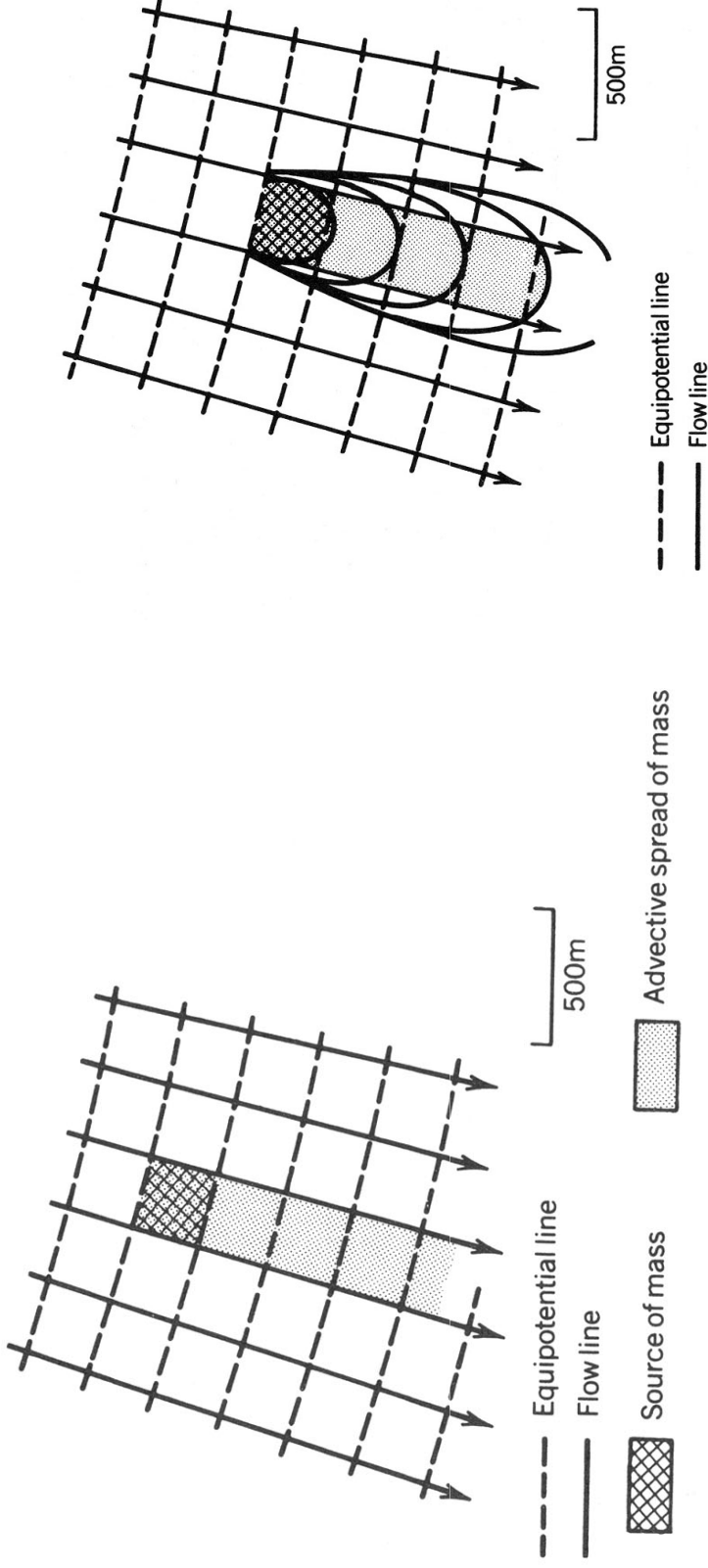


Figure 10.2
Mass spreading by advection alone in (a) a shallow, unconfined aquifer and (b) a local flow system.



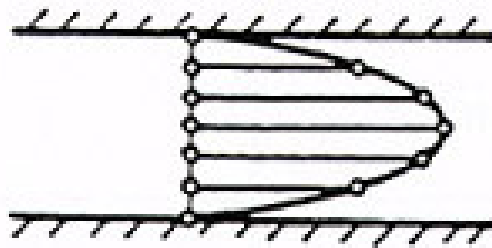
(a)

Hydrodynamische Dispersion

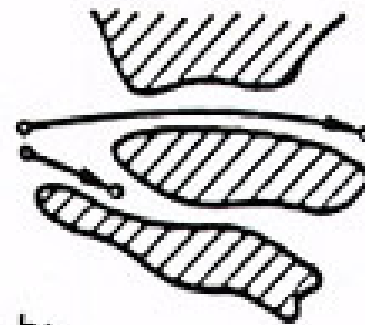
Als Dispersion wird das Auseinanderziehen einer Schadstoffwolke bei ihrem Transport durch den Untergrund bezeichnet. Bei diesem Prozess sinkt zwar die Konzentration des eingetragenen Stoffes zunehmend durch eine Ausbreitung der Wolke in Breite und Länge, es wird aber ein immer größerer Teil des Grundwasserleiters erfasst und kontaminiert.

Die hydrodynamische Dispersion hat folgende in der Abbildung dargestellte Ursachen :

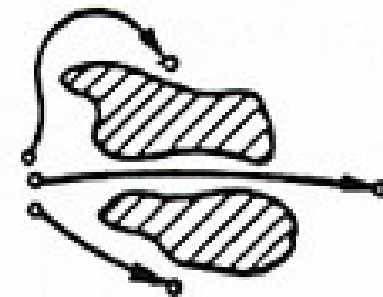
- a) unterschiedliche Geschwindigkeitsverteilung im Porenquerschnitt,
- b) unterschiedliche Porengröße,
- c) unterschiedlicher Weg der Migranten.



a)



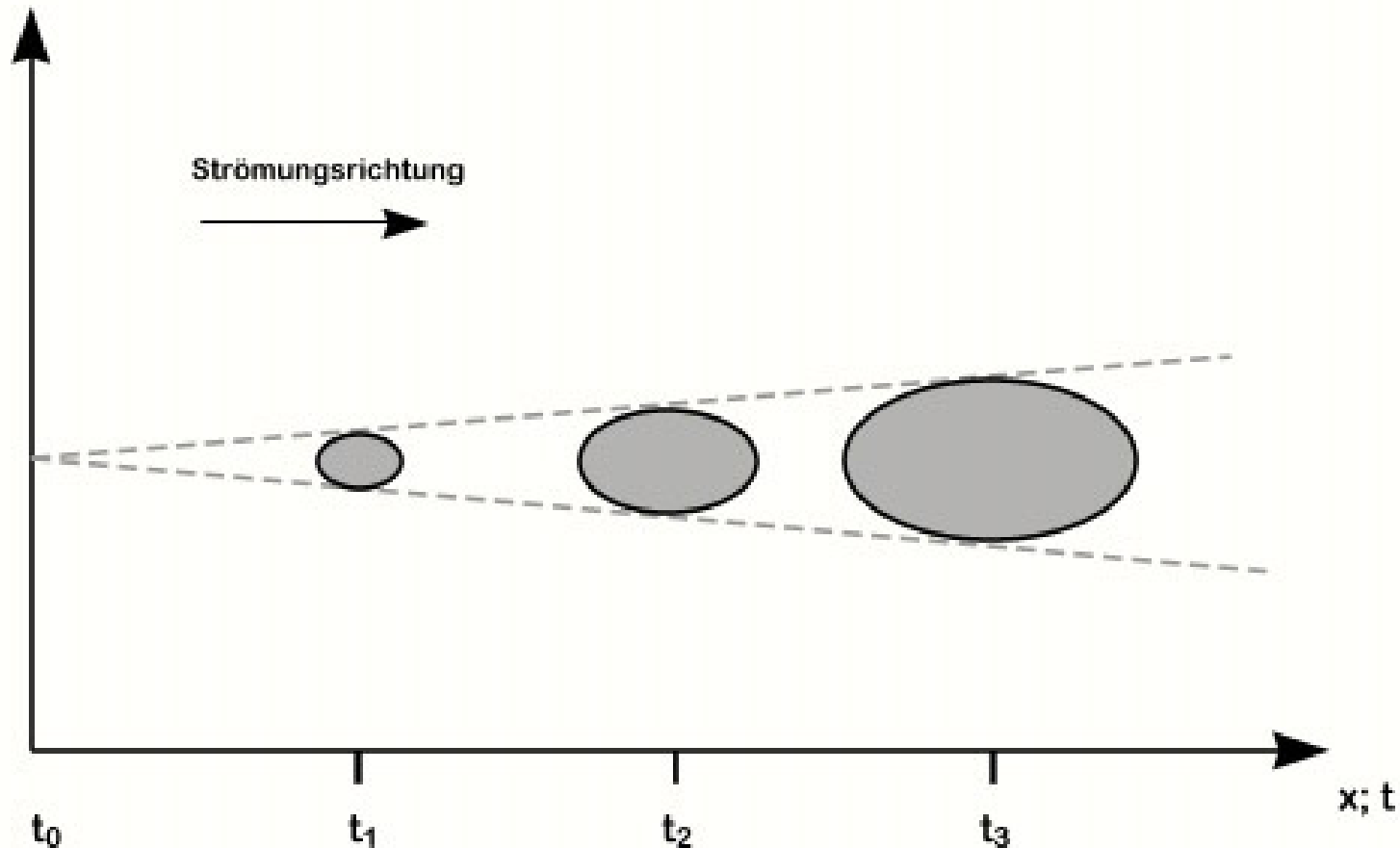
b)



c)

Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Wirkungen der hydrodynamischen Dispersion



Quelle: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

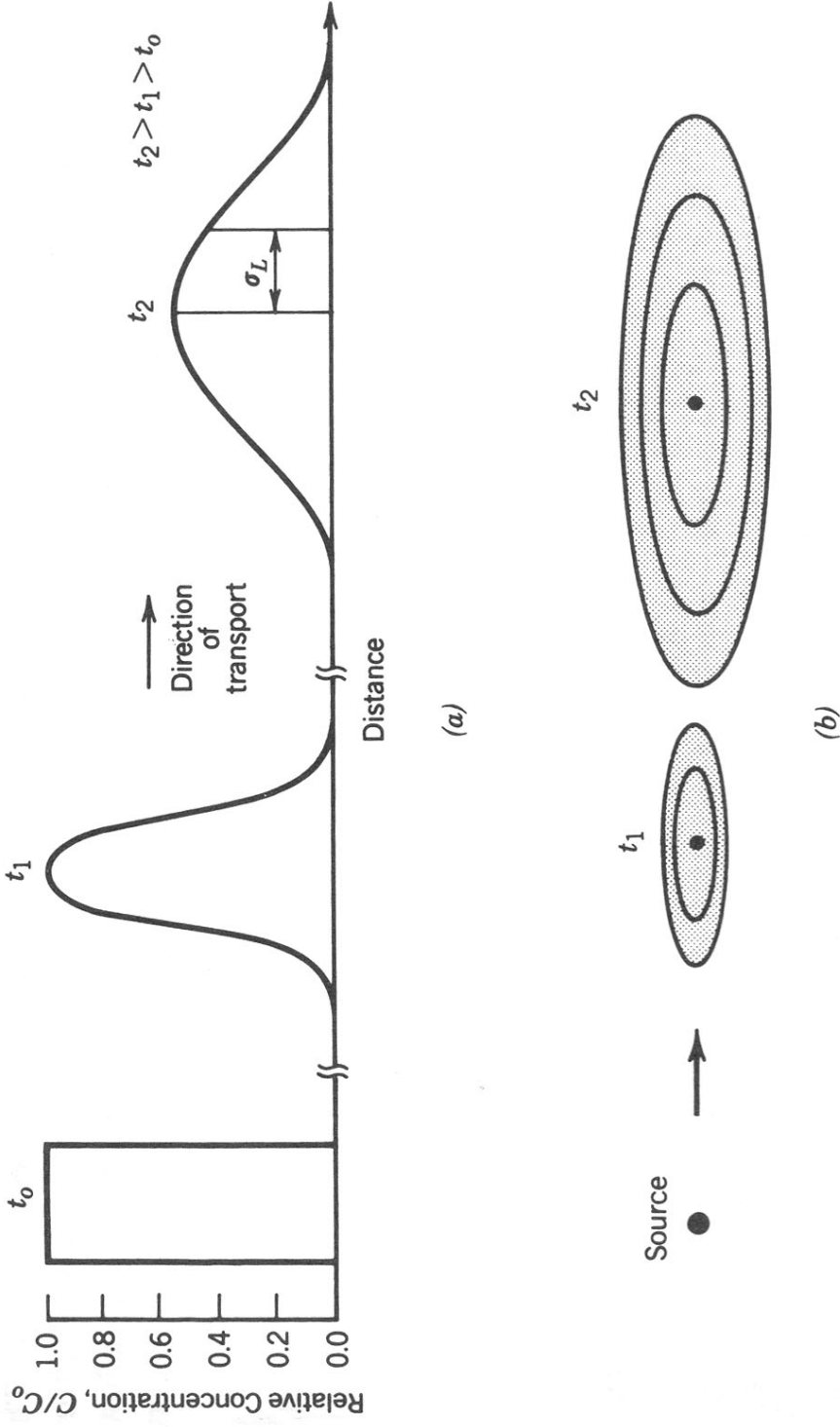


Figure 10.7
Variation in concentration of a tracer spreading in (a) one or (b) two dimensions in a constant velocity flow system.

- Der Dispersionskoeffizient D (m^2/s) beschreibt die Abweichung eines Migranten bei dessen Weg durch den Untergrund von dem aus der Migrationsgeschwindigkeit ermittelten statistischen Mittelwert des betreffenden Stoffes. Der Dispersionskoeffizient ergibt sich zu

$$D = \delta * v_a$$

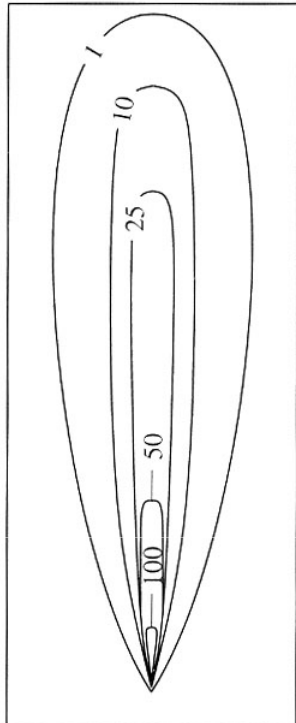
Die in der Gleichung enthaltene Dispersivität δ ist eine maßstabsabhängige Größe und beschreibt die charakteristische Speicherheterogenität des Untergrundes. Dabei wird zwischen

- Labormaßstab
- Feldmaßstab und
- Regionalmaßstab

unterschieden. Da in der Praxis nur in seltenen Fällen Naturexperimente durchgeführt werden und sich Ergebnisse aus einem Maßstab nicht auf einen anderen Maßstab übertragen lassen, kann zur Bestimmung von die Graphik in nachfolgender Abbildung genutzt werden.

- Die transversale Dispersion beträgt in der Regel das 0,1- bis 0,2-fache der longitudinalen Dispersion. Die Wirkungen der hydrodynamischen Dispersion auf die Ausbreitung eines Wasserinhaltsstoffes zeigt folgende Abbildung
- Die hydrodynamische Dispersion kann aus Säulenversuchen im Labor, aus Gütepumpversuchen und Tracertests im Feld oder auch aus graphischen Zusammenstellungen und Literaturwerken gewonnen werden.

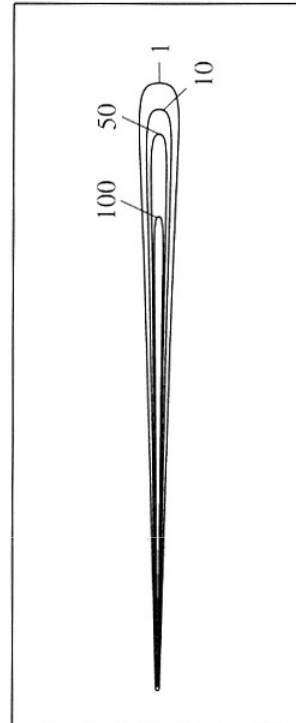
Große und kleine Dispersivität



↑
Flow

$$\begin{aligned} \alpha_L &= 3 \text{ m} & \alpha_T &= 1 \text{ m} \\ \bar{T} &= 0.0363 \text{ m}^2/\text{sec} \\ Q &= 0.165 \text{ m}^3/\text{sec} \\ t &= 0.01 \text{ yr} \end{aligned}$$

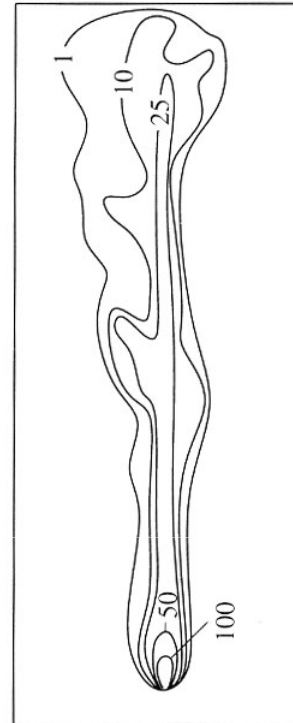
(a)



↑
Flow

$$\begin{aligned} \alpha_L &= 0.0003 \text{ m} & \alpha_T &= 0.00009 \text{ m} \\ \bar{T} &= 0.0363 \text{ m}^2/\text{sec} \\ Q &= 0.165 \text{ m}^3/\text{sec} \\ t &= 0.01 \text{ yr} \end{aligned}$$

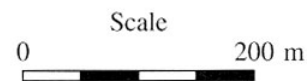
(b)



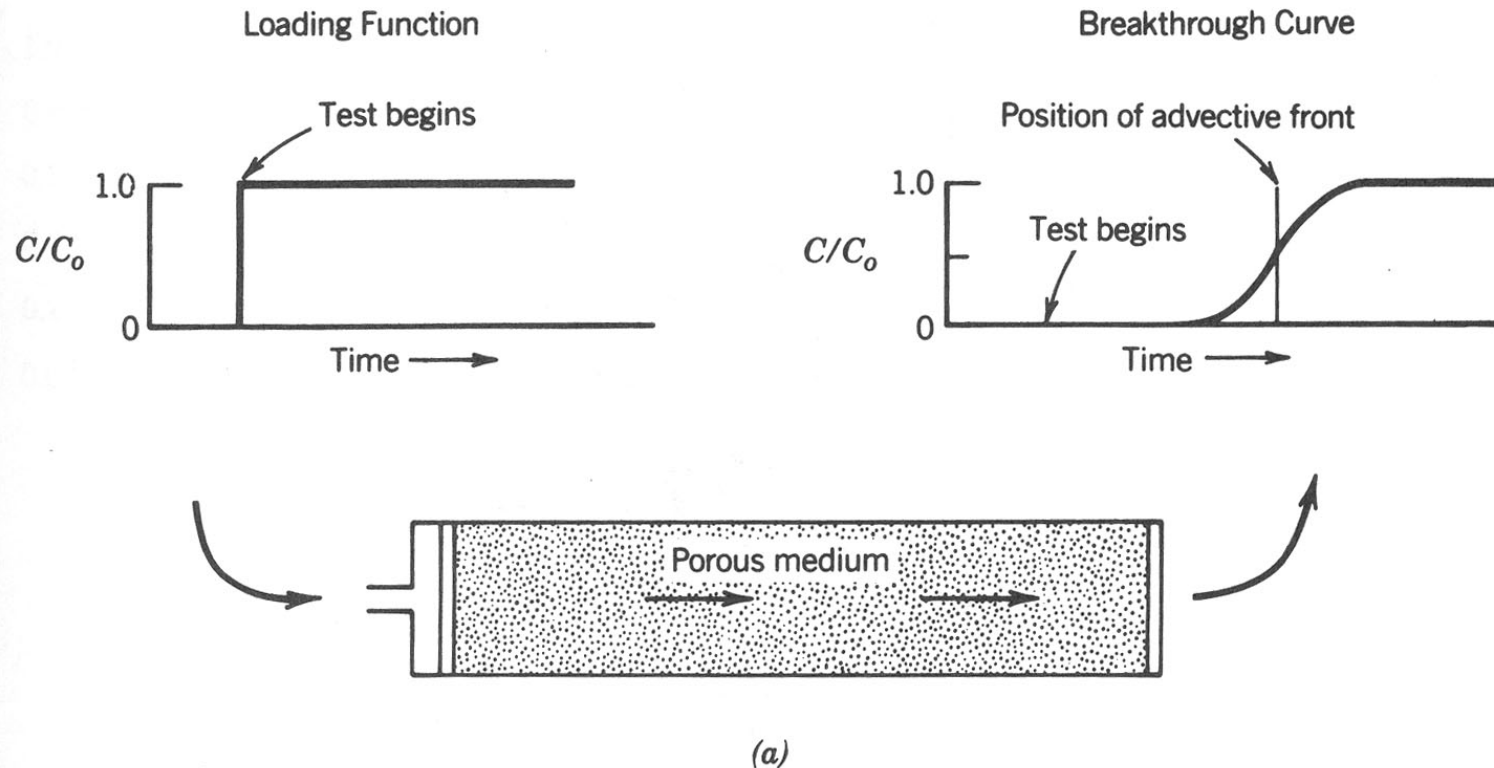
↑
Flow

$$\begin{aligned} \alpha_L &= 0.0003 \text{ m} & \alpha_T &= 0.00009 \text{ m} \\ \bar{T}_1 &= 0.223 \text{ m}^2/\text{sec} & \bar{T}_2 &= 0.0223 \text{ m}^2/\text{sec} \\ Q &= 0.165 \text{ m}^3/\text{sec} \\ t &= 0.01 \text{ yr} \end{aligned}$$

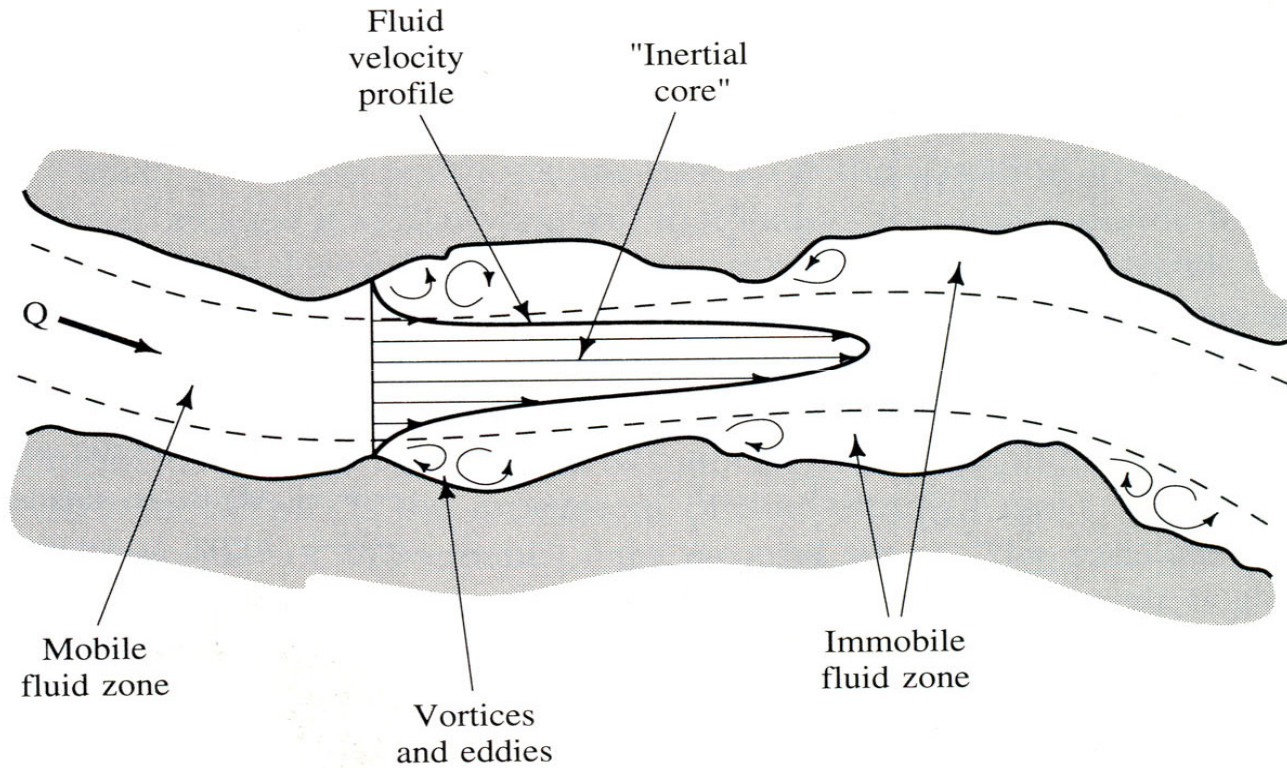
(c)



Dispersion im Säulenversuch

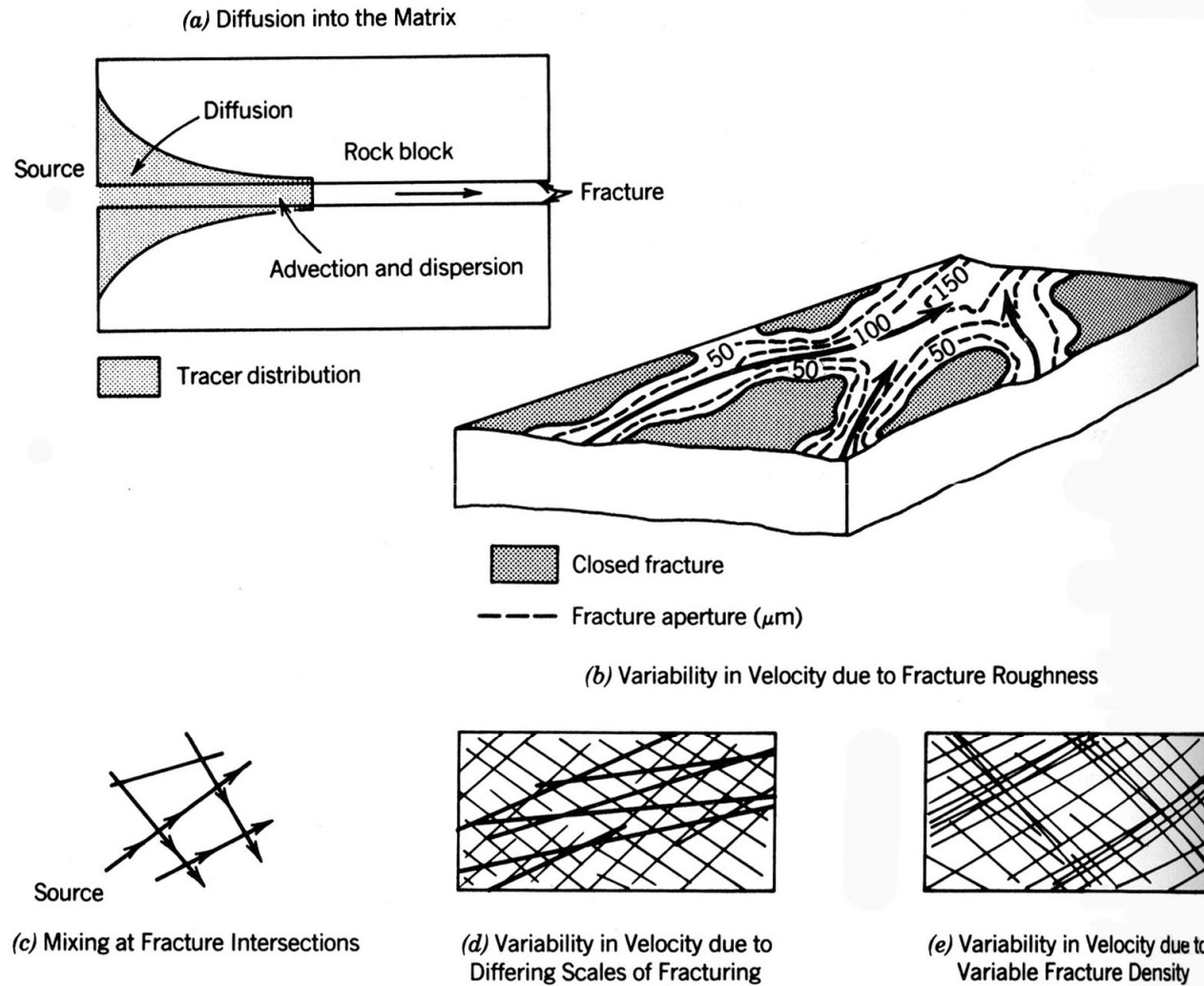


Experimental apparatus to illustrate dispersion in a column. The test begins with a continuous input of tracer $C/C_0 = 1$ at the inflow end. The relative concentration versus time function at the outflow characterizes dispersion in the column.

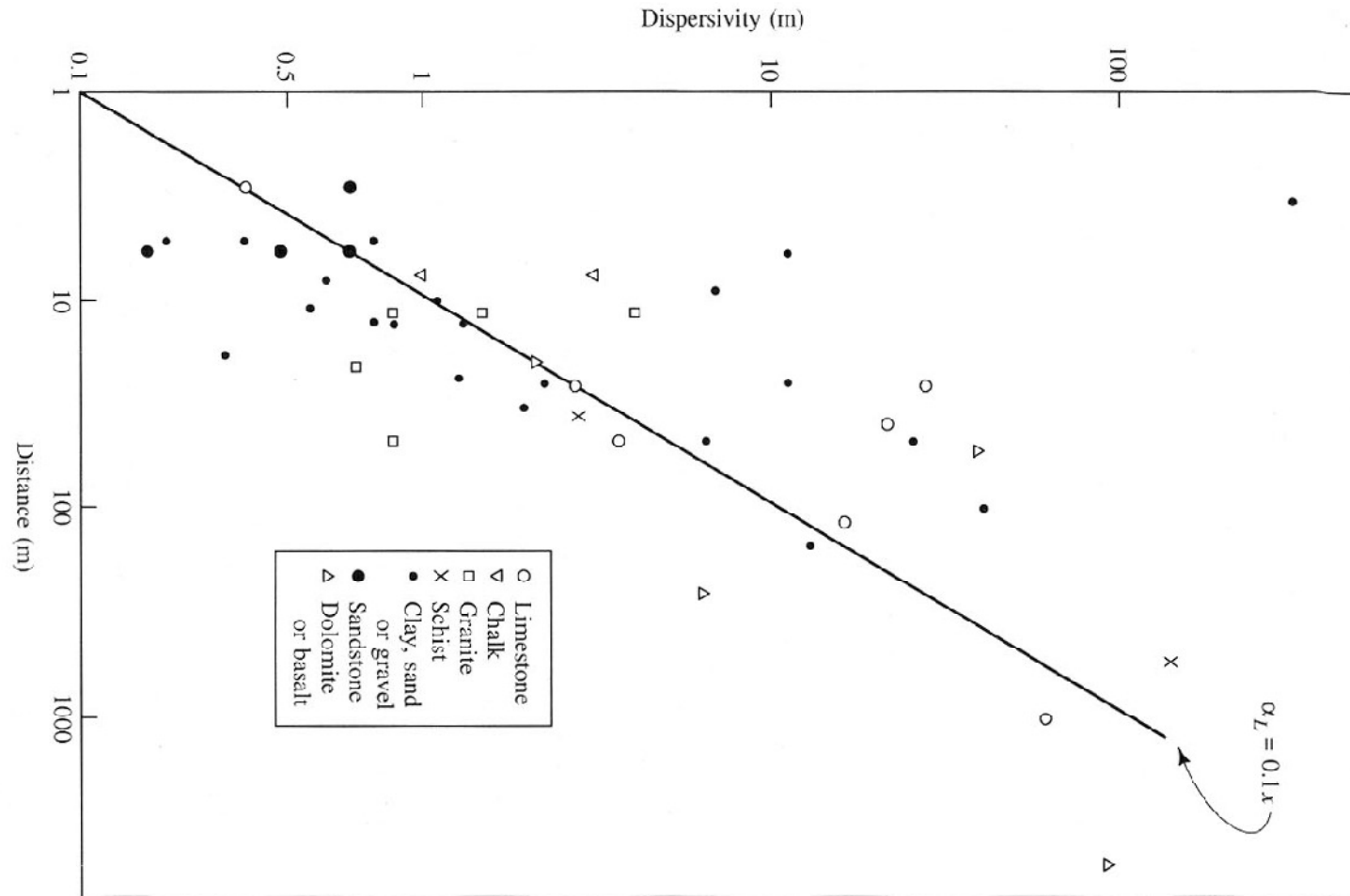


Zones of mobile and immobile water in a fracture. Source: K. G. Raven, K. S. Novakowski, and P. A. Lapcevic, *Water Resources Research* 24, no. 12 (1988):2019–32. Published by the American Geophysical Union.

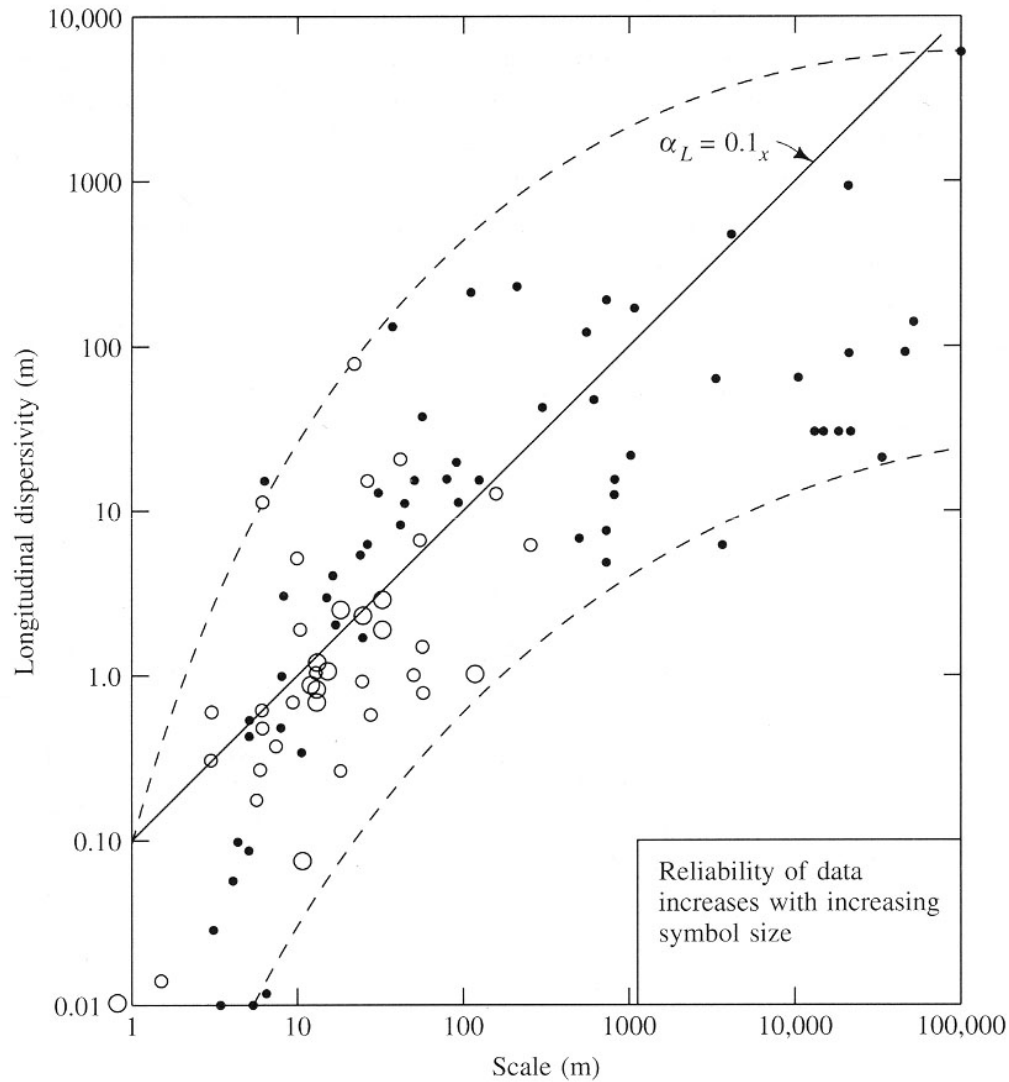
Skalen der Dispersivität



Skalen der Dispersivität

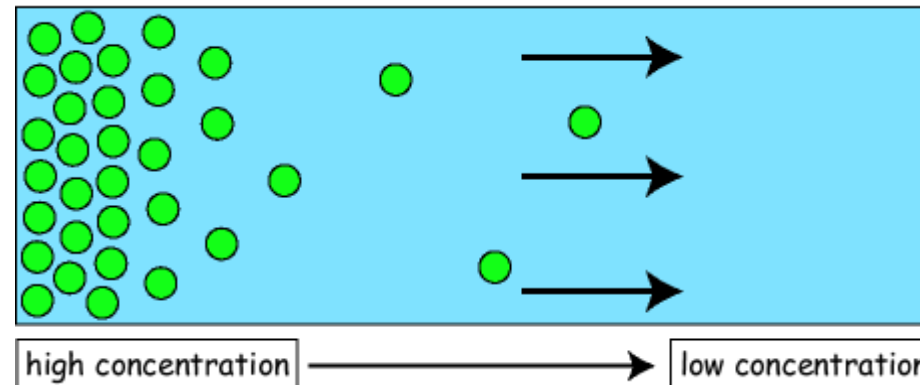


Skalen der Dispersivität



Unter Diffusion versteht man den physikalischen Ausgleichsprozeß, in dessen Verlauf Moleküle, Atome und Ionen infolge ihrer molekularen Wärmebewegung (Brown'sche Molekularbewegung) von Orten höherer zu solchen niedriger Konzentration gelangen.

Sie stellt einen von den Wasserbewegungen unabhängigen Bewegungsmechanismus dar. Die Masse der durch eine gedachte Einheitsfläche hindurch diffundierenden Moleküle, Atome und Ionen ist proportional zu deren Konzentrationsgefälle



$$f_{dif}^* = -d_0 \cdot i_c \quad \text{mit} \quad i_c = \frac{\partial c}{\partial x}$$

f_{dif}^* Diffusiver Massenfluß im freien Wasservolumen [$\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$]

d_0 Diffusionskoeffizient im freien Wasservolumen [m^2/s]

i_c Konzentrationsgradient [kg/m^4]

c Konzentration des wassergelösten Inhaltsstoffes [kg/m^3]

x Abstand zwischen 2 Konzentrationsmeßpunkten [m]

Diffusionskoeffizient

