

# Inhalt

- Vorwort zur 2. Auflage ..... XII**
- Vorwort zur 1. Auflage .....XIV**
- An die Quelle..... XVIII**
- 1.        Allgemeines, Begriffe, Gesetze und Normen ..... 1**
  - 1.1        Allgemeines ..... 1
    - 1.1.1      Historisches..... 1
    - 1.1.2      Quellen im Spiegel der Literatur ..... 22
  - 1.2        Einige Kennzahlen der deutschen Wasserversorgungswirtschaft..... 24
  - 1.3        Quellfassungen in der Wasserversorgungswirtschaft ..... 29
  - 1.4        Gesetze, Normen und technische Regeln..... 35
  - 1.5        Quellenmanagement: Begriffe ..... 41
- 2.        Quellen als Lebensraum..... 45**
  - 2.1        Natürliche Quellen als Ursprung der Fließgewässer ..... 45
  - 2.2        Lebensraum Quelle..... 51
  - 2.3        Gefährdungen natürlicher Quellen ..... 62
- 3.        Charakterisierung von Quellen..... 77**
  - 3.1        Quellbildung, Klassifizierung und Abflussverhalten ..... 77
    - 3.1.1      Quellbildung ..... 77
    - 3.1.2      Klassifizierung von Quellen..... 80
    - 3.1.3      Abfluss- und Schüttungsverhalten von Quellen..... 90
  - 3.2        Quellcharakterisierung nach der Richtung des Quellaustritts ..... 118

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 3.2.1     | Quellen im Verschnittbereich unterschiedlich durchlässiger Gesteine . . . . . | 118        |
| 3.2.2     | Quellen mit aufsteigender Wasserbewegung zur Geländekontur . . . . .          | 124        |
| 3.2.3     | Karstquellen . . . . .  | 126        |
| 3.2.4     | Submarine Quellaustritte . . . . .  | 141        |
| 3.2.5     | Quellentypen mit lokaler Namensgebung . . . . .                               | 146        |
| 3.3       | Quellcharakterisierung nach der Schüttungsmenge . . . . .                     | 148        |
| 3.3.1     | Perennierende Quellen . . . . .   | 148        |
| 3.3.2     | Intermittierende Quellen . . . . .  | 152        |
| <b>4.</b> | <b>Erkundung von Quellwasservorkommen . . . . .</b>                           | <b>157</b> |
| 4.1       | Vorbereitende Arbeiten . . . . .  | 157        |
| 4.1.1     | Datenrecherche . . . . .  | 157        |
| 4.1.2     | Kartenauswertung . . . . .  | 159        |
| 4.2       | Kartierungsarbeiten . . . . .   | 161        |
| 4.2.1     | Geländemorphologie . . . . .  | 161        |
| 4.2.2     | Vegetation . . . . .  | 164        |
| 4.2.3     | Temperatureffekte . . . . .   | 166        |
| 4.2.4     | Gesteinseigenschaften . . . . .   | 168        |
| 4.2.4.1   | Lockergesteine . . . . .  | 168        |
| 4.2.4.2   | Festgesteine . . . . .  | 176        |
| 4.2.4.3   | Übergangsformen . . . . .   | 184        |
| 4.2.5     | Grundwasseraufschlüsse . . . . .  | 186        |
| 4.3       | Auswertung von Quellschüttungsmessungen . . . . .                             | 189        |
| 4.4       | Auswertung von Temperatur-, Leitfähigkeits- und Trübungsmessungen . . . . .   | 196        |
| 4.5       | Aufstellung einer Wasserbilanz . . . . .                                      | 198        |
| 4.6       | Rammkernsondierungen und Baggerschürfe . . . . .                              | 206        |
| 4.7       | Bohrungen und Pumpversuche . . . . .  | 210        |
| 4.8       | Geophysikalische Untersuchungsmethoden . . . . .                              | 213        |
| 4.9       | Markierungsversuche . . . . .   | 217        |
| 4.9.1     | Einführung . . . . .  | 217        |
| 4.9.2     | Typen von Markierungsstoffen . . . . .  | 218        |
| 4.9.3     | Auswahl der Tracer, Eingabemengen und Eingabetechniken . . . . .              | 221        |
| 4.9.4     | Probenahme und Monitoring . . . . .   | 223        |
| 4.9.5     | Analytik von Fluoreszenzfarbstoffen . . . . .                                 | 224        |
| 4.9.6     | Auswertung und Interpretation . . . . .                                       | 226        |
| 4.10      | Isotopenuntersuchungen . . . . .  | 230        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>5.</b> | <b>Einflussfaktoren auf die Quellwasser-<br/>beschaffenheit</b> .....             | <b>239</b> |
| 5.1       | Hydrochemische Charakterisierung von<br>Quellwässern. ....                        | 239        |
| 5.2       | Indikatoren für chemische und mikrobiologische<br>Gefährdungspotenziale .....     | 245        |
| 5.3       | Typisierung von Quellwässern und Grenzwerte<br>von Wasserinhaltsstoffen .....     | 271        |
| 5.4       | Ursachen von Gefährdungen für Quellen. ....                                       | 280        |
| 5.4.1     | Gefährdung durch die Konstruktion der<br>Quellfassung .....                       | 280        |
| 5.4.2     | Gefährdung durch die Nutzung des Quellumfeldes .                                  | 291        |
| 5.4.3     | Gefährdung durch den Betrieb der Quelle .....                                     | 307        |
| <b>6.</b> | <b>Bau von Quellfassungen</b> .....   | <b>317</b> |
| 6.1       | Frühe Zeugnisse von Quellfassungen. ....  | 317        |
| 6.2       | Bauformen und Ausführungsgrundsätze .....   | 320        |
| 6.3       | Methoden zur Fassung absteigender Quellen .....                                   | 350        |
| 6.4       | Methoden zur Fassung aufsteigender Quellen. ....                                  | 372        |
| 6.5       | Schachtbrunnen als Übergangsfassungsform zum<br>Bohrbrunnen .....                 | 374        |
| 6.6       | Ökologische Aspekte beim Bau von Quellfassungen                                   | 389        |
| <b>7.</b> | <b>Betrieb von Quellfassungen</b> .....   | <b>401</b> |
| 7.1       | Anforderungen an den Betrieb von Quellfassungen .                                 | 401        |
| 7.2       | Messung der Quellschüttung .....  | 422        |
| 7.3       | Hydrochemische und mikrobiologische<br>Überwachung. ....                          | 433        |
| 7.4       | Maßnahmen zur Hygiene in Quellfassungen. ....                                     | 440        |
| 7.5.      | Aufbereitung von Quellwasser .....  | 453        |
| 7.5.1     | Wichtige Aufbereitungsziele .....   | 453        |
| 7.5.2     | Aufbereitungsverfahren. ....  | 456        |
| 7.5.2.1   | Trübstoff- bzw. Partikelentfernung. ....  | 456        |
| 7.5.2.2   | Einige Aspekte zur Desinfektion des Quellwassers<br>vor der Netzeinspeisung ..... | 464        |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 7.5.2.3  | Entsäuerung und Aufhärtung .....                                 | 467        |
| 7.5.2.4  | Entfernung von Huminstoffen .....                                | 473        |
| 7.5.2.5  | Entfernung von Aluminium .....                                   | 474        |
| 7.5.3  | Allgemeine Hinweise zur Aufbereitung von Quellwässern .....      | 474        |
| 7.6  | Monitoring von natürlichen Quellaustritten .....                 | 475        |
| <b>8. Praktische Durchführung einer Quellsanierung .....</b> |  | <b>491</b> |
| 8.1  | Problemdefinition .....  | 491        |
| 8.2  | Vorerkundungsarbeiten .....                                      | 496        |
| 8.2.1  | Bestandsunterlagen .....   | 496        |
| 8.2.2  | Geländebegehung und Bestandsaufnahme .....                       | 497        |
| 8.2.3  | Abflussmessungen .....   | 498        |
| 8.2.4  | Kamerabefahrung und Quellstrangortung .....                      | 498        |
| 8.2.5  | Rammkernsondierungen und temporäre Grundwassermessstellen .....  | 498        |
| 8.2.6  | Baggerschürfe .....  | 500        |
| 8.2.7  | Tracergasmessungen mittels Formiergas .....                      | 502        |
| 8.2.8  | Markierungsversuche .....  | 503        |
| 8.2.9  | Vermessungsarbeiten .....  | 503        |
| 8.3  | Sanierungsplanung .....  | 504        |
| 8.3.1  | Hydrogeologische Geländeschnitte .....                           | 505        |
| 8.3.2  | Geplanter Quellausbau .....                                      | 509        |
| 8.3.3  | Neuer Quellsammelschacht .....                                   | 511        |
| 8.3.4  | Auslaufbauwerk .....   | 515        |
| 8.4  | Leistungsverzeichnis .....                                       | 518        |
| 8.5  | Auswahl des durchführenden Unternehmens .....                    | 521        |
| 8.6  | Wasserrechtliche Genehmigung .....                               | 524        |
| 8.7  | Ablauf von Quellsanierungsarbeiten .....                         | 527        |
| 8.7.1  | Baustraße und Lagerflächen .....                                 | 527        |
| 8.7.2  | Baustelleneinrichtung .....                                      | 527        |
| 8.7.3  | Rückbau der Fassungsbereichsabzäunung .....                      | 528        |
| 8.7.4  | Freimachen des Baugeländes .....                                 | 528        |
| 8.7.5  | Geländeabtrag und Anlegen der Quellbaugrube .....                | 528        |
| 8.7.6  | Freilegen der alten Quellfassung und Ablaufleitung .....         | 529        |
| 8.7.7  | Einbau der Quellfassung und der Ablaufleitung .....              | 531        |
| 8.7.8  | Verfüllung der Quellbaugrube .....                               | 533        |
| 8.7.9  | Einbau des Quellsammelschachtes und der Grundablassleitung ..... | 534        |
| 8.7.10   | Geländemodellierung .....  | 534        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 8.7.11     | Quellbausteine, Abzäunung, Vermessungsarbeiten und Bestandspläne . . . . . | 535        |
| 8.7.12     | Räumen der Baustelle . . . . .   | 537        |
| 8.8        | Bauüberwachung und baubegleitende Ausführungsplanungen . . . . .           | 537        |
| 8.9        | Entsorgung von Bau- und Aushubrückständen . . . . .                        | 538        |
| 8.10       | Arbeitssicherheit . . . . .  | 538        |
| <b>9.</b>  | <b>Rückbau und Renaturierung von Quelfassungen . . . . .</b>               | <b>539</b> |
| 9.1        | Grundsätzliche Überlegungen. . . . .                                       | 539        |
| 9.2        | Rückbau baulicher Anlagen . . . . .  | 541        |
| 9.3        | Rückbau oberirdischer und begehrbarer Anlagenteile. . . . .                | 544        |
| 9.3.1      | Rückbau mit Ausleitung des Quellwassers über den Grundablass . . . . .     | 544        |
| 9.3.2      | Rückbau mit Ausleitung des Quellwassers über die Ablaufleitung . . . . .   | 546        |
| 9.4        | Rückbau unterirdischer, nicht begehrbarer Anlagenteile. . . . .            | 547        |
| <b>10.</b> | <b>Abgrenzung und Überwachung von Quellschutzgebieten . . . . .</b>        | <b>553</b> |
| 10.1       | Abgrenzungskriterien für Quellschutzgebiete . . . . .                      | 553        |
| 10.1.1     | Quelleinzugsgebiet . . . . .   | 555        |
| 10.1.2     | Grundwasserfließgeschwindigkeit . . . . .                                  | 556        |
| 10.1.3     | Grundwasserüberdeckung. . . . .  | 556        |
| 10.2       | Beurteilung der Vulnerabilität von Quelleinzugsgebieten . . . . .          | 561        |
| 10.3       | Bemessung und Abgrenzung von Quellschutzgebieten . . . . .                 | 564        |
| 10.3.1     | Grundsätzliche Einteilung eines Quellschutzgebietes . . . . .              | 564        |
| 10.3.2     | Fassungsbereich (Zone I) . . . . .   | 565        |
| 10.3.3     | Engere Schutzzone (Zone II) . . . . .                                      | 567        |
| 10.3.4     | Weitere Schutzzone (Zone III) . . . . .                                    | 569        |
| 10.3.5     | Schutzgebietslageplan. . . . .   | 571        |
| 10.3.6     | Schutzgebietsverordnung . . . . .  | 572        |
| 10.3.7     | Bürgerbeteiligung . . . . .  | 573        |
| 10.4       | Überwachung von Quellschutzgebieten. . . . .                               | 573        |
| <b>11.</b> | <b>Thermische Nutzung von Quellwasser . . . . .</b>                        | <b>577</b> |
| 11.1       | Grundlagen . . . . .   | 577        |
| 11.2       | Thermische Leistungspotenziale von Quellen . . . . .                       | 580        |
| 11.3       | Fallbeispiel . . . . .   | 582        |

**Literaturverzeichnis ..... 587**

**Anhang ..... 615**

Beispiel eines Inspektionsprotokolls für die Begehung einer Quelfassungsanlage.  
Ergänzt nach Umweltbundesamt (2012) ..... 615

Beispiel eines Inspektionsprotokolls für die Begehung eines Schachtbrunnens.  
Ergänzt nach Umweltbundesamt (2012) ..... 618

Fotodokumentation einer Quellsanierung von der Vorerkundung bis zur Fertigstellung  
(Fotos von: Fa. Scharpf Wasserbau GmbH, Wasser-Müller Ingenieurbüro GmbH  
und H. Tauchmann) ..... 620

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit:  
Musterverordnung für Wasserschutzgebiete mit Arbeitshilfe zur  
Gestaltung des Schutzgebietskatalogs (Stand: 6. Juni 2003, überarbeitet 2010) ..... 630

Musterverordnung für Wasserschutzgebiete ..... 630  
mit Arbeitshilfe zur Gestaltung des Schutzgebietskatalogs  
(Stand: 6. Juni 2003, überarbeitet 2010) ..... 630

**Bilderverzeichnis ..... 643**

**Tabellenverzeichnis ..... 680**

**Stichwortverzeichnis ..... 687**