

Sickerwasserprognose – Ansätze zur Abbildung der Schadstoffquelle im Modell

Barbara Euler, Oliver Kemmesies

Einleitung

Gemäß § 4 Abs. 3 der BBodSchV [1] ist zur Bewertung der von Verdachtsflächen oder altlastverdächtigen Flächen ausgehenden Gefahren für das Grundwasser eine Sickerwasserprognose zu erstellen. Ort der Beurteilung ist dabei der Übergangsbereich zur gesättigten Zone. Die Zusammenhänge sind in *Abbildung 1* veranschaulicht.

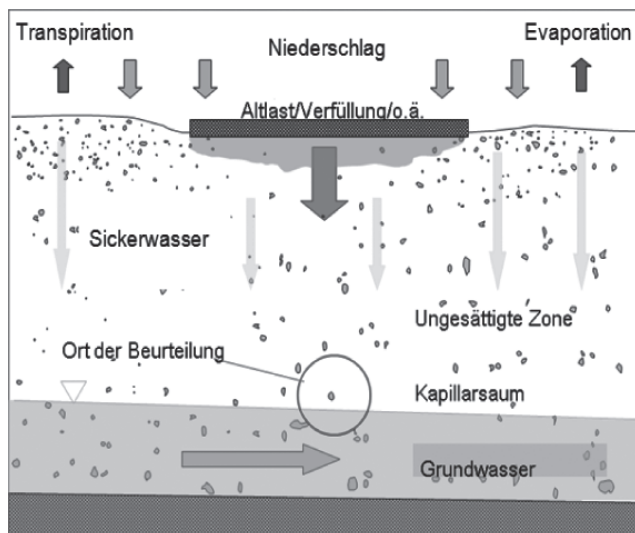


Abbildung 1:
Schadstofffreisetzung aus einer Schadstoffquelle und Transport im Untergrund

Im Vorsorgebereich soll diese Gefahrenbeurteilung für Ersatzbaustoffe, die in Bauwerken zum Einsatz kommen, mit der zu erwartenden Ersatzbaustoffverordnung [2] in Deutschland vereinheitlicht werden. Die Bewertung der von Materialien ausgehenden Gefahren, die dauerhaft unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht eingebaut werden (z.B. Verfüllung von Abgrabungen) soll mit einem neuen § 12b in der Novelle der BBodSchV geregelt werden.

Das Regelungsschema der Ersatzbaustoffverordnung geht von

- einer Klassifizierung der Ersatzbaustoffe mit sogenannten Materialwerten im Eluat (i.d.R. in verschiedene Qualitätsklassen, z. B. 3 Klassen von Recyclingbaustoffen: RC1, RC2, RC3),

- der Definition typischer Standortbedingungen (Charakterisierung der Transportzone: ungünstig: höchster zu erwartender GW-Stand < 1 m unter GOK und oder fehlende Bodenzone; günstig: höchster zu erwartender GW-Stand > 1 m unter GOK und Bodenzone aus Sand oder Schluff/Lehm/Ton) und
- der Definition typischer Einbauszenarien (nach einschlägigen Technischen Regelwerken des Erd- und Straßenbaus, bestimmte techn. Ausgestaltungen führen zur Verminderung der Exposition)

aus. Die Klassifizierung der Ersatzbaustoffe kommt dabei einer vereinheitlichten Beschreibung des Quelltermverhaltens, sprich der Schadstofffreisetzung aus den abgelagerten Materialien, gleich.

1 Aufgabenstellung

Die eigentliche Aufgabenstellung der Sickerwasserprognose weicht allerdings von den oben geschilderten idealisierten Bedingungen ab. Dringt Niederschlagswasser bzw. das verbleibende Sickerwasser in eine Schadstoffquelle ein, kommt es zur Schadstofffreisetzung und in Folge dessen zur Anreicherung von Schadstoffen im Sickerwasser. Anschließend erfolgt die weitere Schadstoffausbreitung mit dem Sickerwasser in den Untergrund (*Abbildung 1*). In Abhängigkeit vom Rückhaltevermögen der ungesättigten Zone werden die Schadstoffe bis zum Ort der Beurteilung transportiert und letztendlich in das Grundwasser eingetragen.

Die Mobilisierung der Schadstoffe aus der Schadstoffquelle heraus ist dabei abhängig von den Milieubedingungen sowie den vorherrschenden Strömungs-, Transport- und Umsetzungsprozessen. Diese Prozesse führen dazu, dass sich das Sickerwasser in der Schadstoffquelle mit Schadstoffen maximal bis hin zur Löslichkeitsgrenze aufkonzentriert (*Abbildung 2*).

Mit dem u.a. in der Ersatzbaustoffverordnung verfolgten Ansatz der Klassifikation der Materialien erfolgt die Beschreibung des Freisetzungsverhaltens aus der Schadstoffquelle hingegen über die Ermittlung von Quelltermfunktionen. Dies sind z.B. exponentielle Abklingfunktionen [3] (vgl. *Abbildung 6*). Die Transportmodellierung setzt in diesem Fall erst unterhalb der Schadstoffquelle an (vgl. *Abbildung 3*) und trägt somit Abbildungsfehler in das Modell ein.

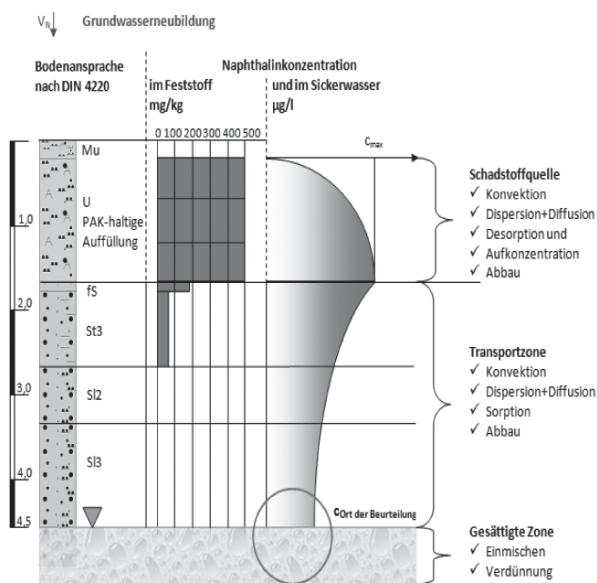


Abbildung 3 (rechts): Vereinfachung – Schadstofffreisetzung als Randbedingung

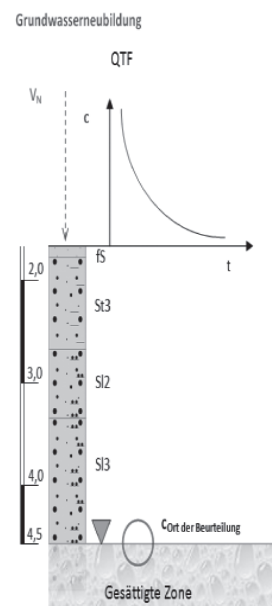


Abbildung 2 (links): Prozesse der Schadstofffreisetzung und des Transports durch die ungesättigte Zone

2 Lösungsansatz

Die bislang solchen Betrachtungen stets zugrundeliegenden Annahmen gehen davon aus, dass der eindringende Wassertropfen sich sofort im lokalen Gleichgewicht mit der Feststoffmatrix und den daran sorbierten Stoffen befindet. D.h. in dem Moment, in dem der Wassertropfen in den verunreinigten Untergrund eintritt, liegt im Sickerwasser sofort die Maximalkonzentration vor. *Abbildung 4* zeigt den bei diesen Fällen typischen Verlauf der drei relevanten Isothermen.

Erfahrungen zeigen jedoch, dass bei der Sorption in vielen Fällen keine Gleichgewichtszustände herrschen, sondern dass es sich eher um eine Sorptionskinetik handelt. Die Sorptionskinetik, auch als Nichtgleichgewichtssorption bezeichnet, resultiert aus

einem chemischen Nichtgleichgewicht oder aus der physikalischen Diffusionstransportkinetik. Das von Šimůnek und van Genuchten [4] beschriebene Two-Site-Modell, das zwei Arten von Sorptionsgebieten berücksichtigen kann (*Gleichung 1 bis 5*), ist ein Modell, mit dem solche Prozesse flexibel nachgebildet werden können. Der Reaktionsraum wird dabei in zwei Sorptionsgebiete unterteilt. Im Sorptionsgebiet 1 wird die Sorption als Gleichgewichtsreaktion (S^e) und im Sorptionsgebiet 2 als Sorptionskinetik (S^k), hier bedingt durch ein chemisches Nichtgleichgewicht, betrachtet (vgl. *Abbildung 5*).

Die Berücksichtigung dieses Modellansatzes in der zugrundeliegenden Stofftransportgleichung (*Gleichung 2*) erfolgt – exemplarisch für lineare Sorption dargestellt – mit den folgenden Modellgleichungen:

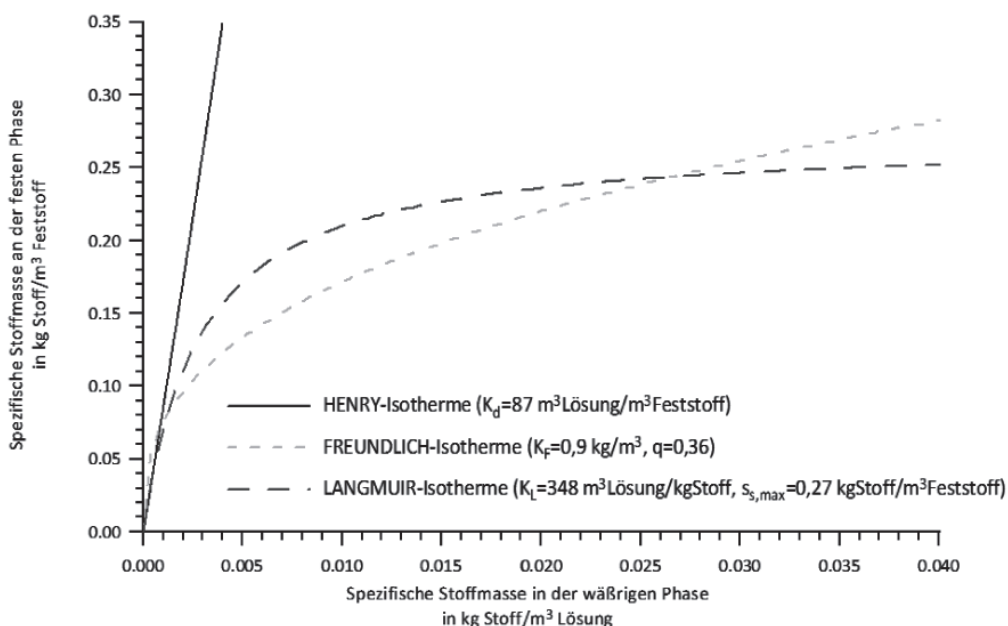


Abbildung 4: Sorptionsisothermen für die Gleichgewichtssorption