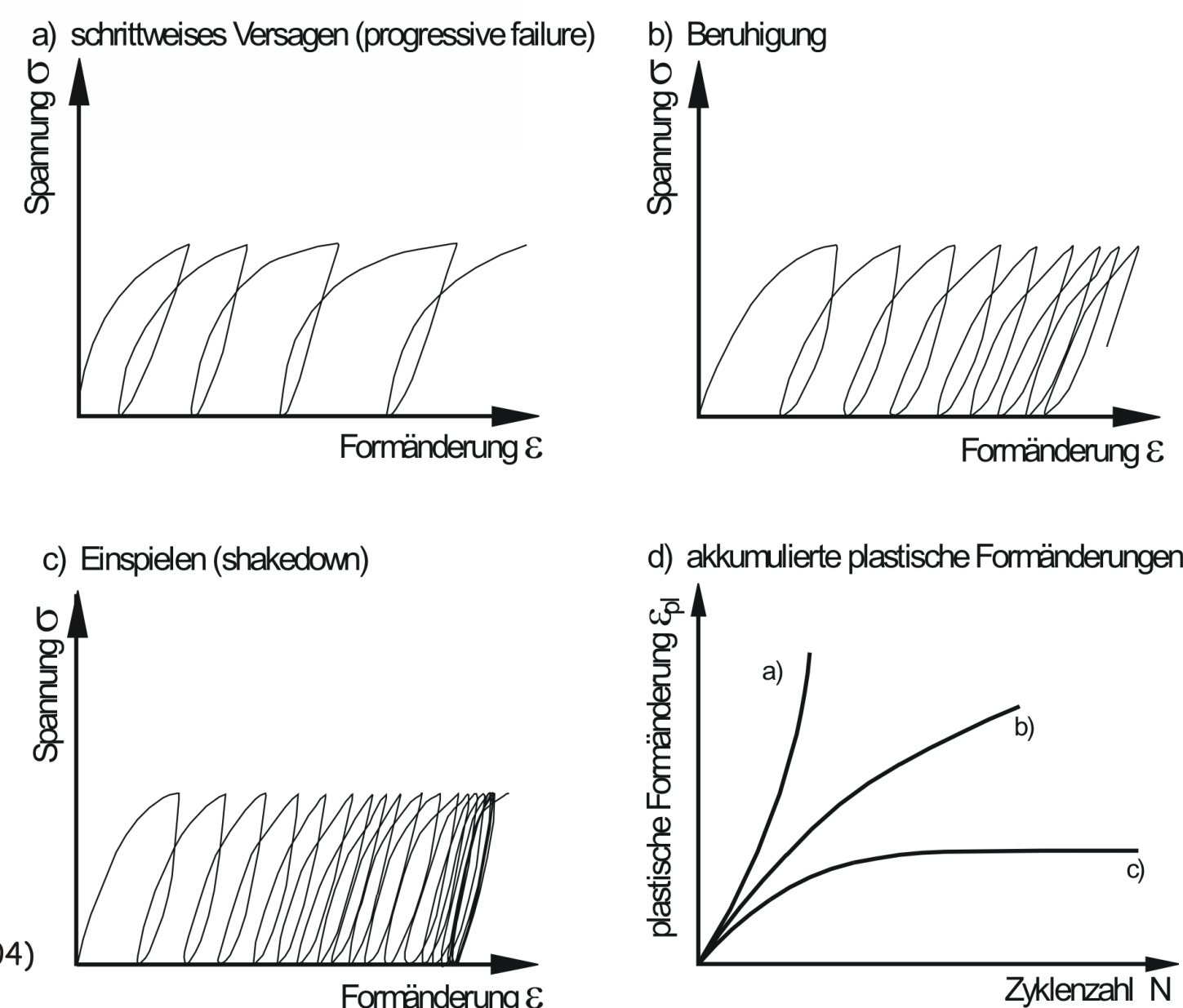


Abb. 2
Quelle: Lesny et al. (2004)

Erdbeben-Dynamischer Lastfall mit Folgen

Die wohl verheerendsten Auswirkungen dynamischer Bodenbelastung sind im Zusammenhang mit Erdbebenereignissen zu beobachten. Durch die hochfrequente Anregung (Abb. 3) von wassergesättigten Böden kann es zu einer Akkumulation von Porenwasserüberdruck kommen, wenn dieser nicht schnell genug abgebaut werden kann. Dies kann durch eine zu geringe eigene Permeabilität der Bodenschicht oder, wie in Abb. 4 dargestellt, durch anliegende undurchlässige Schichten der Fall sein. Durch die Erhöhung des Porenwasserüberdrucks verringert sich die wirksame Spannung im Boden. Der Boden verliert seine Festigkeit und verflüssigt sich (Liquefaction). Granulare, nicht-bindige Böden wie Sande sind gegenüber diesem Phänomen besonders anfällig.

Solche Ereignisse können Schaden großen Ausmaßes anrichten. Bei einem Beben der Stärke 7.5 auf der Richter-Skala im Jahr 1964 versanken in Niigata (Japan) ganze Häuserblocks in verflüssigtem Boden (Abb. 5). Liquefaction kann bei entsprechenden Randbedingungen auch große Hangrutschungen auslösen indem ganze Sedimentpakete auf verflüssigten Bodenschichten abrutschen. Geschieht dies in Ozeanen oder Küstengebieten, besteht zusätzlich die Gefahr, Tsunamis auszulösen. Dies war z. B. 1992 in Nicaragua der Fall.

B. F. Schlue (2006)

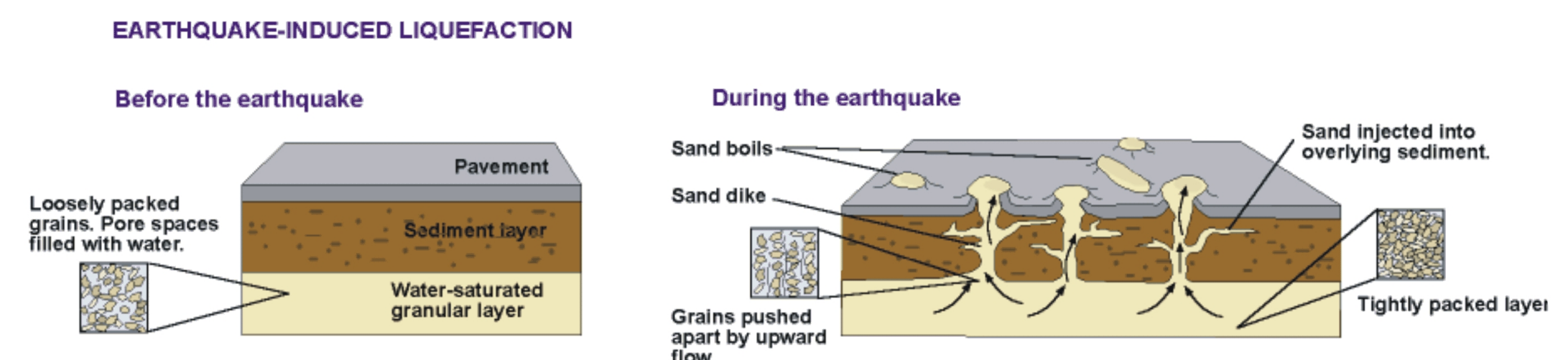


Abb. 3
Quelle: www.quaketrackers.org

Abb. 4
Quelle: Idaho State University, Geoscience

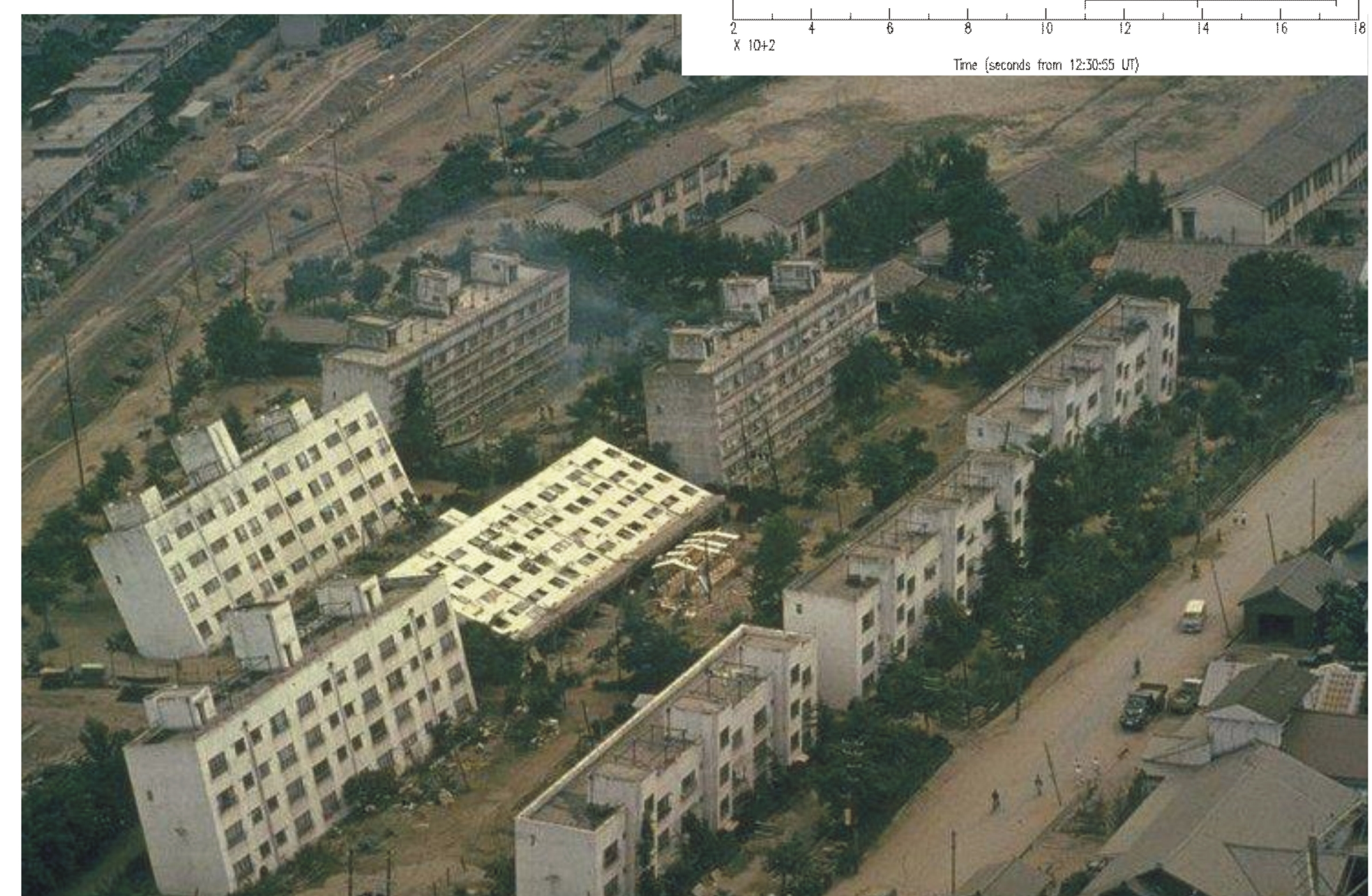
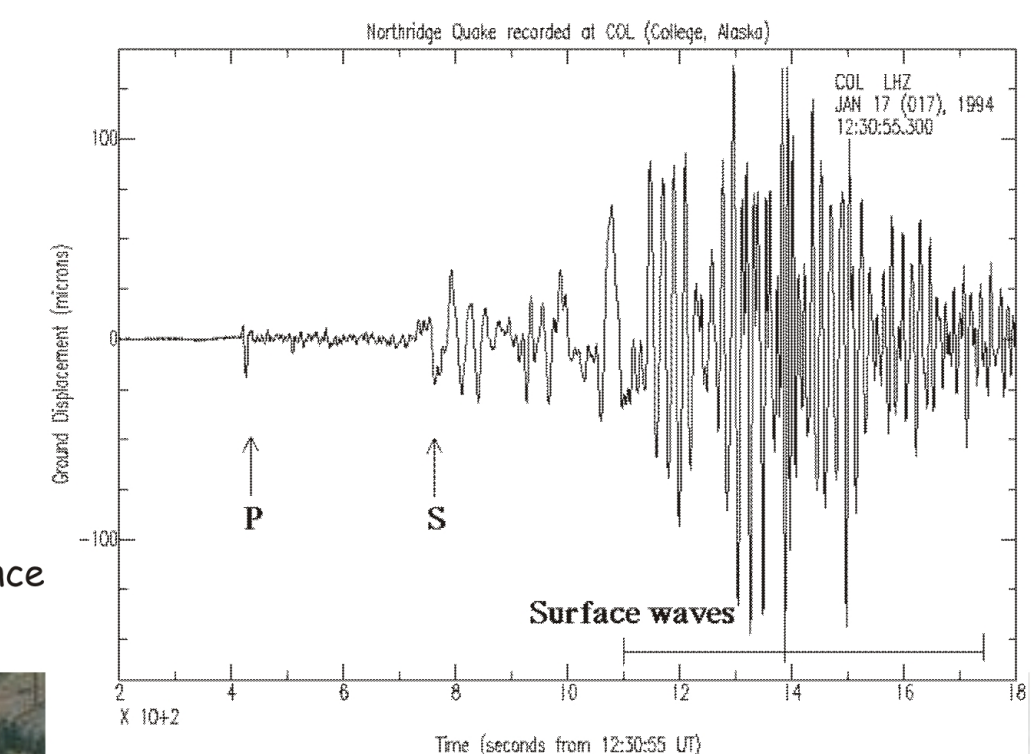


Abb. 5

Foto: Karl V. Steinbrügge, University of California