

1.1 Allgemeines zu Computermodellen

Mithilfe von Computermodellen werden Wettervorhersagen erstellt, Verkehrsströme nachgebildet, wird die Konstruktion von Motoren optimiert, die Klimatisierung von Gebäuden geplant, die Umströmung von Flugzeugen simuliert... Sie sind ein allgegenwärtiges und unverzichtbares Werkzeug in der ingenieurwissenschaftlichen Praxis geworden.

So unterschiedlich die Anwendungsgebiete für Computermodelle sind, so ähnlich sind die **Arbeitsschritte**, die notwendig sind, um sie zu erstellen und anzuwenden.

- Es muss geklärt werden, welche Prozesse für das System, das nachgebildet werden soll, relevant sind.
- Die relevanten Prozesse müssen mathematisch beschrieben werden.
- Die mathematischen Gleichungen müssen in ein Computerprogramm umgesetzt werden.
- Es muss gewährleistet werden, dass die Programmierung fehlerfrei und das Programm in der Anwendung numerisch stabil ist.
- Die Eingabedaten für die interessierende Anwendung müssen zusammengestellt werden.

Erst jetzt kann das interessierende System im Computer nachgebildet werden. Man spricht davon, dass ein **Modell** des Systems erstellt wird.

Für Verwirrung kann in diesem Zusammenhang sorgen, dass der Begriff des Modells in zwei unterschiedlichen Bedeutungen verwendet wird. Ein Beispiel aus der Hydrologie: Das nachzubildende System ist das Einzugsgebiet eines Oberflächengewässers, die interessierenden Prozesse sind diejenigen, die zur Abflussbildung führen. Um eine Nachbildung des Einzugsgebiets im Computer, ein Einzugsgebietsmodell, zu erzeugen, gibt es unterschiedliche Programme mit Namen wie MIKE SHE, SWAT oder WaSiM-ETH. Diese Programme werden häufig ebenfalls als Modelle bezeichnet: Man spricht vom Modell MIKE SHE, SWAT oder WaSiM-ETH. Der Begriff des Modells bezeichnet also einerseits die Nachbildung des interessierenden Systems im Computer und andererseits das Programm, das ver-

wendet wird, um diese Nachbildung zu erzeugen. Im Folgenden wird der Begriff des Modells meist im ersteren Sinne von Nachbildung des Systems im Computer verwendet.

Die weiteren Arbeitsschritte sind:

- Das Modell des nachzubildenden Systems muss **validiert** werden, d. h. man vergleicht vom Modell berechnete Ausgabegrößen mit entsprechenden Messwerten, um zu prüfen, wie gut das Modell die Realität wiedergibt. Dabei ist vorab zu klären, wie die Übereinstimmung zwischen Modellausgabe und Messwerten überhaupt quantifiziert, d. h. ihrer Größe nach bestimmt, werden soll. Zu diesem Zweck ist eine sogenannte Zielfunktion auszuwählen (Abschn. 2.4.1).
- Zeigen sich bei der Validierung größere Diskrepanzen, muss dies nicht bedeuten, dass das Modell grundsätzlich falsch ist. In der Regel sind die Werte von Modellparametern nicht genau bekannt und müssen durch eine **Kalibrierung** bestimmt werden. Dabei werden die Werte der betreffenden Parameter innerhalb vertretbarer Grenzen so lange variiert, bis eine ausreichend erscheinende Übereinstimmung zwischen der Modellausgabe und den Messwerten erzielt ist.
- Muss das Modell, sei es das Computerprogramm oder sei es das Abbild des Systems im Computer, korrigiert werden, so ist es im Sinne eines zielgerichteten Vorgehens vorteilhaft zu wissen, welche Teilprozesse, Eingabegrößen und Parameter das interessierende Modellergebnis am stärksten beeinflussen. Dies zu klären, ist Aufgabe einer **Sensitivitätsanalyse** (Abschn. 2.4.3).
- Nach Kalibrierung und Validierung kann das Modell angewendet werden, d. h., es wird berechnet, wie das nachgebildete System auf Änderungen von Anfangs- oder Randbedingungen reagiert.
- Spätestens jetzt stellt sich auch die Frage nach der **Darstellung der Ergebnisse**: Welche sind die entscheidenden Kenngrößen, und in welcher Weise und mit welchen Hilfsmitteln sollen die Ergebnisse visualisiert, d. h. bildlich dargestellt, werden?

Ein Computermodell zu erstellen und anzuwenden, ist also mit erheblichem Aufwand verbunden. Gerechtfertigt wird dies durch die **Vorteile von Computermodellen**:

- Der Einsatz des Computers führt zu einer enormen Beschleunigung der Datenverarbeitungsgeschwindigkeit. Dadurch wird es überhaupt erst möglich, das Verhalten komplexer Systeme mit einem vertretbaren Aufwand und innerhalb eines akzeptablen zeitlichen Rahmens adäquat rechnerisch nachzubilden.
- Ein komplexes System ist schwer zu überschauen. Nicht selten basiert die Darstellung eines solchen Systems auf der Arbeit einer Vielzahl von Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen. Ein extremes Beispiel stellen Erdsystemmodelle dar, die dazu dienen, den Klimawandel und seine globalen Auswirkungen zu untersuchen. Ein solches Modell führt unter anderem Wissen aus Meteorologie, Ozeanografie, Hydrologie, Geologie, Biologie und Ökonomie zusammen. Ein Computermodell hat in diesem Sinne eine integrative Funktion: Es stellt eine Plattform dar, um Wissen zusammenzufassen.
- Der Vergleich der Modellergebnisse mit entsprechenden Beobachtungsdaten erlaubt es, das in dem Modell zusammengefasste Wissen über die relevanten

Eigenschaften eines Systems und die in ihm ablaufenden Prozesse zu überprüfen. Größere Abweichungen bei diesem Vergleich regen dazu an, den bisherigen Kenntnisstand zu hinterfragen und das System- und Prozessverständnis zu erweitern.

- Computermodelle werden häufig für Systeme erstellt, mit denen sich in der Realität keine Experimente durchführen lassen, beispielsweise weil das betreffende System noch gar nicht existiert, sondern sich erst in der Planung befindet, weil ein Experiment zu aufwendig wäre oder weil es schädliche Auswirkungen hätte. Mit Computermodellen lassen sich virtuelle Experimente durchführen, d. h. Experimente, die in der Wirklichkeit nicht möglich sind.
- Computermodelle erlauben es, in der Realität langsam ablaufende Prozesse stark beschleunigt und schnell ablaufende Prozesse zeitlich verlangsamt zu beobachten. Sie können als Zeitraffer oder Zeitlupe dienen.

1.2 Zum Inhalt dieses Buches

Im vorliegenden Buch werden zwei Typen hydrologischer Modelle vorgestellt, das Niederschlag-Abfluss-Modell und das Grundwasserströmungsmodell.

Mit **Niederschlag-Abfluss-Modellen** (N-A-Modellen) wird nachgebildet, wie im Einzugsgebiet eines Oberflächengewässers aus Niederschlag Abfluss wird. Modelle dieses Typs werden unter anderem eingesetzt, um Hoch- und Niedrigwasserabflüsse vorherzusagen oder um zu beurteilen, wie sich anthropogene Eingriffe wie Landnutzungsänderungen oder Speicherbewirtschaftung auf den Abfluss auswirken. **Grundwasserströmungsmodelle** dienen unter anderem dazu, die Verfügbarkeit von Grundwasser zur Gewinnung von Brauch- und Trinkwasser zu untersuchen, Grundwasserabsenkungen zu planen oder hydraulische Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen für Altlasten zu konzipieren.

Für beide Modelltypen gibt es zahlreiche, teilweise kostenfreie Programme, meist mit anwenderfreundlicher Nutzeroberfläche. Diese Programme bestehen primär aus umfangreichem Quelltext in einer höheren Programmiersprache. Ein solches Programm zu schreiben, ist eine Aufgabe, die nur verhältnismäßig wenige Experten beherrschen.

Nun ist es weder sinnvoll noch notwendig, dass derjenige, der ein Computermodell (im Sinne von Programm) verwenden will, dieses zunächst einmal selbst schreibt. Allerdings fehlt dem Anwender damit einiges: das Gefühl dafür, wie viel Vorarbeit es erfordert hat, um das Modell, mit dem er arbeitet, bereitzustellen; die eigene Anschauung, wie ein solches Modell prinzipiell konstruiert wird; das Gefühl dafür, wie unzulänglich und fehlerhaft auch das Programm mit der schönsten Nutzeroberfläche sein kann; die Möglichkeit, das Programm selbst inhaltlich zu überprüfen, und die Möglichkeit, Korrekturen und Ergänzungen an dem Programm vorzunehmen. Ohne Programmierkenntnisse kann ein Programm lediglich so angewendet werden, wie es durch andere entworfen worden ist.

Deswegen ist es sinnvoll, zum Einstieg in das Thema Modellierung eben nicht darauf zu verzichten, selbst zu programmieren. „Basteln am Computer“ kann außer-

dem Spaß machen. Kenntnisse einer höheren Programmiersprache sind dabei nicht zwingend notwendig. Programme für einfache, aber realistische Anwendungen lassen sich z. B. mit dem weitverbreiteten Tabellenkalkulationsprogramm Excel erstellen. Dazu wird Excel auch im vorliegenden Buch verwendet: Nachdem die hydrologischen und mathematischen Grundlagen behandelt worden sind, wird gezeigt, wie sich einfache Varianten eines Niederschlag-Abfluss- und eines Grundwasserströmungsmodells mit Excel programmieren lassen. Genauer gesagt (für Experten) handelt es sich um ein konzeptionelles Niederschlag-Abfluss-Modell in Form einer Linearspeicherkaskade und ein Finite-Differenzen-Modell für die zweidimensionale stationäre Strömung durch ein poröses Medium, im vorliegenden Fall die Strömung des Grundwassers in einem Grundwasserleiter.

Die Modelle werden einer Sensitivitätsanalyse unterzogen, kalibriert, validiert und angewendet. Auf diese Weise werden Kenntnisse vermittelt, die in allen Bereichen der Modellierung von Belang sind. Vorteilhaft sind dabei gute mathematische Grundkenntnisse und gute Kenntnisse im Umgang mit Excel bezüglich der Gestaltung von Tabellenblättern, der Durchführung von Berechnungen und dem Erstellen von Diagrammen. Wer sich ernsthaft und vertieft mit dem Thema „Modellierung“ auseinandersetzen will, sollte sich außerdem durch Sorgfalt und Beharrlichkeit auszeichnen. Als Lohn winkt: ein Berufsleben lang „am Computer spielen“ für ernsthafte Zwecke und die wirkliche Welt.

2.1 Grundlagen

2.1.1 Prozesse des Landschaftswasserhaushalts

Unter dem Begriff des **Landschaftswasserhaushalts** werden die Prozesse zusammengefasst, die Wasser in einer Landschaft erfährt. Die betreffenden Wasserströme werden im Folgenden nur der Menge nach beschrieben. Man spricht in diesem Zusammenhang von **quantitativer Hydrologie** im Gegensatz zur **qualitativen Hydrologie**, welche die Eigenschaften des Wassers, seine Inhaltsstoffe und seine Temperatur, beschreibt. Abbildung 2.1 zeigt schematisch die wesentlichen Prozesse.

Der Eintrag von Wasser erfolgt primär durch **Niederschlag**. Der Niederschlag kann in flüssiger Form, z. B. als Regen oder Tau, oder in fester Form, z. B. als Schnee, Hagel oder Reif, erfolgen. Er trifft im Allgemeinen nicht unmittelbar auf den Erdboden, sondern zunächst auf die Vegetationsdecke. Diese kann einen Teil des Niederschlags zurückhalten – ein Prozess, der als **Interzeption** bezeichnet wird. Niederschlag, der die Vegetationsoberfläche benetzt oder, falls er in fester Form fällt, auf ihr liegen bleibt, kann von dort aus durch Verdunstung oder Sublimation als Wasserdampf an die Atmosphäre zurückgegeben werden. Dies ist die sogenannte **Interzeptionsverdunstung**. Nicht aller Niederschlag erreicht also den Erdboden. Der Niederschlag oberhalb der Vegetationsdecke wird auch als **Freilandniederschlag** bezeichnet, um kenntlich zu machen, dass der Niederschlag ohne Minderung durch die Interzeptionsverdunstung gemeint ist. Der Niederschlag, der durch den Vegetationsbestand auf den Erdboden gelangt, wird dagegen **Bestandesniederschlag** genannt.

Die Bodenoberfläche selbst stellt ebenfalls einen Wasserspeicher dar, vor allem dann, wenn sich flüssiges Wasser in Vertiefungen bzw. Mulden sammelt oder wenn sich eine Schneedecke bildet. Ist die Bodenoberfläche geneigt, kann sich außerdem **Oberflächenabfluss** bilden. Dabei handelt es sich um Regen- oder Schmelzwasser, das der Neigung der Bodenoberfläche folgend auf dieser abfließt.

Derjenige Teil des Bestandesniederschlags, der nicht von der Bodenoberfläche verdunstet oder sublimiert und nicht auf ihr abfließt, dringt in das Erdreich ein.

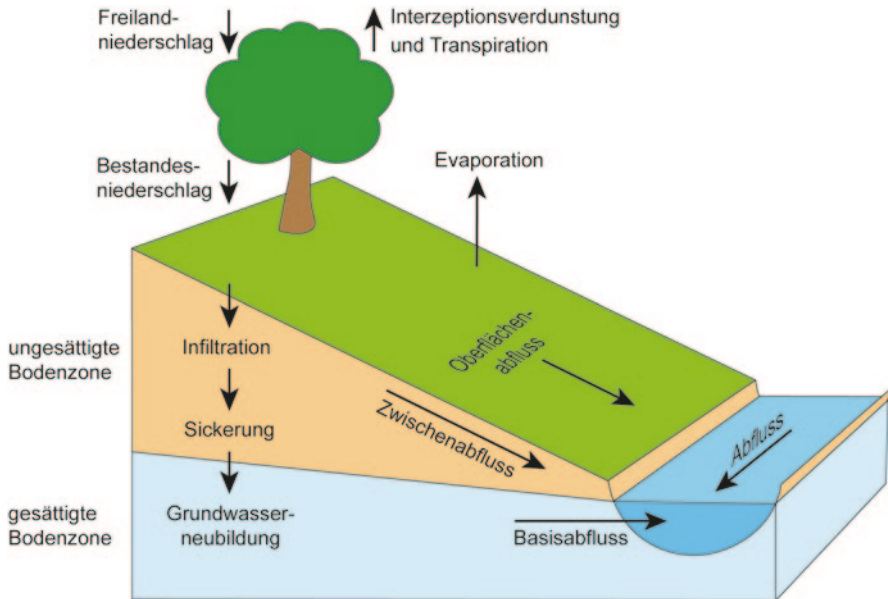


Abb. 2.1 Prozesse des Landschaftswasserhaushalts. (Illustration: Henrike Eckhardt)

Dies ist der Prozess der **Infiltration**. Damit gelangt das Wasser in die sogenannte **ungesättigte Bodenzone**, d. h. den oberen Bereich des Bodens, dessen Porenräume nicht vollständig mit Wasser gefüllt sind bzw. der nicht mit Wasser gesättigt ist. Das infiltrierte Wasser kann nun entweder im Porenraum gespeichert werden oder weitere Fließprozesse erfahren:

- Es kann sich weiter vertikal nach unten bewegen (**Sickerung**).
- Es kann unter bestimmten Bedingungen lateral abfließen (**Zwischenabfluss**).
- Es kann durch Pflanzenwurzeln aufgenommen, durch den Pflanzenkörper zu den Blättern transportiert und von dort verdunstet werden (**Transpiration** der Pflanzen).

Unter der ungesättigten liegt die **gesättigte Bodenzone**, also derjenige Bereich des Bodens, in dem der gesamte Porenraum mit Wasser gefüllt ist. Der zusammenhängende Wasserkörper in dieser Zone ist das **Grundwasser**. Dasjenige Sickerwasser, das die gesättigte Bodenzone erreicht, stellt die **Grundwasserneubildung** dar. Durch den Kapillareffekt kann umgekehrt auch Grundwasser vertikal nach oben in die ungesättigte Bodenzone transportiert werden. Man spricht vom **kapillaren Aufstieg**.

Oberflächengewässer stehen meist in direktem Kontakt mit dem Grundwasser. Der Abfluss in einem Gerinne setzt sich im Allgemeinen aus drei Komponenten zusammen: dem Oberflächenabfluss, dem Zwischenabfluss und dem grundwasserbürtigen, d. h. aus dem Grundwasser stammenden Abfluss. Letzterer wird häufig auch als **Basisabfluss** bezeichnet. Als **Einzugsgebiet** eines Oberflächengewässers bezeichnet man das gesamte Gebiet, aus welchem dem Gewässer Wasser zufließt.

Ober- und unterirdisches Einzugsgebiet können dabei unterschiedlich ausgedehnt sein.

Die Verdunstung von Oberflächen wie denjenigen der Vegetationsdecke, des Bodens oder von Gewässern wird als **Evaporation** bezeichnet. Die Evaporation wird mit der Transpiration der Pflanzen unter dem Begriff der **Evapotranspiration** (ET) zusammengefasst.

Mittlere Jahressummen für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland sind (Bundesumweltamt 2011):

- Freilandniederschlag: 860 mm ($1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$)
- Evapotranspiration: 540 mm
- Gerinne- und Grundwasserabfluss: 320 mm

Da im langfristigen Mittel keine Änderung der gespeicherten Wassermenge auftritt, gilt die Beziehung Freilandniederschlag – Evapotranspiration = Abfluss.

Eine ausführliche Darstellung des Landschaftswasserhaushalts und seiner einzelnen Komponenten geben Wohlrab et al. (1992).

2.1.2 Erstellen des Modells für ein Einzugsgebiet

Der Landschaftswasserhaushalt kann mit Computerprogrammen unterschiedlicher Komplexität nachgebildet werden. Die anspruchsvollsten Programme zeichnen sich dadurch aus, dass die relevanten Prozesse detailliert, weitgehend physikalisch basiert und räumlich differenziert betrachtet werden. Die Vorbereitung der Berechnungen wird hier schnell weit aufwendiger, als es die Berechnungen selbst sind.

Im Allgemeinen werden für physikalisch basierte, räumlich differenzierte Modelle die folgenden Eingabeinformationen benötigt:

- digitales Höhenmodell
- Daten zur räumlichen Verteilung und den Eigenschaften der Landbedeckung (z. B. Wuchshöhe, Blattflächenindex, Interzeptionskapazität, Stomataleitfähigkeit)
- Daten zur räumlichen Verteilung und den Eigenschaften der Bodentypen (z. B. Horizontierung, Porosität, hydraulische Leitfähigkeit, nutzbare Feldkapazität)
- meteorologische Antriebsdaten (z. B. Globalstrahlung, Niederschlag, Temperatur)
- Daten zur Landbewirtschaftung (z. B. Bewässerung, Termine für Aussaat, Mahd, Ernte)
- Daten zu Eigenschaften der Oberflächengewässer (z. B. Abmessungen, Rauigkeit des Gerinnebettes)

Neben dem Zusammenstellen dieser Daten sind eine Reihe weiterer Arbeitsschritte notwendig, um das Einzugsgebietsmodell zu konstruieren und anwenden zu können:

- Mithilfe des digitalen Höhenmodells wird das Einzugsgebiet abgegrenzt.
- Das digitale Höhenmodell ist außerdem Grundlage der Ausweisung des Oberflächengewässernetzes.

- Viele Eingabeinformationen liegen nur als Punktdaten vor, z. B. die Daten von meteorologischen Stationen. Diese Daten müssen in den Raum übertragen werden. Man spricht auch von der Regionalisierung der Punktdaten.
- Die Raumelemente des Modells müssen abgrenzt werden. Die räumlich differenzierte Betrachtung des Einzugsgebiets kann dadurch erfolgen, dass das Gebiet bei seiner Abbildung im Computer in ein Raster von Modellzellen unterteilt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ausweisung sogenannter Hydrotope. Dies sind unregelmäßig verteilte Raumelemente, die – wie durch ein Verschneiden von Information über Relief, Landbedeckung und Boden ermittelt wird – hinsichtlich ihrer hydrologischen Eigenschaften annähernd homogen sind.
- Die Eingabedateien des Modells müssen erstellt werden. Dabei sind Formatierungsvorschriften, die durch das verwendete Programm vorgegeben sind, genau einzuhalten.
- Beobachtungsdaten – im Fall von Niederschlag-Abfluss-Modellen mindestens eine Zeitreihe gemessener Abflüsse – müssen erfasst und gesichtet werden.
- Das Modell muss kalibriert und validiert werden.

Wenn das Modell angewendet wird, sollte man sich immer bewusst sein, dass ein Modell lediglich ein vereinfachtes Abbild der Realität darstellt und die Modellausgabe daher fehlerbehaftet ist. Potenzielle Ursachen sind:

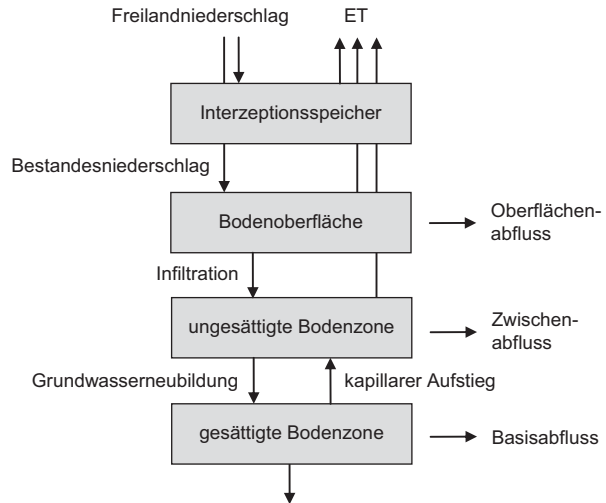
- eine unzureichende oder nicht zutreffende Prozessbeschreibung
- Parameterunsicherheit, d. h. die Tatsache, dass die Werte vieler Parameter, durch die Eigenschaften des Systems beschrieben werden, nicht genau bekannt sind
- nicht erkannte Abweichungen zwischen ober- und unterirdischem Einzugsgebiet
- die begrenzte räumliche und zeitliche Auflösung des Modells
- numerische Fehler bei den Berechnungen im Computer
- Messfehler in den meteorologischen Antriebsdaten
- Fehler, die durch die Regionalisierung von Punktdaten entstehen
- Fehler in den Daten, die zur Kalibrierung und Validierung des Modells herangezogen werden.

2.2 Linearspeicher und Linearspeicherkaskade

Die Schilderung der Prozesse des Landschaftswasserhaushalts (Abschn. 2.1.1) hat schon angedeutet, dass sich ein hydrologisches System, das Niederschlag in Abfluss umwandelt, als eine Kette von Speichern beschreiben lässt, die in unterschiedlicher Weise Zufluss erhalten und Abfluss produzieren. So wird auch ganz allgemein ein konzeptionelles N-A-Modell konstruiert: als eine Speicherkaskade. Angelehnt an die Erläuterungen in Abschn. 2.1.1 ergibt sich das in Abb. 2.2 gezeigte Schema.

Sei V_i der Inhalt eines Speichers im Zeitschritt i . Z_i bezeichne den Zufluss in den Speicher, A_i den Abfluss aus dem Speicher. Dann lässt sich V_i folgendermaßen berechnen: Man nimmt das gespeicherte Volumen V_{i-1} im vorangehenden Zeitschritt $i - 1$, subtrahiert davon A_{i-1} , d. h. die Wassermenge, die im vorangehenden

Abb. 2.2 Konzeptionelles Modell der Abflussbildung



Zeitschritt aus dem Speicher abgeflossen ist, und addiert anschließend diejenige Wassermenge Z_i , die dem Speicher im aktuellen Zeitschritt i zufließt:

$$V_i = V_{i-1} - A_{i-1} + Z_i. \quad (2.1)$$

In demjenigen Modell, das nachfolgend programmiert wird, werden die Speicher als Linearspeicher angelegt. Ein Linearspeicher zeichnet sich dadurch aus, dass der Abfluss aus ihm proportional zum Speicherinhalt ist:

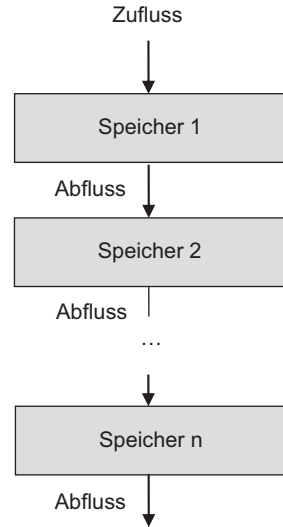
$$A_i = kV_i. \quad (2.2)$$

k ist die **Speicherkonstante** bzw. der **Auslaufkoeffizient** des Speichers.

Basis des Modells ist also eine **Linearspeicherkaskade**, d. h. eine Abfolge mehrerer hintereinander geschalteter Linearspeicher. Der Abfluss aus einem Speicher ist der Zufluss für den folgenden Speicher (Abb. 2.3). Als Antrieb für die Prozesse in der Linearspeicherkaskade muss daher nur der Zufluss in den ersten Speicher der Kaskade vorgegeben werden. Dies ist im Beispiel des N-A-Modells der Niederschlag. Die Parameter der Linearspeicherkaskade sind die Auslaufkoeffizienten der Speicher.

- **Übung 1: Linearspeicher** 1.1 Öffnen Sie eine neue Excel-Datei. Speichern Sie die Datei unter dem Namen „N-A-Modell.xlsx“ ab. Geben Sie dem ersten Tabellenblatt in der Datei den Namen „Linearspeicher1“ und schreiben Sie in seine Zelle A1 die Überschrift „Abfluss aus einem einzelnen Linearspeicher“.

Abb. 2.3 Kaskade aus n Speichern



Auf dem Tabellenblatt „Linearspeicher 1“ soll untersucht werden, wie sich der Abfluss aus einem Linearspeicher entwickelt, wenn eine Zeitreihe von Zuflüssen vorgegeben wird. Entscheidend ist dabei die Speicherkonstante bzw. der Auslaufkoeffizient k . Damit die Gleichungen zur Berechnung des Abflusses nicht jedes Mal geändert werden müssen, wenn der Wert des Auslaufkoeffizienten modifiziert wird, wird dieser nicht explizit in die Gleichungen hineingeschrieben, sondern separat in einer Tabellenzelle angegeben, auf die in den Gleichungen Bezug genommen wird.

- 1.2 Schreiben Sie in Zelle A3 die Bezeichnung des Parameters, also „ k “, und in die Zelle dahinter (B3) seinen Wert, z. B. 0,1. Beachten Sie, dass $0 \leq k \leq 1$ gelten muss!

Die Gleichung zur Berechnung des Abflusses lautet $A_i = k V_i$. Das Volumen V_i hat die Dimension Volumen, der Abfluss A_i die Dimension Volumen/Zeit. Daher muss k die Dimension 1/Zeit haben und in einer Einheit wie 1/s oder 1/d angegeben werden, worin d für das lateinische Wort *dies* („Tag“) steht. Zum Testen des Einzelspeichers werden allerdings rein fiktive Werte verwendet, deren Einheit nicht feststeht. Daher wird an dieser Stelle auf die Angabe einer Einheit verzichtet. Sonst ist dies nicht zulässig!

- 1.3 Legen Sie eine Tabelle für die Berechnungen an (Abb. 2.4). In die Spalte A kommt die Nummer i des Zeitschrittes. Dreißig Zeitschritte werden vorgesehen. Der vorzugebende Zufluss in den Speicher wird in der Spalte B angegeben und mit Z bezeichnet. Das gespeicherte Volumen und der Abfluss werden in den Spalten C und D berechnet.

Hydrologische Modellierung- Ein Einstieg mithilfe von
Excel

Eckhardt, K.

2014, V, 74 S. 36 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-642-54094-3