

Wasserwirtschaftliche Bilanzierung

Jeder Grundwasservorratsnachweis muss auf regional kontrollfähige Wasserbilanzen zurückgeführt werden können. Die entscheidende Bilanzgrundlage bildet die Aufstellung der Bilanzgleichung. Nach einem Bilanzschema werden durch Gegenüberstellung der sich aus den Bilanzen ergebenden Gesamtwasserressourcen des jeweiligen Bilanzgebietes, der potentiellen Grundwasserneubildung sowie der Grundwasserentnahmen, einschließlich bereits vorliegender aber nicht genutzter Grundwasserdargebotsberechnungen, die noch verfügbaren Grundwasserressourcen ermittelt.

Hinweis: Der folgende Einzelbeitrag ist ein Auszug aus Löffler & Meinert "Ausgewählte Forschungs- und Erkundungsergebnisse auf dem Gebiet der Hydrogeologie in der DDR" in dem 2011 veröffentlichten Teil II der „Geschichte der Geowissenschaften in der DDR“ von M. Guntau, O. Hartmann, W. Pälchen, M. Störr (Schriftenreihe für Geowissenschaften Heft 18/2010).

Die Bilanzierung (N. MEINERT)

Der Grundgedanke für die komplexe Verknüpfung hydrogeologischer und wasserwirtschaftlicher Sachverhalte als Basis für die quanti- und qualitative Bewertung der Grundwasserressourcen ist die naturgegebene Einheit von Grund- und Oberflächenwasserhaushalt. In diesem Zusammenhang sei der Doppelcharakter des unterirdischen Wassers hervorgehoben. Es ist einmal Element des Wasserkreislaufes und zum anderen Bodenschatz und damit Element der Erdkruste.

Aus diesem Grund muss jeder Grundwasservorratsnachweis auf regional kontrollfähige Wasserbilanzen zurückgeführt werden können. Die entscheidenden Bilanzgrundlagen – weil mess- und reproduzierbar – sind:

- Die flächenbezogenen, klar abgegrenzten oberirdischen Einzugsgebiete mit repräsentativen Durchflussmessstellen;
- Die Grundwassergleichenpläne mit Abgrenzung der unterirdischen Einzugsgebiete;
- Die Oberflächen- und Grundwasserüberleitungen (künstliche Ab- und Einleitungen von Wasser, die nicht in den Durchflussmessstellen erfasst werden) und
- Grundwasser- sowie Oberflächenwassernutzungen (Entnahmen, Einleitungen, Nutzungsverluste) innerhalb des Bilanzgebietes.

Das betrifft die Mengenbilanz. Hinsichtlich der Entscheidung über die Nutzbarkeit der mengenmäßig nachgewiesenen Grundwasserressourcen kommt noch das Kontrollkriterium Wasserbeschaffenheit – nachweisbar anhand von Wasseranalysen – hinzu.

Für die Aufstellung der Bilanzgleichung ist von nachfolgenden Überlegungen auszugehen.

Nach DYCK (1980) werden unter „Wasserbilanzen“

Bilanzgleichungen der Wasserhaushaltsgrößen für verschiedene Zeit- und Raummaßstäbe ohne Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens hydrologischer Prozesse verstanden.

Die Grundgleichung für eine bestimmte Fläche und einen bestimmten Zeitraum lautet:

$$P_A - E_A \pm \Delta W = R_A \quad (1)$$

P_A - Niederschlagshöhe
 E_A - Verdunstungshöhe
 ΔW - Wasservorratshöhe
 R_A - Abflusshöhe

Diese Grundgleichung ist für die Untersuchung des Wasserhaushaltes von selbstständigen Landschaftseinheiten (also auch Teileinzugsgebieten, Flussteilgebieten, nicht geschlossenen Einzugsgebieten u. a.) nach DYCK 1980 zu erweitern:

$$„P + Q_i + RU_i - Q_0 - RU_0 - \Delta W = 0“ \quad (2)$$

$Q_{i,0}$ - oberirdische Zu- und Abflüsse
 $RU_{i,0}$ - unterirdische Zu- und Abflüsse

Wird die Bilanzgleichung aus über längeren Zeiträumen gemittelten Jahressummen der Wasserhaushaltsgrößen bestimmt, gleichen sich die Speicheränderungen aus und ΔW kann vernachlässigt werden.

Von den Wasserhaushalts- oder hydrologischen Bilanzen ist die wasserwirtschaftliche Bilanz zu unterscheiden. Mit dieser Bilanz werden Dargebot und Bedarf bilanziert. Die hydrologischen Bilanzen dienen der quantitativen Beschreibung des Wasserhaushaltes.

Mit der wasserwirtschaftlichen Bilanz wird die wasserwirtschaftliche Situation in dem betrachteten Gebiet analysiert.

DYCK (1980) weist darauf hin, dass bei signifikanten anthropogenen Einflüssen auf die natürlichen Elemente der Wasserhaushaltsgleichung entweder eine Bereinigung der Eingangsgrößen oder die Einführung gesonderter Wasserhaushaltselemente wie Entnahme, Einleitungen oder Vorratsänderungen (z. B. Bergbau) vorzunehmen sind.

Welche Form der Wasserbilanz zu wählen ist, hängt von der entsprechenden Aufgabenstellung ab. Daher sollte Aufgabenstellung nach DYCK (1980) enthalten:

- die hydrologisch-wasserwirtschaftliche Zielstellung
- die Bezeichnung des zu bilanzierenden Gebietes (Anm.: besser die reproduzierbare, begründete Abgrenzung des Einzugsgebietes)
- den Zeitmaßstab der geforderten Aussage
- die erwartete Zuverlässigkeit der Aussage

Sowohl die ungünstige hydrologische Disposition (Niederschlag – Verdunstung – Abfluss - Dargebot) als auch der hohe Wasserbedarf von Industrie und Landwirtschaft führten in der DDR zu einer sehr kritischen Situation hinsichtlich der Bereitstellung der erforderlichen Wassermengen (Abb. 1).

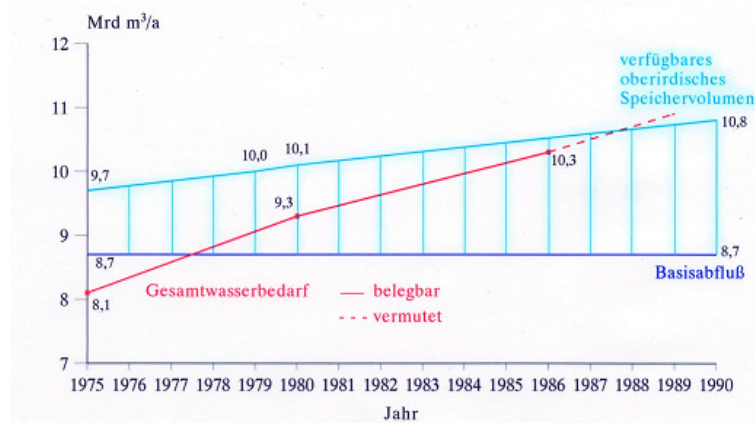


Abbildung 1: Stabiles Wasserdargebot (ROOS & STREIBEL 1979, KADEN 1983)

Aus der geologischen Disposition des Territoriums resultierte schließlich eine weitere Einschränkung. Die durchschnittliche Teufe der Versalzungsgrenze von 200 m gestattete nicht die Erschließung von „unterirdischen Seen“, oder fachlich besser ausgedrückt „statischen“, nach der TGL ausgedrückt „Grundwasserlagerstättenvorräten“. Ebenso resultiert aus der geologischen Position des Territoriums die unmittelbare Wechselwirkung zwischen

Grund- und Oberflächenwasser, d. h., die einmal in den Untergrund versickerten Niederschläge bilden das Grundwasser und speisen in niederschlagsarmen oder Trockenzeiten die Oberflächenwässer. Umgekehrt versinken Oberflächenwässer infolge von konzentrierter Grundwassernutzung (Grundwasserabsenkung) oder bei entsprechender morphologischer Disposition des Geländes in den Untergrund und werden zu Grundwasser. Aus all dem bisher Dargelegten ergab sich die naturbedingte Notwendigkeit einer sehr engen, über das übliche Maß der interdisziplinären Zusammenarbeit hinausgehenden Kooperation zwischen Hydrogeologie und Wasserwirtschaft, d. h. also zwischen den Organen und Einrichtungen der Industriezweige Geologie sowie Umweltschutz und Wasserwirtschaft.

Schrittweise entwickelte sich in diesem Prozess die Methodik der wasserwirtschaftlichen Bilanzierung des Grundwassers (der Grundwasserressourcen oder nach DIN 4049 des Grundwasserdargebotes).

Bei der Bilanzierung wurde von dem Bilanzschema nach MEINERT (Abb. 2) ausgegangen. Danach werden durch Gegenüberstellung der sich aus den Bilanzen ergebenden Wasserressourcen des jeweiligen Bilanzgebietes, der potenziellen Grundwasserneubildung (Q_R und Q_{ZU}) sowie der Grundwasserentnahmen, einschließlich bereits vorliegender aber nicht genutzter Grundwasserdargebotsberechnungen, die noch verfügbaren Grundwasserressourcen ermittelt. Bei den Bilanzgebietspegeln werden die MQ-Werte für die Weiterberechnung verwendet.

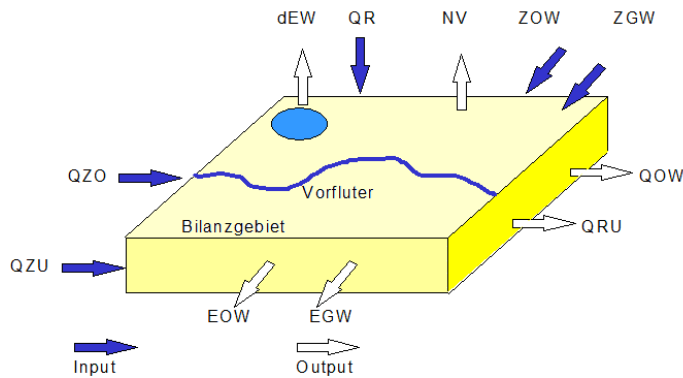


Abbildung 2: Bilanzschema (nach MEINERT 1986)

Für die Bilanzen werden demnach folgende Größen ermittelt bzw. übernommen:

$$\text{Zugänge} = Q_R + Q_{ZO} + Q_{ZU} + Z_{OW} + Z_{GW} \text{ (in Tm}^3\text{/d)}$$

- Q_R Gebietsspezifischer Gesamtfluss aus Niederschlägen
- Q_{ZO} Oberirdischer Zufluss in das Bilanzgebiet mit MQ-Messwert des Pegels oder Korrelationswert für Berechnungspunkt – falls vorhanden
- Q_{ZU} Grundwasserzufluss in das Bilanzgebiet, der sich aus einem über die Bilanzgebietsgrenze hinausgehenden unterirdisch zugehörigen Einzugsgebietsteil ergibt. Die Berechnung erfolgt, da der oberirdische Abfluss zumeist vernachlässigbar klein ist, als anteilige GW-Neubildung.
- Z_{OW} Künstliche oberirdische Ein-/Überleitungen in das Bilanzgebiet – falls vorhanden
- Z_{GW} Grundwasserhebung in Wasserwerken durch Anzapfen der „RU-Flächen“ im Bilanzgebiet.
- Nutzungsverluste (NV) werden bei der Nutzung im BG als Q_{dNV} ausgewiesen. – falls vorhanden

$$\text{Abgänge} = E_{OW} + E_{GW} + NV + dE_w + Q_{OW} + Q_{RU} \text{ (in Tm}^3\text{/d)}$$

- E_{OW} oberirdische Ableitungen/Überleitungen in benachbarte Bilanzgebiete – falls vorhanden
- E_{GW} Grundwasserentzug durch GW-Hebungen in RU-Flächen benachbarter Bilanzgebiete, die zum unterirdischen Einzugsgebiet (ZU-Fläche) des betrachteten BG gehören (Minderung des Q_{ZU}) – falls vorhanden
- NV Die Nutzungsverluste aus den Grundwasserhebungen des Bilanzgebietes nach vom ehemaligen Institut für Wasserwirtschaft ermittelten Richtwerten bestimmt (Abb. 3).

VG	Verlust in %	Verbraucher
1a	10	Einzelversorgung, Kommunale Wasserversorgung, bergbauliche Wasserhebungen/Einleitungen
1b	20	Zentrale Versorgung
IB)*	20	Wasserwerke mit Überleitungen in andere Bilanzgebiete (Z_{OW})
2a	30	Industrieller Nutzer
2b	20	Gewerbegebiete (eigene Förderung)
2c	90	Landwirtschaft (Tierzucht)
3a	50	Kühlwasser (bei Kreislaufnutzung) Fernwärmebetriebe, Staubewässerung
3b	10	Fischzucht
4	70	Großkraftwerke
5	90	Kleingartenanlagen
6	100	Beregnungsanlagen Landwirtschaft/Obstbau

Abbildung 3: Verlustgruppe/Nutzungsverluste

Die gesamten Nutzungsverluste im Bilanzgebiet bestimmen sich auf der Basis der realen Entnahmen und Nutzungsarten mit Hilfe der o.g. Verlustraten sowie der nachstehenden möglichen zusätzlichen Verluste:

- dE_w Zusätzliche Gewässerverdunstung (Baggerseen, geflutete Tagebaurestlöcher u.a.)
- Q_{OW} Abfluss in Vorflutern aus dem Bilanzgebiet (gemessen oder berechnet)

Q_{RU} Grundwasserabfluss aus dem Bilanzgebiet

Aus den angeführten Grundgrößen wird zunächst ein theoretischer Gesamtabfluss R berechnet:

$$R = Q_R + Q_Z - Q_E$$

Durch Abzug des ermittelten unterirdischen Abflusses (Q_{RU}) aus dem Bilanzgebiet ergibt sich ein theoretischer Abfluss am Bilanzpegel (Q_{OW}), der mit dem gemessenen oder nach N-A-U-Atlas bestimmten Abfluss (MQ) verglichen wird. Über die Genauigkeit dieser Berechnung gibt nachstehender Quotient Auskunft:

$$\text{Gütekriterium } GK = \frac{Q_{OW}}{MQ} \cdot 100\%$$

Die Bilanz wird als hinreichend genau angesehen, wenn der Quotient

$$75\% \leq \frac{Q_{OW}}{MQ} \leq 125\%$$

ist. Die tatsächlich erreichten Genauigkeiten nach einer Analyse von 215 bearbeiteten Bilanzgleichungen ist aus Abbildung 4 ersichtlich.

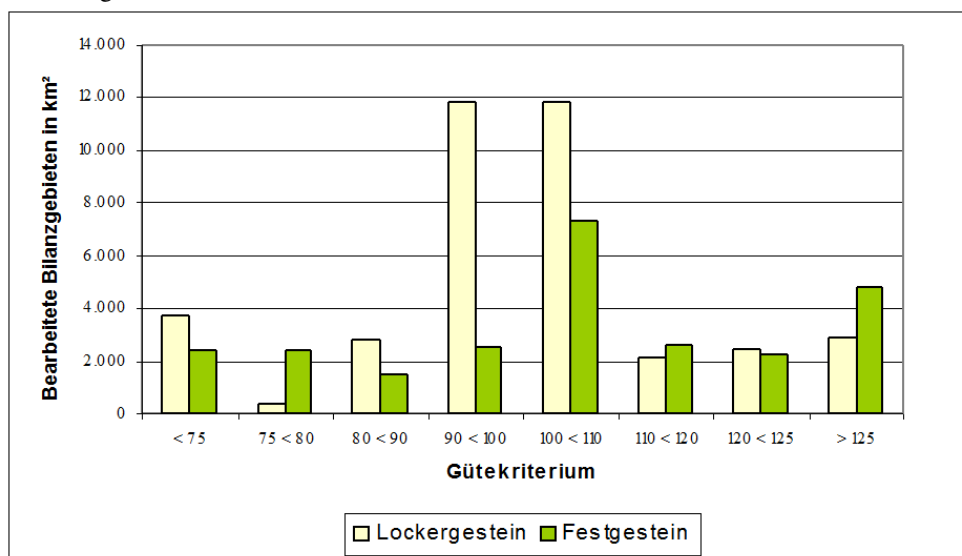


Abbildung 4: Erreichte Genauigkeiten bei regionalen Grundwasserbilanzierungen

Die verfügbare Wasserressource $Q_{\text{verf.}}$ im Bilanzgebiet lässt sich nach Absetzung des Mindestabflusses Q_L sowie der perspektivisch zu erwartenden Nutzungsverluste NV_P^* erkundeter Dargebote im Bilanzgebiet ableiten:

$$Q_{\text{verf.}} = MQ - (Q_L + NV_P)$$

Q_L Wasserwirtschaftlich erforderlicher Kleinstabfluss; festgelegt bzw. vorgegeben durch die zuständige Wasserwirtschaftsbehörde

NV_P Perspektivischer Nutzungsverlust für genehmigte, aber noch nicht realisierte Nutzungen

Die Sicherheit des Ergebnisses wird maßgeblich von der Zuverlässigkeit des MQ bestimmt (Gütekriterium).

Die Verfügbarkeit von Dargebotsanteilen ist nicht unmittelbar mit Nutzbarkeit gleichzustellen. Sie ist eine Information über das „freie“ Dargebot am Bilanzpegel des jeweiligen Gebietes unter mittleren Abflussbedingungen. Für die Nutzbarkeit sind sowohl der Standort als auch die Abflusssituation bei Niedrigwasser zu beachten.

Aus den vorstehenden Ermittlungen zur Gesamtbilanz lässt sich schließlich der verfügbare Grundwasseranteil wie folgt ermitteln:

$$GW_{\text{verf.}} = GW_N + Q_{ZU} + Z_{GW} - GW_H - Q_{RU} - E_{GW} - DGW_H - GW_{HP}$$

Dabei sind:

GW_N Grundwasserneubildung als anteilige Summe aus den Niederschlägen im Bilanzgebiet

Q_{ZU} Grundwasserzufluss in das Bilanzgebiet

Z_{GW} unterirdische Zuführung durch „Anzapfen“ benachbarter Bilanzgebiete durch Wasserwerke im Q_{RU} – Gebiet, falls vorhanden

- GW_H vorhandene Grundwasserhebungen/Entnahmemengen, wenn Angaben unvollständig → Summe der genehmigten Entnahme
 Q_{RU} Grundwasserabfluss aus dem Bilanzgebiet
 E_{GW} unterirdische Ableitung als Grundwasserentzug durch Wasserwerke im benachbarten Bilanzgebiet, Q_{ZU} -Fläche, falls vorhanden
 DGW_H Differenz zwischen genehmigter und aktueller Entnahme, falls komplette Angaben zur Entnahme vorliegen, ansonsten = 0
 GW_{HP} bestätigte Grundwasserdargebote, als perspektivische Wassererhebungen, die zum Bilanzzeitpunkt noch nicht genutzt werden

Diese Bilanzierungen wurden nicht nur unter Beachtung geowissenschaftlicher und technisch-ökonomischer Kriterien durchgeführt. Die Zentrale Vorratskommission (ZVK und später die Staatliche Vorratskommission StVK) war eine Autoritätsinstitution. Vor dieser Institution mussten die Grundwasservorratsberechnungen (Bilanzierungen) verteidigt werden. Trotz wirtschaftlicher und politischer Restriktionen und Zielstellungen der Tagespolitik wurden stets Aspekte der Zukunft beachtet. Für wissenschaftliche neue Erkenntnisse war man offen. Umweltschutz (Auswirkungen des Grundwassereingriffs auch auf andere aquatische Systeme wie Oberflächengewässer, Feucht- und Naturschutzgebiete sowie die Relation von Aufwand und Nutzen bzw. volkswirtschaftlicher Effizienz waren stets im Blickfeld der Beurteilungen und Entscheidungen (geologisch-ökonomische Analyse; Abb. 5). Nicht ohne Grund waren bestätigte Grundwasservorräte eine zwingende Voraussetzung für die Durchführung wasserwirtschaftlicher Investitionen.

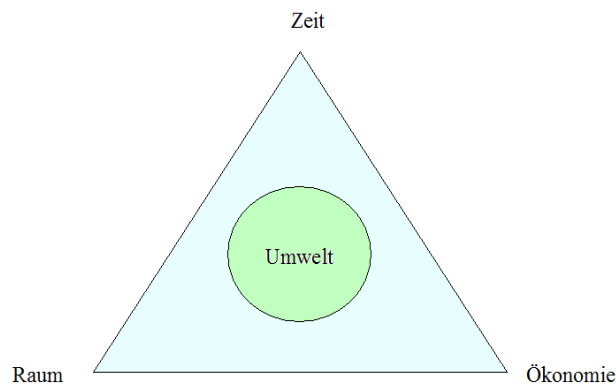


Abbildung 5: Umwelt im Feld von

Das entwickelte Bilanzierungsschema spiegelt die naturwissenschaftlich begründeten Wasserhaushaltsprozesse wider. Daher war es selbstverständlich, dass auch nach 1990 die entwickelte Bilanzierungsmethodik für relevante Aufgaben Anwendung finden konnte. So wurde für den vom Braunkohlebergbau und seine Folgemaßnahmen belasteten Raum Cottbus (Einzugsgebiete Spree, Schwarze Elster u.a.) mit den aktuellen veränderten Nutzungsdaten (Wasserentnahmen, Einleitungen, Flutungen) nach der Prognosemethodik Cottbus 1986 eine aktuelle Wasserdarstellungsprognose erarbeitet. Im Auftrag der Behörden des Landes Sachsen-Anhalt wurden im Rahmen der Umsetzung der WRRL (weitergehende Beschreibung) sogenannte „Grundwasserkataster“ für wasserhaushaltlich kritische Gebiete (u.a. im Fläming) auf der Basis der entwickelten aktualisierten Bilanzierungsmethodik 1998-2009 erarbeitet.

Das praktikable Verfahren wurde für regionale Bilanzierungen entwickelt und ist hauptsächlich für diese Zwecke angewendet worden. Standortspezifische Fragestellungen zur Grundwassergewinnung, zu Schadstoffeinträgen / Altlastensanierungen, zur Sicherung von Landökosystemen oder zu Grundwasserabsenkungsmaßnahmen machen spezifische hydrologische Berechnungen zur Grundwasserneubildung erforderlich. Punktgenaue Aussagen für lokale oder auch regionalbegrenzte Vorhaben erfordern geohydraulische Modellierungen.

Literatur

- DYCK, S.: Angewandte Hydrologie.- Verlag für Bauwesen, Berlin, 2. Auflage 1980
 KADEN, S.: EDV-gestützte Grundwasserbewirtschaftung in der DDR.- Mitt. Dt. Inst. f. Wasserwirtschaft M. 45; VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1983
 MEINERT, N.: Grundwasservorratsprognose Bericht Cottbus.- unveröff., VEB Hydrogeologie 1986
 ROOS, H. & STREIBEL, G.: Umweltgestaltung und Ökonomie der Naturressourcen.- Verl. Die Wirtschaft, Berlin 1979