

## 5.5 Grundwasserbeschaffenheit

### 5.5.1 Allgemeine Charakteristik der Grundwasserbeschaffenheit

#### 5.5.1.1 Datengrundlage und Datendarstellung

Für die Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit wurden Datensätze folgender Herkunft verwendet:

- Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
- Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
- Untersuchungsergebnisse Dritter (Wasserversorger, Gutachten etc.)

Der Gesamtdatensatz wurde für die Auswertung und Charakterisierung der Grundwässer nach den hydrogeologischen Einheiten aufgeteilt. Die Zuordnung der Bohraufschlüsse zu den hydrogeologischen Einheiten erfolgte über die filterwirksame Strecke, hilfsweise über die Filterstrecke. Dabei blieben Analyseergebnisse aus mischverfilterten, d.h. aus hydrogeologischen Einheiten übergreifend verfilterten Brunnen und Grundwassermessstellen unberücksichtigt. Die Zuordnung der Quellen erfolgte über die im zugehörigen Einzugsgebiet verbreitete hydrogeologische Einheit.

Häufig lagen Mehrfachbeprobungen eines Grundwasseraufschlusses vor. Für die nachfolgenden statistischen Auswertungen wurde jedoch für jede Probenahmestelle nur der jeweils aktuellste Datensatz verwendet.

Als Kriterium der Datenqualität wurde ein Fehler in der Ionenbilanz von kleiner 10 % angesetzt. Analyseergebnisse mit größeren Bilanzfehlern blieben unberücksichtigt.

Die Anzahl der verbleibenden Datensätze ist, differenziert nach den hydrogeologischen Einheiten, in Tabelle 5.4 dargestellt.

Tab. 5.4: Anzahl der Datensätze, gegliedert nach der Zugehörigkeit zu den hydrogeologischen Einheiten.

Hydrogeologische Einheit	„Devonische Schiefer“ (dS)	„Devonische Wechselfolge“ (dW)	„Devonische Quarzite“ (dQ)	„Tertiäre Vulkanite“ (tV)	„Tertiäre Sedimente“ (tS)
Bohrlochaufschluss	5	40	14	39	3
Quelle	3	16	7	17	0
Summe	8	56	21	56	3

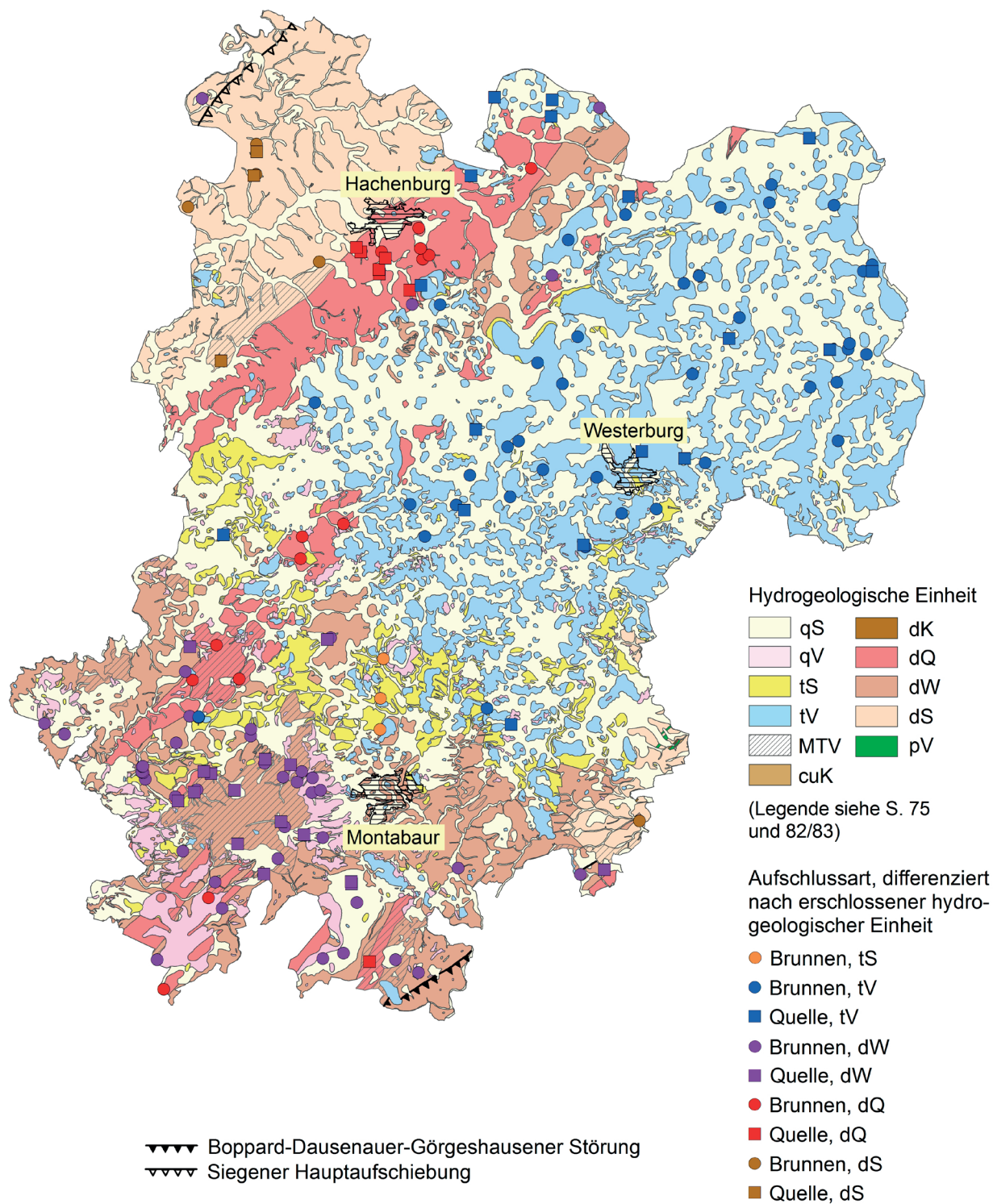


Abb. 5.28: Lage der Entnahmestellen auf der Basis einer vereinfachten Kartendarstellung der hydrogeologischen Einheiten.

Die Entnahmestellen sind über das gesamte Untersuchungsgebiet relativ gleichmäßig verteilt (Abb. 5.28), wobei eine gewisse Häufung von Brunnen und Quellen im Bereich der Montabaurer Höhe vorliegt. Viele Probenahmepunkte befinden sich südlich von Hachenburg, wo sie überwiegend die hydrogeologische Einheit „Devonische Quarzite“ erfassen. Die Mehrzahl der Messstellen erschließt allerdings die hydrogeologischen Einheiten „Devonische Wechselfolge“ und „Tertiäre Vulkanite“.

Zur allgemeinen hydrochemischen Charakterisierung der Grundwässer werden die Hauptinhaltsstoffe dargestellt in:

- Piper-Diagrammen (Äquivalentkonzentrationen) zur Typisierung der Grundwässer nach FURTAK & LANGGUTH (1967)
- Box-Whisker-Plots (jeweils Stoffkonzentrationen sowie elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert), die eine zusammenfassende Übersichtsdarstellung liefern. Als statistische Maßzahlen werden 25 %- und 75 %-Perzentil (box), Median, 5 %- und 95 %-Perzentil (whisker) sowie Minimum, Maximum und arithmetisches Mittel angegeben. Für die statistische Auswertung werden Stoffgehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit dem halben Wert der jeweiligen Bestimmungsgrenze angesetzt. Bei einer Anzahl der Datensätze kleiner 10 wird auf die Darstellung der statistischen Maßzahlen verzichtet. Zur Ergänzung werden die Analysenergebnisse als Punkte angegeben. Die Reihenfolge der hydrogeologischen Einheiten auf der Ordinate folgt den stratigraphischen Verhältnissen.

#### 5.5.1.2 Charakterisierung der Grundwässer nach hydrogeologischen Einheiten

Die wesentlichen Aspekte zur Grundwasserbeschaffenheit der hydrogeologischen Einheiten werden kurz skizziert und auf den folgenden Seiten näher beschrieben.

- Die geogen bedingten Inhaltsstoffe der Grundwässer sind in den hydrogeologischen Einheiten meist sehr gering, sodass die Medianwerte der elektrischen Leitfähigkeiten nur zwischen 100 und 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$  liegen. Aufgrund des überwiegend quarzbasierten Mineralbestandes befinden sich die lösungsärmsten Grundwässer in den „Devonischen Quarziten“. Kalkhaltige Deckschichten sowie ein gewisser Calciumanteil in den Sandsteinen und Schiefen können unter anderem zu einer etwas höheren Mineralisierung der Grundwässer in den „Devonischen Schiefen“ und der „Devonischen Wechselfolge“ führen. Den höchsten Medianwert der elektrischen Leitfähigkeiten weisen mit 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$  zwar die Grundwässer der „Tertiären Vulkanite“ auf, bei einer geringen Spannweite von 104 bis 280  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sind aber selbst hier die Lösungsinhalte durchweg sehr gering.
- Die Konzentrationen an Kationen und Hydrogenkarbonat sind in den Grundwässern der silikatischen Kluftgrundwasserleiter erwartungsgemäß niedrig.
- Die Nitrat-, Sulfat- und Chloridkonzentrationen der Grundwässer repräsentieren den natürlichen, ubiquitär überprägten Hintergrund. Nur vereinzelt treten deutlich erhöhte Konzentrationen auf, die vornehmlich aus anthropogenen Stoffeinträgen resultieren. Nitratwerte über der Qualitätsnorm für Grundwasser (50 mg/l) sind im gesamten Untersuchungsraum nicht anzutreffen.
- Die Sauerstoffgehalte zeigen eine große Spannweite, wobei erwartungsgemäß in den oberflächennahen Grundwasserleitern höhere Sauerstoffgehalte auftreten als in den Grundwässern aus tieferen Aquiferen. Mehrheitlich liegen die Sauerstoffgehalte über 6 mg/l. Werte unter 2 mg/l treten sehr vereinzelt und nur in den devonischen Grundwasserleitern auf.

- Etwa 25 % der Eisen- und Mangankonzentrationen in Grundwässern devonischer Gesteine liegen über dem Grenzwert der TrinkwV 2001. In den Grundwasservorkommen der „Tertiären Vulkanite“ finden sich insgesamt sehr geringe Eisen- und Mangangehalte.
- Die Wässer der devonischen Grundwasserleiter weisen meist schwach saure pH-Werte auf (Medianwert 6,2 bis 6,4). Ausgeprägte Versauerungserscheinungen aufgrund atmosphärischer Depositionen sind bei den untersuchten Messstellen nicht zu erkennen. Demgegenüber liegen die pH-Werte der Grundwässer in den „Tertiären Vulkaniten“ mit einem Medianwert von pH 7,1 im Neutralbereich, was durch das höhere Puffervermögen der Böden und Gesteine zu erklären ist.

#### 5.5.1.2.1 Devon: hauptsächlich Ton- und Siltschiefer, untergeordnet quarzitischer Sandstein sowie geschieferter Feinsandstein („Devonische Schiefer“)

Aufgrund der geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Analysenpunkte ist die Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit in dieser Einheit mit einer entsprechenden Unsicherheit behaftet.

#### Piper-Diagramm

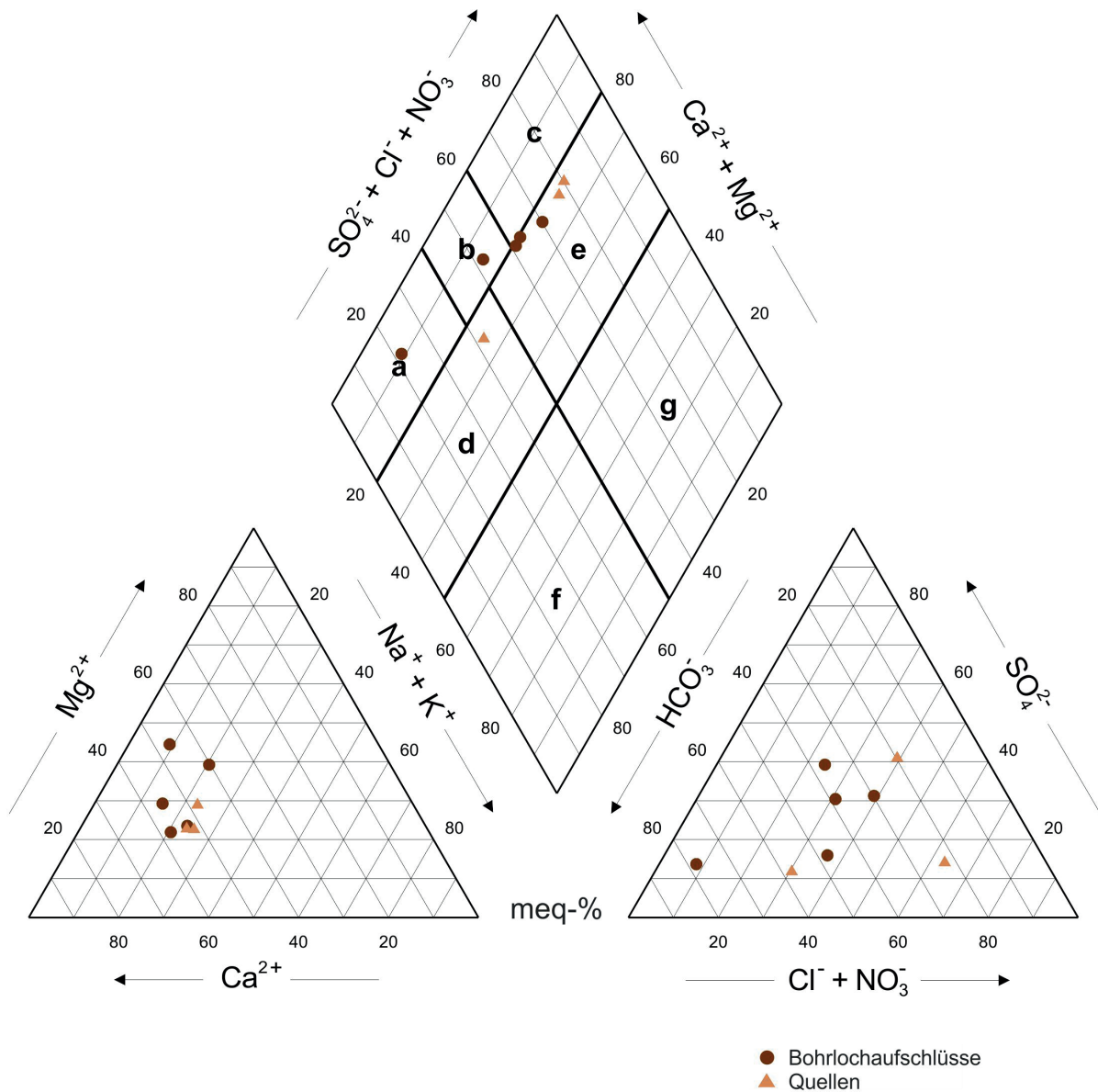
Bei den Grundwässern der „Devonischen Schiefer“ überwiegen auf der Kationenseite die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium. Auf der Anionenseite besteht eine höhere Variabilität der Zusammensetzung. Es treten sowohl höhere Hydrogencarbonatanteile, als auch erhöhte Anteile von Chlorid und Nitrat sowie Sulfat auf. Nach der Klassifikation von FURTAK & LANGGUTH (1967) lassen sich die Grundwässer im Wesentlichen als erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt vom Typ „überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch“ beschreiben.

#### Beschreibung der Analysenwerte

Die Calciumgehalte liegen vornehmlich im Bereich von 7 bis 21 mg/l. Der Medianwert beträgt 14 mg/l, der arithmetische Mittelwert 19 mg/l. Die Magnesiumkonzentrationen sind mit Werten von mehrheitlich 2 bis 7 mg/l und einem Medianwert von 4 mg/l insgesamt geringer. Der arithmetische Mittelwert liegt aufgrund des hohen Maximalwertes von 36 mg/l bei 8 mg/l. Auch der Anteil an Alkalien ist gering, wobei Natrium mit einem Medianwert und arithmetischem Mittelwert von 6 mg/l etwas höhere Gehalte aufweist als Kalium mit Werten meist kleiner 1 mg/l.

Bei den Anionen ist zwar das Hydrogencarbonat vorherrschend, mit einem Medianwert von 26 mg/l ist es dennoch nur in geringen Mengen im Grundwasser nachweisbar. Mit Ausnahme eines Maximalwertes von 311 mg/l liegen die Messwerte in einer Spannweite von 12 bis 57 mg/l. Der arithmetische Mittelwert beträgt 63 mg/l. Die Sulfat- und Nitratgehalte weisen einen Medianwert von 18 mg/l bzw. 8 mg/l sowie einen arithmetischen Mittelwert von 19 bzw. 11 mg/l auf. Bei den wenigen vorliegenden Messwerten ist lediglich ein Nitratwert mit 27 mg/l einem anthropogenen Stoffeintrag zuzurechnen. Die Chloridgehalte liegen zwischen 5 und 18 mg/l mit einem Medianwert von 10 mg/l und einem arithmetischen Mittelwert von 11 mg/l.

Die Eisengehalte liegen meist unter 0,08 mg/l, die Mangangehalte sind vorwiegend unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Die Sauerstoffgehalte der Grundwässer weisen eine Spannweite von 6,6 bis 9,6 mg/l auf.



Grundwassertypen nach Furtak & Langguth (1967)

Normal erdalkalische Wässer  
 a: überwiegend hydrogenkarbonatisch  
 b: hydrogenkarbonatisch-sulfatisch  
 c: überwiegend sulfatisch

Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt  
 d: überwiegend hydrogenkarbonatisch  
 e: überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch

Alkalische Wässer  
 f: überwiegend (hydrogen-)karbonatisch  
 g: überwiegend sulfatisch-chloridisch, überwiegend chloridisch

Abb. 5.29: Piperdiagramm aller verwendeten Analysen der hydrogeologischen Einheit „Devonische Schiefer“.

Die festgestellten Maximalkonzentrationen sind hauptsächlich einer Analyse zuzuweisen, die als einzige das Grundwasser der Ton- und Siltschiefer des Mittel- und Oberdevons erfasst, während die übrigen Entnahmestellen die Schichtenfolge des Siegens erschließen. Eine Beeinflussung durch die angrenzende hydrogeologische Einheit „Devonische Wechselfolge“ ist für diesen Brunnen zwar möglich, die höheren Werte dürften aber in einem vergleichsweise höheren Gehalt an feinverteiltem Kalk sowie an Pyrit in den Ton- und Siltschiefern des Mittel- und Oberdevons im Vergleich zu denen des Siegens begründet sein.

Auch bei den elektrischen Leitfähigkeiten weist das Grundwasser aus den Ton- und Siltschiefer des Mittel- und Oberdevons den Maximalwert auf. Ansonsten liegen die elektrischen Leitfähigkeiten im Bereich von 85 bis 214  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und weisen zusammen mit einem Medianwert von 145  $\mu\text{S}/\text{cm}$  auf eine geringe Gesamtmineralisation der Grundwässer hin. Der arithmetische Mittelwert beträgt 197  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Die pH-Werte, die zwischen 5,9 und 7,0 variieren, zeigen in Verbindung mit den geringen Erdalkalikonkonzentrationen ein überwiegend geringes Puffervermögen der vorliegenden Böden und Gesteine an, ohne dass jedoch Versauerungserscheinungen auftreten. Der Medianwert entspricht mit 6,3 in etwa dem arithmetischen Mittelwert von 6,4 und liegt damit im schwach sauren Bereich.

#### 5.5.1.2.2 Devon: Wechselfolge von quarzitischen Sandsteinen, Ton- und Siltschiefern („Devonische Wechselfolge“)

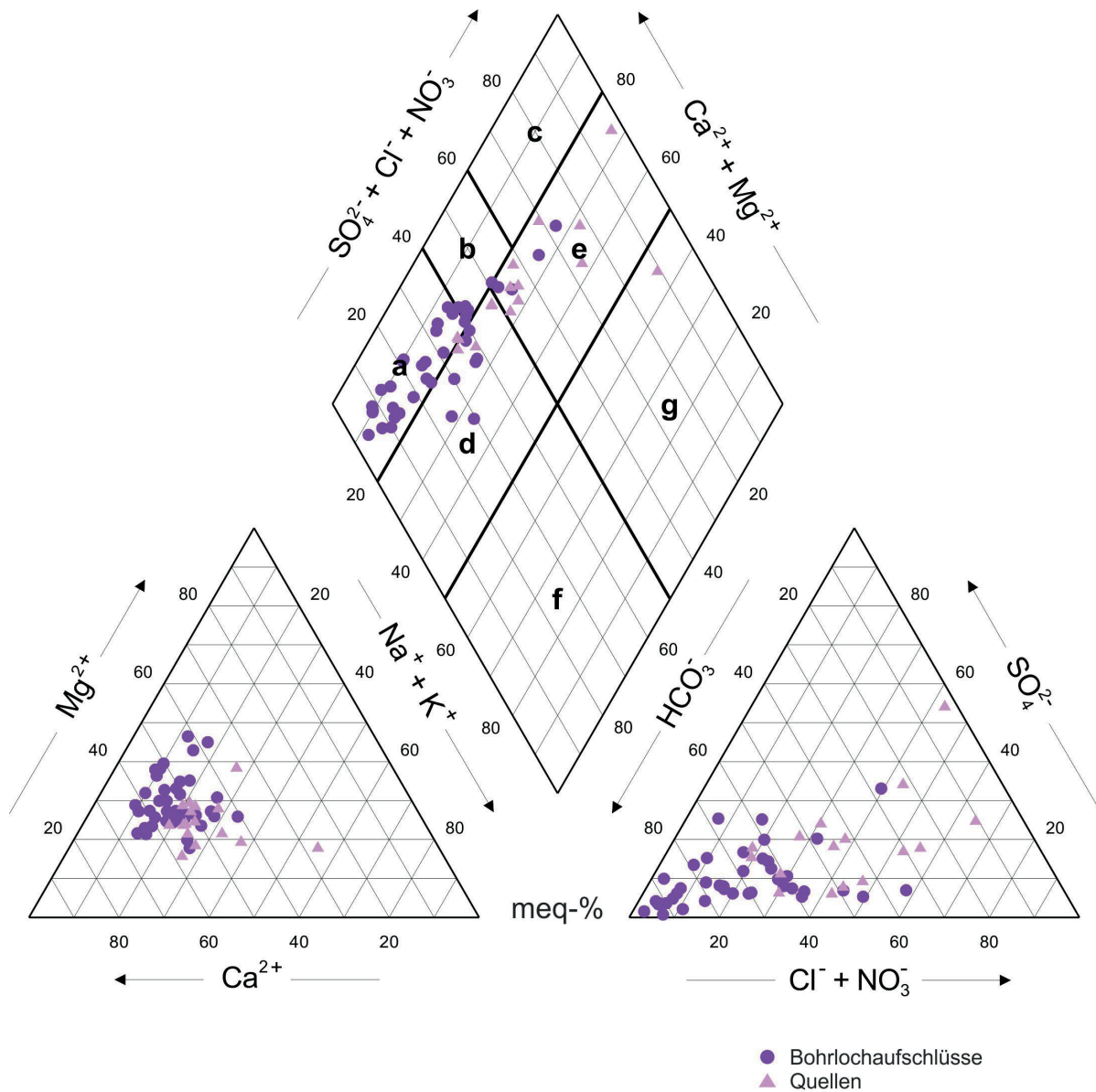
##### **Piper-Diagramm**

Die Hauptkationen der untersuchten Wässer aus der Einheit „Devonische Wechselfolge“ sind Calcium und Magnesium. Im Anionen-Dreieck ist die Streuung der darstellenden Punkte dagegen größer. Höhere Chlorid-, Nitrat- sowie Sulfatanteile zeigen sich vor allem in den Quellwässern, während bei den Entnahmen aus Brunnen und Grundwassermessstellen meist der relative Anteil an Hydrogenkarbonat dominiert. Dementsprechend liegen die Grundwässer aus Bohrlochaufschlüssen überwiegend in den Feldern normal erdalkalische Wässer vom Typ „überwiegend hydrogenkarbonatisch“ sowie erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt vom Typ „überwiegend hydrogenkarbonatisch“, während es sich bei den Quellwässern im Wesentlichen um erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt vom Typ „überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch“ handelt.

##### **Beschreibung der Analysenwerte**

Bei den Kationen überwiegt Calcium mit einem Medianwert von 14 mg/l und einer Spannweite für 90 % der Werte zwischen 6 und 46 mg/l. Die Magnesiumgehalte sind mit 2 bis 17 mg/l und einem Medianwert von 4 mg/l deutlich niedriger. Gering sind auch die Kaliumwerte, die generell unter 3 mg/l liegen. Natrium weist mit einem Medianwert von 6 mg/l und einer Spannweite für 90 % der Werte zwischen 2 und 18 mg/l etwas höhere Gehalte auf.

Hauptinhaltsstoff bei den Anionen ist das Hydrogenkarbonat. Der Medianwert von 49 mg/l sowie die Spannweite aller Werte von 2 mg/l bis 225 mg/l weisen allerdings auf eine überwiegend nicht oder nur schwach kalkige Matrix der Sandsteine und Schiefer hin (GAD et al. 2007/08). Der in einem Quellwasser festgestellte Extremwert von 2 mg/l deutet darauf hin, dass die betroffene Quelle ihre hydrochemische Ausprägung vor allem durch Quarzsandsteine erhält und durch atmogene Säureinträge eine nahezu vollständige Entkarbonisierung stattgefunden hat. Die Nitratkonzentrationen variieren für 90 % der Werte zwischen 0,1 und 16 mg/l. Der Medianwert beträgt 4 mg/l. Der deutlich über dem Medianwert liegende Maximalwert von 33 mg/l zeigt die landwirtschaftliche Beeinflussung eines Quellwassers



Grundwassertypen nach Furtak & Langguth (1967)

Normal erdalkalische Wässer

a: überwiegend hydrogenkarbonatisch

b: hydrogenkarbonatisch-sulfatisch

c: überwiegend sulfatisch

Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt

d: überwiegend hydrogenkarbonatisch

e: überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch

Alkalische Wässer

f: überwiegend (hydrogen-)karbonatisch

g: überwiegend sulfatisch-chloridisch, überwiegend chloridisch

Abb. 5.30: Piperdiagramm aller verwendeten Analysen der hydrogeologischen Einheit „Devonische Wechselfolge“.

an. Die Sulfatkonzentrationen streuen für 90 % der Messwerte in einem Bereich von 2 bis 31 mg/l, die Chloridgehalte liegen für 90 % der Werte zwischen 2 bis 35 mg/l. In beiden Fällen liegt der Medianwert bei 6 mg/l.

Da die Brunnen und Quellen unterschiedliche Anteile an oberflächennahem und tieferem Grundwasser erschließen, weist der Sauerstoffgehalt eine große Spannweite von 0,1 bis 10,4 mg/l auf. Der Medianwert liegt mit 7,2 mg/l etwas über dem arithmetischen Mittelwert von 6 mg/l. Dementsprechend zeigen die Eisenkonzentrationen der Grundwässer ebenfalls eine relativ große Variation von unterhalb der Bestimmungsgrenze bis 2 mg/l. Der Medianwert beträgt 0,03 mg/l.

Die elektrischen Leitfähigkeiten zeigen mit einer Spannweite von 50 bis 451  $\mu\text{S}/\text{cm}$  eine gewisse Variabilität des Lösungsinhaltes an. Mit einem Medianwert von 141  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ist die Mineralisation der Grundwässer überwiegend gering.

Die pH-Werte variieren zwischen 4,4 und 7,6. Mit einem Medianwert von 6,4 liegen die Wässer überwiegend im schwach sauren Bereich. Der Minimalwert von 4,4 wird bei einer Oberhangquelle angetroffen, die nur den stark sauren Interflow erfasst. pH-bedingt ist hier auch das versauerungsrelevante Mangan erhöht. Während etwa 30 % der gemessenen Mangangehalte unter der Bestimmungsgrenze liegen, ergibt sich für etwa den gleichen Prozentsatz eine Grenzwertüberschreitung nach der TrinkwV 2001.

#### 5.5.1.2.3 Devon: hauptsächlich quarzitischer Sandstein bzw. Quarzsandstein, untergeordnet Ton- und Siltschiefer („Devonische Quarzite“)

##### **Piper-Diagramm**

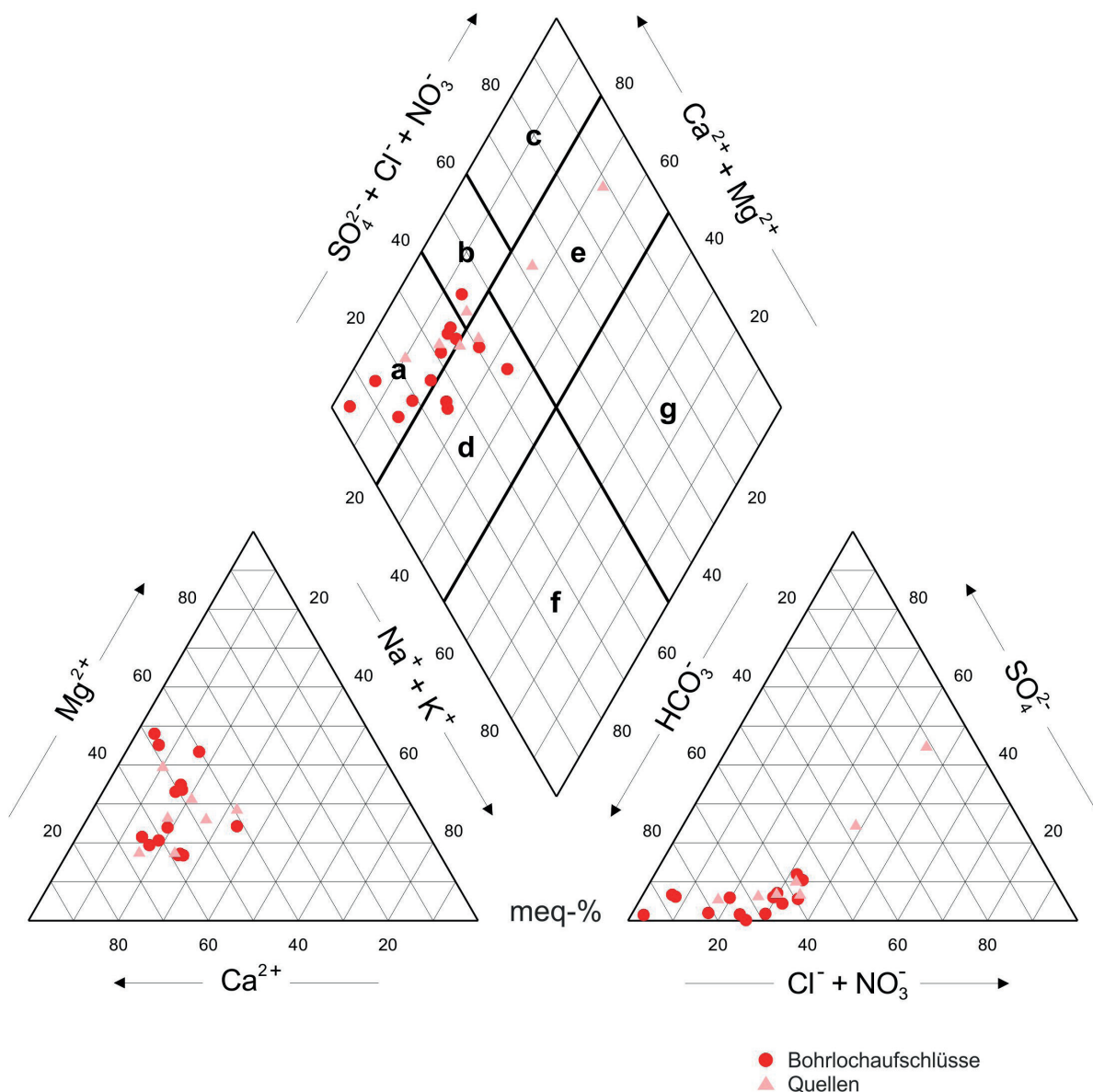
Bei den Hauptinhaltsstoffen der Grundwässer der „Devonischen Quarzite“ herrschen auf der Kationenseite die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium, auf der Anionenseite Hydrogencarbonat vor. Dementsprechend handelt es sich im Wesentlichen um normal erdalkalische Wässer vom Typ „überwiegend hydrogencarbonatisch“. Nur in wenigen Fällen ist der Natrium- und Kaliumanteil etwas höher, sodass die Wässer zur Gruppe der erdalkalischen Wässer mit höherem Alkaligehalt vom Typ „überwiegend hydrogencarbonatisch“ gehören. Zwei der darstellenden Punkte liegen im Feld erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt vom Typ „überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch“. Da der Lösungsinhalt der Grundwässer jedoch sehr gering ist, darf eine solche Klassifizierung nicht überbewertet werden. Die Konzentrationsänderung eines Stoffes um wenige Milligramm pro Liter führt zu einer merklichen Änderung der Verhältnisdarstellung im Piper-Diagramm.

##### **Beschreibung der Analysenwerte**

Die Calcium- und Magnesiumkonzentrationen sind mit einem Medianwert von 11 mg/l bzw. 3 mg/l vergleichsweise niedrig. Auch die Streuung der Werte ist relativ gering. 50 % der Calciumkonzentrationswerte liegen zwischen 7 und 16 mg/l, 90 % der Werte weisen eine Spannweite von 7 bis 24 mg/l auf. Die Magnesiumgehalte liegen für 90 % der Wässer zwischen 1 bis 13 mg/l. Ebenso sind die Gehalte an Alkalien mit einem Medianwert von 4 mg/l für Natrium und 0,5 mg/l für Kalium äußerst gering.

Bei den Anionen stellt das Hydrogencarbonat das dominierende natürliche Anion dar. Aufgrund des überwiegend quarzbasierten Mineralbestandes dieser Einheit ist der Medianwert mit 37 mg/l dennoch klein. Entsprechend gering sind auch die Konzentrationsschwankungen. 50 % der Messwerte variieren zwischen 29 und 54 mg/l, 90 % der Werte befinden sich zwischen 18 bis 126 mg/l. Die Nitratkonzentrationen liegen mit einem Medianwert von 5 mg/l im Bereich der natürlichen Gehalte. Auch die





Grundwassertypen nach Furtak & Langguth (1967)

Normal erdalkalische Wässer  
 a: überwiegend hydrogenkarbonatisch  
 b: hydrogenkarbonatisch-sulfatisch  
 c: überwiegend sulfatisch

Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt  
 d: überwiegend hydrogenkarbonatisch  
 e: überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch

Alkalische Wässer  
 f: überwiegend (hydrogen-)karbonatisch  
 g: überwiegend sulfatisch-chloridisch, überwiegend chloridisch

Abb. 5.31: Piperdiagramm aller verwendeten Analysen der hydrogeologischen Einheit „Devonische Quarzite“.

Spannweite aller Werte von 0,5 bis 9 mg/l zeigt keine anthropogene Überprägung an. Chlorid findet sich in Konzentrationen unter 12 mg/l, die Sulfatgehalte betragen meist unter 10 mg/l.

Die Sauerstoffgehalte liegen im Wesentlichen zwischen 5 und 10 mg/l. Die Eisenkonzentrationen variieren zwischen Gehalten kleiner der Bestimmungsgrenze und 2 mg/l. Für rund 30 % der untersuchten Messstellen liegt eine Grenzwertüberschreitung nach der TrinkwV 2001 für Eisen vor. Die Mangankonzentrationen liegen im Wesentlichen unter 0,05 mg/l. Nur lokal werden Werte bis zu 0,8 mg/l angetroffen.

Die elektrischen Leitfähigkeiten zeigen mit einer Spannweite von 69 bis 224  $\mu\text{S}/\text{cm}$  für 90 % der Werte und einem Medianwert von 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  eine vergleichsweise niedrige Mineralisation der Grundwässer an.

Die pH-Werte liegen mit 5,5 bis 7,4 im sauren bis sehr schwach alkalischen Bereich, wobei mit einem Medianwert von 6,2 die sauren Wässer überwiegen. Die devonischen Quarzite sind damit die einzige Einheit im Beschreibungsraum, bei denen vereinzelt niedrige pH-Werte im Grundwasser infolge atmosphärischer, versauernd wirkender Stoffeinträge zu beobachten sind. Dies gilt im Wesentlichen für topographisch höher austretende Quellwässer.

#### 5.5.1.2.4 Tertiäre Vulkanite

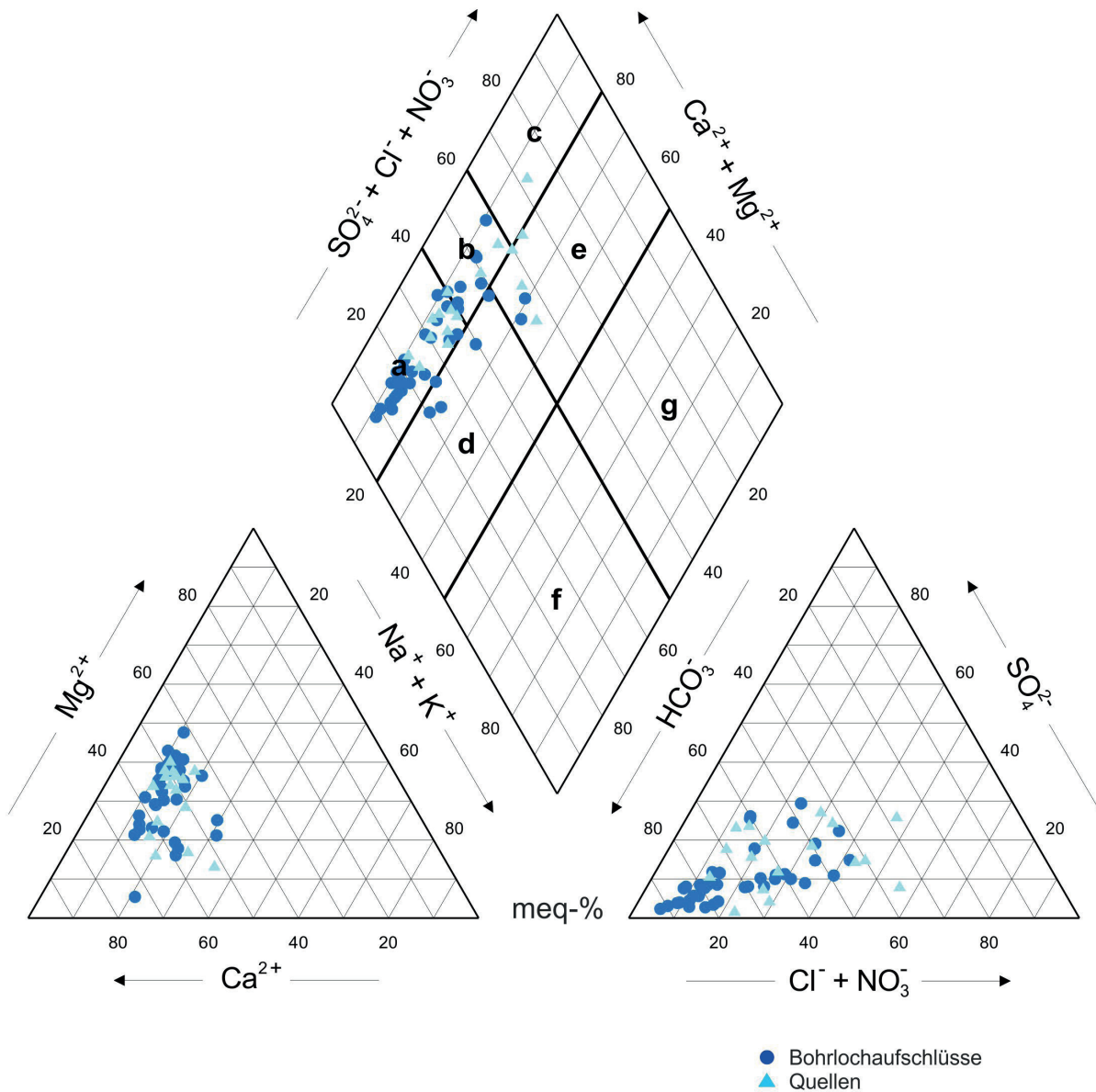
##### Piper-Diagramm

Bei den Grundwässern der „Tertiären Vulkanite“ dominieren auf der Kationenseite Calcium und Magnesium. Auf der Anionenseite ist der Anteil an Hydrogenkarbonat groß, wobei auch die Summe aus Chlorid und Nitrat einen höheren Anteil einnehmen kann. Daher belegen die darstellenden Punkte im Vierstoffdiagramm nach der Klassifikation nach FURTAK & LANGGUTH (1967) die Felder der normal erdalkalischen Wässer vom Typ „überwiegend hydrogen-karbonatisch“ sowie untergeordnet vom Typ „hydrogenkarbonatisch-sulfatisch“. Zudem liegen einige Grundwässer in den Feldern erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt, überwiegend hydrogenkarbonatisch und überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch.

##### Beschreibung der Analysenwerte

Der Medianwert der Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium ist mit 19 mg/l und 7 mg/l geringfügig höher als in den devonischen Grundwasserleitern. Bedingt durch das vorwiegend silikatisch geprägte Einzugsgebiet der Brunnen und Quellen sind die Konzentrationen mit 10 bis 30 mg/l bzw. 1 bis 12 mg/l auch hier insgesamt gering. Ebenso sind die Kaliumgehalte mit einem Medianwert von 1 mg/l und einer Spannweite aller Werte von 0,1 bis 5 mg/l niedrig. Die Natriumwerte erstrecken sich von 3 bis 11 mg/l.

Niedrige Konzentrationen sind auch bei den Anionen festzustellen. Die Hydrogenkarbonatgehalte liegen zwischen 20 und 148 mg/l mit einem Medianwert von 73 mg/l, der auch dem arithmetischen Mittelwert entspricht. Der Medianwert für Nitrat liegt bei 7 mg/l, wobei die Nitratgehalte zwischen 0,3 bis 43 mg/l variieren. Die höchsten Nitratgehalte sind in oberflächennahen Quellwässern festgestellt worden und zeigen eine deutliche Beeinflussung durch landwirtschaftliche Flächennutzung im Einzugsgebiet an. In den „Tertiären Vulkaniten“ werden damit die höchsten Nitratwerte im gesamten Untersuchungsraum angetroffen, wenn auch die Qualitätsnorm für Grundwasser in keinem Fall überschritten wird. Der für Chlorid festgestellte Wertebereich erstreckt sich von 3 bis 21 mg/l, die Sulfatkonzentrationen streuen zwischen 1 und 22 mg/l. Der Medianwert liegt bei 6 bzw. 8 mg/l.



Grundwassertypen nach Furtak & Langguth (1967)

Normal erdalkalische Wässer

a: überwiegend hydrogenkarbonatisch

b: hydrogenkarbonatisch-sulfatisch

c: überwiegend sulfatisch

Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt

d: überwiegend hydrogenkarbonatisch

e: überwiegend sulfatisch, überwiegend chloridisch

Alkalische Wässer

f: überwiegend (hydrogen-)karbonatisch

g: überwiegend sulfatisch-chloridisch, überwiegend chloridisch

Abb. 5.32: Piperdiagramm aller verwendeten Analysen der hydrogeologischen Einheit „Tertiäre Vulkanite“.

Die Quellen wie auch die Brunnen und Grundwassermessstellen weisen aufgrund ihres meist oberflächennahen Grundwassers bis auf einige Ausreißer Sauerstoffgehalte zwischen 6 und 12 mg/l auf. Der Medianwert liegt bei 9,2 mg/l, der arithmetische Mittelwert bei 8,9 mg/l. Als Folge der vergleichsweise hohen Sauerstoffgehalte werden durchschnittlich niedrige Eisenkonzentrationen festgestellt. Etwa 60 % aller gemessenen Eisengehalte liegen unter der Bestimmungsgrenze. Der Medianwert beträgt 0,01 mg/l. Nur in einem Fall wird der Grenzwert der TrinkwV 2001 überschritten. Entsprechend gering sind auch die Mangangehalte. Fast 80 % der Analysen weisen Mangangehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze auf. Auch hier liegt nur eine Grenzwertüberschreitung nach der TrinkwV 2001 vor.

Die elektrischen Leitfähigkeiten liegen im Median bei 179  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , die Spannweite aller Werte reicht von 104 bis 280  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Die pH-Werte zeigen mit 5,7 bis 8,1 eine recht breite Spanne, wobei 50 % der Werte zwischen 6,8 und 7,4 liegen. Der Medianwert der pH-Werte ist mit 7,1 etwas höher als in den hydrogeologischen Einheiten des Devons und zeigt ein wirksameres Pufferungsvermögen gegenüber den sauren Niederschlägen an.

#### 5.5.1.2.5 Tertiäre Sedimente

Die geringe Anzahl der Brunnen, die ausschließlich die Einheit „Tertiäre Sedimente“ erschließen sowie ein möglicher Grundwasserzufluss aus benachbarten hydrogeologischen Einheiten lässt keine abgesicherten Rückschlüsse auf die Grundwasserbeschaffenheit dieser Einheit zu.

#### Piper-Diagramm

Bei den wenigen Grundwasserproben der „Tertiären Sedimente“ überwiegen auf der Kationenseite Calcium und Magnesium, auf der Anionenseite Hydrogenkarbonat. Dementsprechend handelt es sich um normal erdalkalische Wässer vom Typ „überwiegend hydrogenkarbonatisch“.

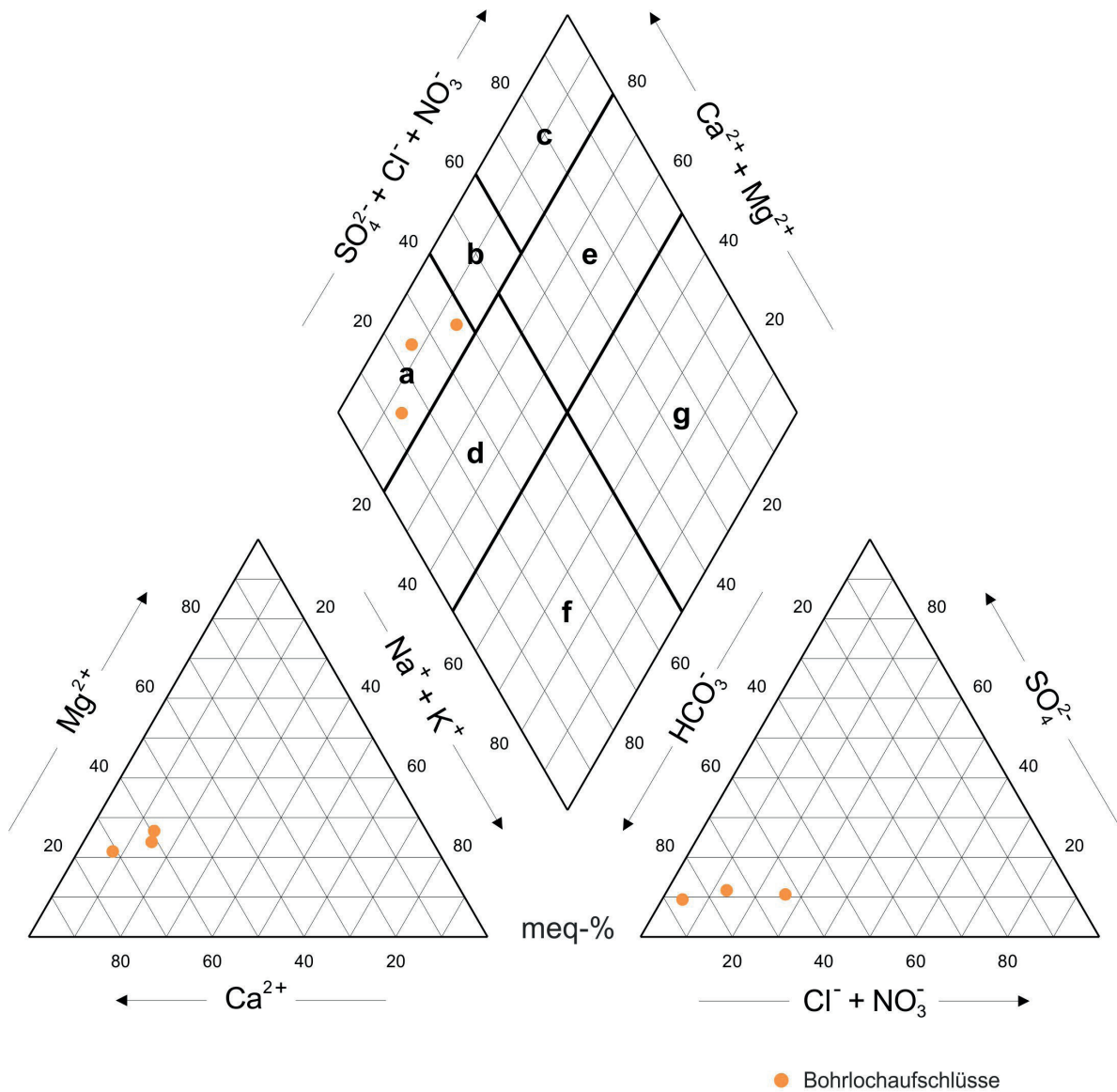
#### Beschreibung der Analysenwerte

Bei den Kationen ist Calcium mit Gehalten von 33 bis 49 mg/l vorherrschend. Magnesium mit Konzentrationen von 8 bis 10 mg/l und Natrium mit Gehalten von 5 bis 9 mg/l treten in den Hintergrund. Die Kaliumgehalte liegen nicht über 2 mg/l.

Bei den Anionen ist mit 98 bis 172 mg/l das Hydrogenkarbonat der bedeutendste Bestandteil. Die Konzentrationen von Chlorid mit 5 bis 15 mg/l, Sulfat mit 13 bis 21 mg/l sowie Nitrat mit 1 bis 15 mg/l sind durchweg gering.

Die Manganwerte liegen allgemein unter dem Grenzwert der TrinkwV 2001, bei den Eisengehalten wird dieser bei einer Analyse überschritten. Mit einer Konzentration von 0,7 mg/l ist hier auch der Sauerstoffgehalt entsprechend gering. Für die zwei weiteren Proben liegen keine Sauerstoffgehalte vor.

Die elektrischen Leitfähigkeiten variieren zwischen 261 bis 384  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Die pH-Werte liegen mit 6,7 bis 6,9 im sehr schwach sauren Bereich.



Grundwassertypen nach Furtak & Langguth (1967)

Normal erdalkalische Wässer  
 a: überwiegend hydrogenkarbonatisch  
 b: hydrogenkarbonatisch-sulfatisch  
 c: überwiegend sulfatisch

Erdalkalische Wässer mit höherem  
 Alkaligehalt  
 d: überwiegend hydrogenkarbonatisch  
 e: überwiegend sulfatisch, überwiegend  
 chloridisch

Alkalische Wässer  
 f: überwiegend (hydrogen-)karbonatisch  
 g: überwiegend sulfatisch-chloridisch,  
 überwiegend chloridisch

Abb. 5.33: Piperdiagramm aller verwendeten Analysen der hydrogeologischen Einheit „Tertiäre Sedimente“.

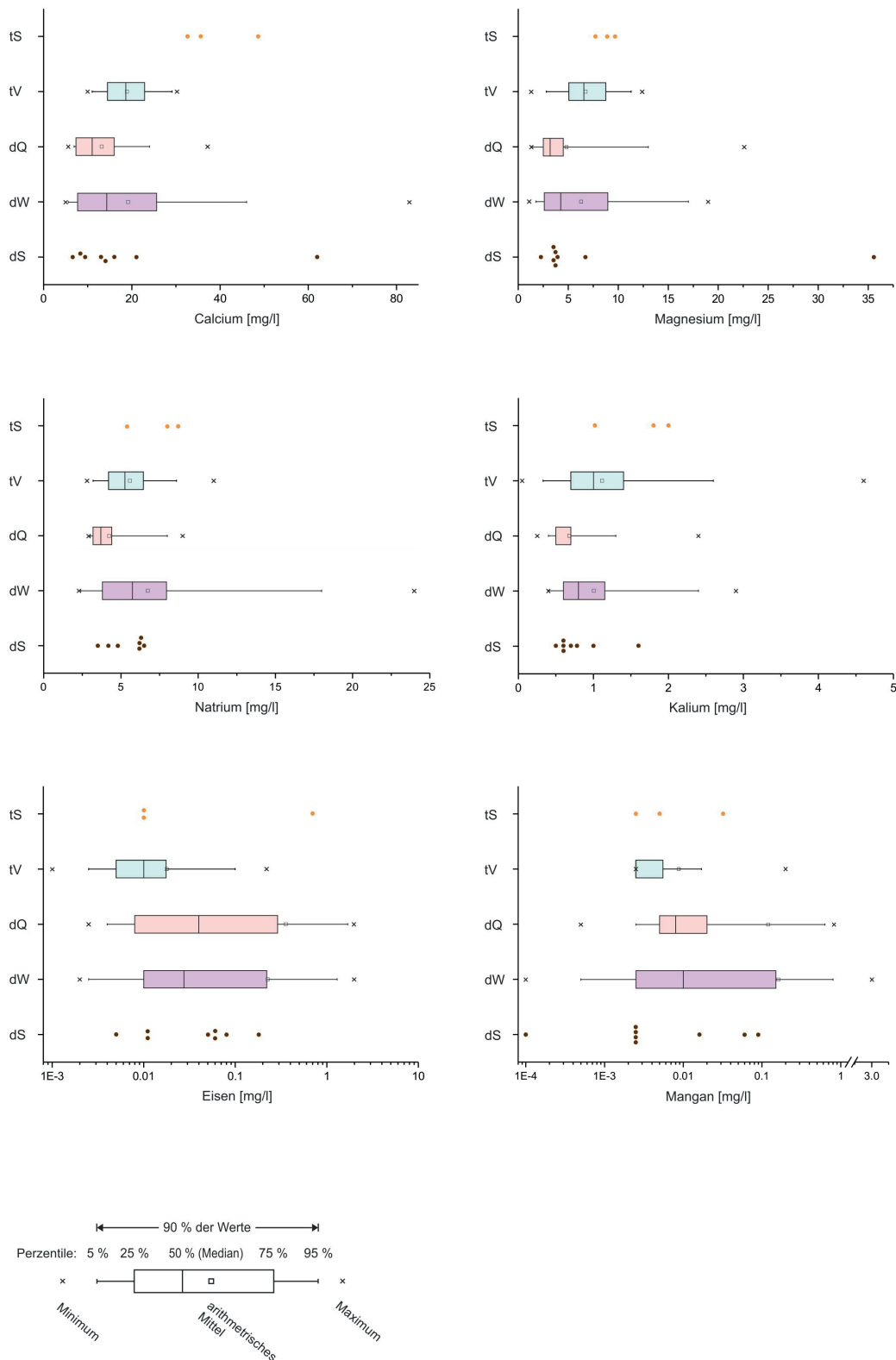


Abb. 5.34: Box-Whisker-Plots der Hauptinhaltsstoffe (Kationen), differenziert nach hydrogeologischen Einheiten (Legende siehe S. 75 und 82/83).

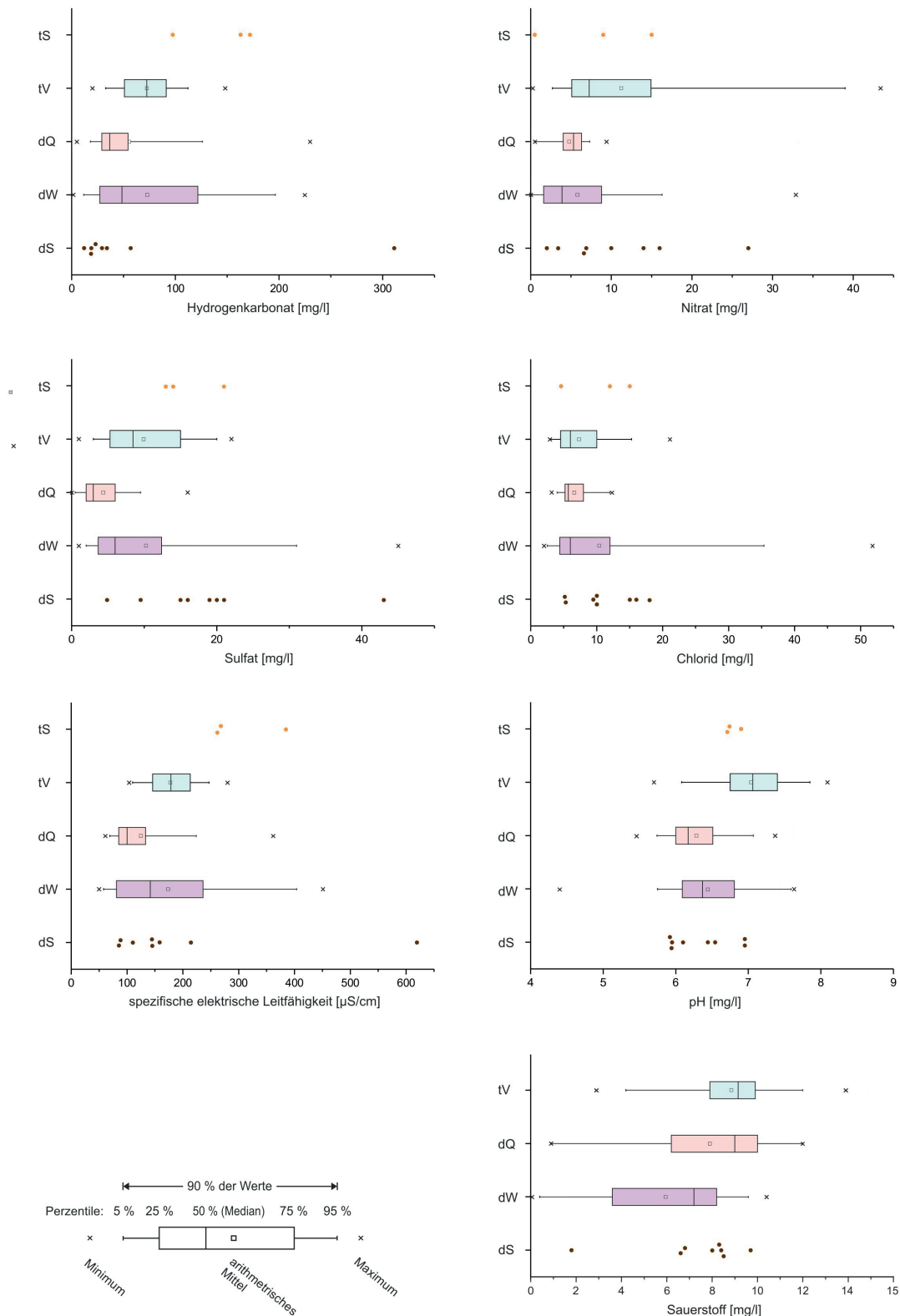


Abb. 5.35: Box-Whisker-Plots der Hauptinhaltsstoffe (Anionen) sowie der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit, des pH-Werts und des Sauerstoffgehalts, differenziert nach hydrogeologischen Einheiten (Legende siehe S. 75 und 82/83).