

Gypsum and the groundwater directive

René Moretti¹, Hans-Jörg Kersten²

¹ Lafarge Gypsum, Paris/France

² Bundesverband der Gipsindustrie e.V., Darmstadt/Germany

Summary: Reducing the impact of human activity on the freshwater quality is an important topic at European level. Sulphate is a parameter to be taken into account in the derivation of threshold values by the member states when it is present in the groundwater body as the result of human activities. The monitoring and reporting must be operational by December 2012, but the threshold values for groundwater quality monitoring had to be established by the member states by 22.12.2008. Based on results of a case study it is recommended that, if it is demonstrated that the sulphate is of natural origin only and it has been proved that no anthropogenic input occurs, threshold values for sulphate do not need to be established. Where sulphates result from both origins (natural and anthropogenic), deriving a threshold value remains mandatory as long as it represents a risk of failing good status. In this case, investigating on cations (ex. Cu⁺⁺) could lead to a better understanding.

Gips und die Grundwasserrichtlinie

Zusammenfassung: Die Reduzierung schädlicher Einflüsse durch den Menschen auf die Qualität des Frischwassers ist ein wichtiges Thema in Europa. Sulfat ist ein Parameter, der bei der Festlegung von Schwellenwerten durch die Mitgliedsstaaten der EU berücksichtigt werden muss, wenn es im Grundwasserkörper als Ergebnis menschlicher Aktivitäten vorkommt. Die Überwachung und das Berichterstattungswesen müssen bis Dezember 2012 einsatzbereit sein. Die Schwellenwerte für die Überwachung der Grundwasserqualität mussten jedoch von den Mitgliedsstaaten bis zum 22.12.2008 festgelegt werden. Auf der Grundlage von Ergebnissen einer Fallstudie wird empfohlen, dass, wenn belegt wird, dass das Sulfat natürlichen Ursprungs ist und nachgewiesen wird, dass kein anthropogener Eintrag stattfindet, keine Schwellenwerte für Sulfat festgelegt werden müssen. Wo Sulfate sowohl natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs sind, bleibt die Festlegung eines Schwellenwerts obligatorisch, solange sie ein Risiko für den guten Zustand des Wassers darstellen. In diesem Fall könnte eine Untersuchung bezüglich der Kationen (Bsp. Cu⁺⁺) zu einem besseren Verständnis führen.

Le gypse et la directive sur les eaux souterraines

Résumé: La réduction des influences nocives exercées par l'homme sur la qualité des eaux souterraines est une préoccupation importante en Europe. Le sulfate est un paramètre dont les états membres de l'Union Européenne doivent tenir compte pour fixer les seuils si sa présence dans les eaux souterraines résulte des activités humaines. La surveillance et les déclarations doivent être mises en place jusqu'en décembre 2012. Les valeurs seuils pour la surveillance de la qualité des eaux souterraines devaient toutefois être fixées par les états membres jusqu'au 22.12.2008. Compte tenu des résultats d'une étude de cas, la fixation de seuils de sulfate n'est pas nécessaire lorsqu'il est établi que le sulfate est d'origine naturelle et prouvé qu'il n'y a pas de pénétration anthropogène. Si la présence de sulfate est aussi bien d'origine naturelle qu'anthropogène, la fixation d'un seuil reste obligatoire tant qu'elle constitue un risque pour la bonne qualité de l'eau. Dans ce cas, un examen concernant les cations (ex. cu⁺⁺) pourrait conduire à un meilleur éclaircissement.

El yeso y la directiva sobre el agua subterránea

Resumen: La reducción del impacto nocivo resultado de la actividad del hombre en la calidad del agua dulce es un tema importante en Europa. El sulfato es uno de los parámetros que deben ser tenidos en cuenta por los especialistas de la Unión Europea en la determinación de los valores límite cuando se considera su presencia como resultado de la actividad humana en las aguas subterráneas. El procedimiento de control y redacción de informes debe ser operativo en Diciembre del 2012. Los valores umbrales para el control de la calidad de las aguas subterráneas deben estar establecidos el 22.12.2008. La recomendación, basada en los resultados de un caso en estudio, es que en los casos en que el origen del sulfato es únicamente natural y queda probado que no existe una aportación antropogénica, no se establece un valor límite para el contenido en sulfato. Cuando el origen del sulfato sea natural y antropogénico, y siempre que represente un riesgo para el buen estado del agua, es obligatorio el establecimiento de un valor umbral. En estos casos, la investigación de los cationes (ej. Cu⁺⁺) puede contribuir a una valoración mejor.

1 Introduction

The European water policy aims at:

- reducing the impact of human activity on the freshwater quality;
- where necessary, progressively bringing the water back to a good status, which depends on its use (drinking, crop, industrial ...);
- promoting a sustainable water use.

1 Einleitung

Die europäische Wasserpolitik verfolgt folgende Ziele:

- Reduzierung des Einflusses menschlicher Aktivitäten auf die Qualität des Frischwassers;
- Wo es erforderlich ist, das Wasser progressiv wieder in einen guten Zustand zu versetzen, der von seinem Verwendungszweck abhängt (Trinkwasser, landwirtschaftliche Bewässerung, Brauchwasser usw.);
- Förderung einer nachhaltigen Verwendung von Wasser.

The monitoring and reporting must be operational by December 2012, but the threshold values¹ for groundwater quality monitoring must have been established by the member states by 22.12.2008.

Sulphate is a parameter to be taken into account in the derivation of threshold values by the member states when it is present in the groundwater body as the result of human activities. The concentration of sulphate in groundwater largely depends on the condition of the natural ground: in gypsum areas groundwater may be saturated (1.45g/l of sulphate) and in this case the addition of gypsum will not change the sulphate concentration.

- Groundwater values of up to 2950 mg of SO₄²⁻ per litre are reported in Belgium and up to 4300 mg SO₄²⁻ per litre in France.
- In South-East Lower Saxony, a maximum value of 1455 mg SO₄²⁻ per litre is found, while 28.5 % of the drinking-water production installations show sulphate concentrations of over 250 mg/l.
- In Thuringia, maximum values of up to 2496 mg SO₄²⁻ per litre (Muschelkalk) are reported, as well as an arithmetical average of 683mg SO₄²⁻ per litre (Keuper).

2 European water legislative approach

The freshwater issues are mainly covered by 4 directives:

- The Water Framework Directive (WFD) adopted on 23.10.2000 [1], aims to establish a framework for the protection of inland surface waters, transitional waters², coastal waters and groundwater³.

and 3 so-called “daughter directives”:

- The Groundwater Directive (GWD), adopted on 12.12.2006 [2].
- The Environmental Quality Standards (EQS) Directive for surface waters, was adopted on 16.12.2008 [3].
- The Drinking Water Directive (DWD), adopted in 1998 [4], soon to be revised.

The content of the directives is indicated in **Figure 1**: Surface waters feed the groundwater bodies, and drinking water (as well as water for other uses, including industrial use) is abstracted from either surface or groundwater. This is why the three directives (4 with the framework directive) are closely linked and why all parameters listed in them should be addressed.

3 Implementation of the Ground Water Directive: fixing threshold values (TVs) at national level

In order to help the member states in implementing the GWD, the commission decided to create guidelines on establishing threshold values. The first document was very complex and not fully accepted by the member states, so an interim version was approved in late 2007 as a working basis. Indeed, the threshold

¹ Threshold values are established either in terms of concentration of a substance (e. g. mg of chloride per m³) or in terms of a value of an indicator (e. g. conductivity)

² Bodies of surface water in the vicinity of river mouths which are partly saline

³ In the WFD, pollution is defined by human activity, which means that water whose poor status is due to a natural effect is considered as not polluted, when water with a good status, but altered by human activity is considered as polluted

Die Überwachung und das Berichterstattungswesen müssen bis Dezember 2012 einsatzbereit sein. Die Schwellenwerte¹ für die Überwachung der Grundwasserqualität mussten jedoch von den Mitgliedsstaaten bis zum 22.12.2008 festgelegt werden.

Sulfat ist ein Parameter, der bei der Festlegung von Schwellenwerten durch die Mitgliedsstaaten der EU berücksichtigt werden muss, wenn es im Grundwasserkörper als Ergebnis menschlicher Aktivitäten vorkommt. Die Konzentration von Sulfat im Grundwasser hängt in hohem Maße von der Beschaffenheit des natürlichen Bodens ab. In Gipsgebieten kann das Grundwasser gesättigt sein (1,45 g/l Sulfat), und in diesem Fall würde der Zusatz von Gips die Sulfatkonzentration nicht ändern.

- Grundwasserwerte von bis zu 2950 mg/l SO₄²⁻ werden aus Belgien und bis zu 4300 mg/l SO₄²⁻ aus Frankreich berichtet.
- Im südöstlichen Niedersachsen findet man einen Maximalwert von 1455 mg/l SO₄²⁻, während in Trinkwasseraufbereitungsanlagen Sulfatkonzentrationen von mehr als 250 mg/l angetroffen werden.
- Aus Thüringen werden Maximalwerte von bis zu 2496 mg/l SO₄²⁻ (Muschelkalk) sowie ein arithmetisches Mittel von 683 mg/l SO₄²⁻ (Keuper) berichtet.

2 Europäische Gesetzgebung zum Wasser

Frischwasser wird im Wesentlichen von vier Richtlinien erfasst:

- von der am 23.10.2000 [1] verabschiedeten Wasserrahmenrichtlinie (WFD), die darauf abzielt, einen Rahmen für den Schutz von Oberflächenwasser im Inland, Übergangswasser², Küstengewässern und Grundwasser³ zu schaffen.

und drei sogenannten Tochterrichtlinien:

- der am 12.12.2006 verabschiedeten Grundwasserrichtlinie (GWD) [2],
- der Richtlinie zu Umweltqualitätsnormen (EQS) für Oberflächenwasser, verabschiedet am 16.12.2008 [3] und
- der Trinkwasserrichtlinie (DWD), die 1998 [4] verabschiedet wurde und in Kürze überarbeitet werden wird.

Die inhaltliche Abhängigkeit der Richtlinien wird in **Bild 1** dargestellt. Das Oberflächenwasser speist die Grundwasserkörper, und Trinkwasser (sowie Wasser für andere Verwendungszwecke, einschließlich Brauchwasser) wird entweder vom Oberflächenwasser oder vom Grundwasser entnommen. Deshalb sind die drei Richtlinien (vier mit der Rahmenrichtlinie) eng miteinander verbunden und es müssen alle ihre Parameter berücksichtigt werden.

3 Umsetzung der Grundwasserrichtlinie – Festlegung der Schwellenwerte (TVs) auf nationaler Ebene

Um den Mitgliedsstaaten bei der Durchsetzung der Grundwasserrichtlinie zu helfen, hat sich die Kommission entschieden,

¹ Schwellenwerte werden entweder in Form der Konzentration einer Substanz (z. B. mg Chlorid pro m³) oder als Wert eines Indikators (z. B. Leitfähigkeit) angegeben.

² Oberflächenwasser in der Nähe von Flussmündungen, das teilweise salzhaltig ist.

³ Verschmutzung in der Wasserrahmenrichtlinie bedeutet durch den Menschen verursacht, d.h. Wasser in einem schlechten Zustand auf Grund natürlicher Wirkungen gilt als nicht verschmutzt, während Wasser in einem guten Zustand, der durch den Menschen geändert wurde, als verschmutzt gilt.

values had to be established by each member state by 22.12.2008 and published in the River Basin Management Plan.

Main elements of the guidelines:

- The threshold values aim to define and, where necessary, to recover a good water status. Concentrations of substances or values of indicators are assessed at different monitoring points in the groundwater body, and, according to the status of water and the way the groundwater body is fed, limit values are then set for sources, e.g. a plant.
- The threshold values should be set at the most appropriate scale: national, river basin or groundwater body.

Most important: the TVs should not be established below the background levels (BL)⁴. The procedure is as follows (for each substance/indicator that may represent a risk for the groundwater)

- assessment of the Background Level (BL)
- establishment of the Criteria Value (CV). This value could be defined as an optimal value, taking account of
 - the input: surface water intrusion
 - the output: use of groundwater: drinking, crops, industry, others...
- threshold values (TV) setting:
 - If $CV \leq BL$ then $TV = BL$
 - If $CV > BL$ then $BL < TV \leq CV$
- according to the targeted threshold value and the actual status of the groundwater, limit values are established, for the sources concerned with substances or parameters which cause the groundwater to be at risk, and included in permits, general binding rules or codes of practice

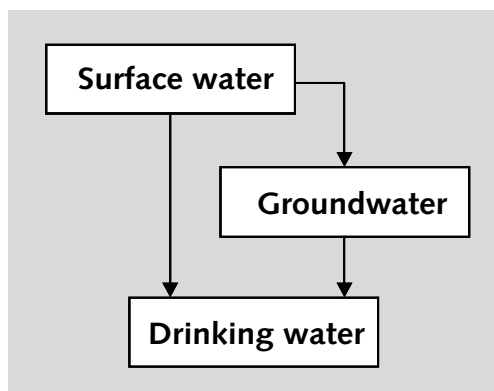
Although the Groundwater Directive addresses a limited number of substances and parameters, threshold values should be set for any substance or parameter which causes the groundwater to be at risk. Member states are also free to be more stringent than the guidelines, in accordance with national strategies and existing regulations, when setting the threshold values. Member states may remove a threshold value from the list when the groundwater body is no longer at risk.

The final text of the practical guidelines and technical specifications for the derivation of threshold values for the chemical status and trend assessment was officially approved by the Water Directors in November 2008 and maintains the elements above-mentioned.

4 Gypsum and the Groundwater Directive

Within the above-mentioned context, Eurogypsum developed a case study which is included in the annexes of the Guidance on Groundwater, status and trends. The case study was developed on the basis of a survey carried out by Ingenieurbüro Völker in December 2006 analysing the geological impact on background values of ground- and surface waters with sulphates in gypsum deposits [5].

⁴ Background level means the concentration of a substance or the value of an indicator in a groundwater body corresponding to no or only very minor anthropogenic (from human activity) alterations to undisturbed conditions



1 Mutual dependence of the different directives
Gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Richtlinien

für die Festlegung der Schwellenwerte einen Leitfaden zu entwickeln. Das erste Dokument war sehr komplex und wurde von den Mitgliedsstaaten nicht vollständig akzeptiert. Daher wurde Ende 2007 eine Interimsversion als Arbeitsgrundlage verabschiedet. So mussten die Schwellenwerte von jedem Mitgliedsstaat bis zum 22.12.2008 festgelegt und im River Basin Management Plan (Management Plan zum Wassereinzugsgebiet) veröffentlicht werden.

Wesentliche Elemente des Leitfadens:

- Mit Hilfe der Schwellenwerte ist ein guter Wasserzustand zu definieren und, wenn erforderlich, wiederherzustellen. Die Konzentration von Stoffen oder Indikatorenwerte werden an unterschiedlichen Überwachungsstellen im Grundwasserkörper bewertet. Danach werden entsprechend dem Zustand des Wassers und der Art und Weise, wie der Grundwasserkörper gespeist wird, Grenzwerte für Quellen festgelegt, z.B. eine Anlage.
- Die Schwellenwerte sollten im geeignetsten Maßstab festgelegt werden: national, im Wassereinzugsgebiet oder im Grundwasserkörper.

Es ist ganz wichtig, dass die Schwellenwerte (threshold values, TVs) nicht unterhalb der Hintergrundwerte (BL)⁴ festgelegt werden. Das Verfahren läuft wie folgt ab (für jede Substanz bzw. jeden Indikator, die ein Risiko für das Grundwasser darstellen könnten):

- Beurteilung des Hintergrundwerts (background level, BL)
- Festlegung des Kriterienwerts (CV). Dieser Wert könnte als ein optimaler Wert definiert werden, unter Berücksichtigung
 - des Eintrags: Eindringen von Oberflächenwasser
 - der Entnahme: Verwendung von Grundwasser: Trinkwasser, für landwirtschaftliche Zwecke, Brauchwasser u. a.
- Festlegen der Schwellenwerte (TV):
 - wenn $CV \leq BL$, dann $TV = BL$
 - wenn $CV > BL$, dann $BL < TV \leq CV$
- Entsprechend dem angestrebten Schwellenwert und dem tatsächlichen Zustand des Grundwassers werden für die betroffenen Quellen Grenzwerte festgelegt mit Stoffen oder Parametern, die für das Grundwasser ein Risiko darstellen. Diese werden in Genehmigungen, allgemein verbindliche Bestimmungen oder Ausführungsvorschriften eingebunden.

Obwohl die Grundwasserrichtlinie nur eine begrenzte Anzahl von Stoffen und Parametern erfasst, sollten für jeden Stoff bzw. jeden Parameter, die ein Risiko für das Grundwasser darstellen, Schwellenwerte festgelegt werden. Bei der Festlegung von Schwellenwerten können Mitgliedsstaaten in Übereinstimmung mit nationalen Strategien und bestehenden Vorschriften auch strengere Maßstäbe als der Leitfaden anlegen. Mitgliedsstaaten können einen Schwellenwert von der Liste streichen, wenn der Grundwasserkörper nicht mehr gefährdet ist.

⁴ Hintergrundwert bedeutet die Konzentration eines Stoffes oder den Wert eines Indikators in einem Grundwasserkörper mit keinen oder nur sehr geringen anthropogenen (durch den Menschen verursachten) Änderungen des unberührten Zustands.

5 Case study description

5.1 The characteristics of sulphate-rich running groundwater due to geological impact

Contact of water with gypsum deposits results in high sulphate concentrations. Values above 500 mg/l are indications for a direct contact of water with the gypsum bedrock in the ground. Because the sulphate content is caused by calcium sulphate (gypsum), higher values of water hardness can also be detected.

The conductivity is an additional helpful indicator in outside measurements to distinguish aquifers with or without gypsum contact. In this case the influence of other water constituents on the conductivity has to be taken into account, especially chloride. But, conductivity is a good indicator when chloride and other influences in the area to be investigated are evaluated as not relevant. In known gypsum deposit areas the author distinguishes between rain water infiltrated karstic pools and others that have contact to the sulphate bedrock. Typical values of conductivity, sulphate and hardness of water in a gypsum karst area of 0.6 km² in lower Saxony are summarized in **Table 1**.

But, in the same gypsum deposit area there are waters without contact to the gypsum bedrock. This is clearly detectable by the measurement of the indicators sulphate and conductivity (**Table 2**).

5.2 Influence on the surface water

The discharge of the karst area into a creek influences following aquifers over long distances. The water itself has a high environmental and ecological quality status. The sulphate content has never been measured up to this study. The creek comes from a "Buntsandstein" area and shows only minor sulphate values (1962 mg/l/measuring period from 26.04.2002 to 20.03.2004) within a distance of several kilometres in a valley. When contact to a creek from a karst gypsum area is established, this situation changes significantly. The "sulphate free" creek suddenly changes into "sulphate-rich" water. The measurements at measuring point 44 vary from 91 mg/l to 472 mg/l sulphate.

The significance of the karst region increases particularly in high-temperature summer time when the original spring activity drops to a low value. The dissolved sulphate is transported over several kilometres into a gypsum-free area and can be clearly detected after a distance of 10 km from the geological source. All sulphate concentrations measured are only caused by a natural background situation without pollution effects. The influence of human activities can be excluded in all the above cases. The variations in the sulphate concentrations can be ex-

Tab. 1: Typical values of conductivity, sulphate and hardness of water in a gypsum karst area of 0.6 km² in Lower Saxony
Typische Werte der Leitfähigkeit, von Sulfat und der Wasserhärte in einem Gipskarstgebiet von von 0,6 km² in Niedersachsen

	Conductivity Leitfähigkeit [µS/cm]	Sulphate Sulfat [mg/l]	Total hardness Gesamthärte [mg/l]
Pond with spring December 2000 <i>See mit Quelle Dezember 2000</i>	1728	1324	67
Creek with a spring inside this area December 2000 <i>Wasserlauf mit einer Quelle in diesem Gebiet Dezember 2000</i>	1625	1180	63
Drainage flow at surface near gypsum deposit inside this area <i>Abfluss an der Oberfläche nahe der Gipslagerstätte in diesem Gebiet</i>	1910	1472	78

Der endgültige Text des praktischen Leitfadens und der technischen Spezifikationen für die Festlegung von Schwellenwerten für den chemischen Zustand und die Trendbeurteilung wurde im November 2008 von den Wasserdirektoren offiziell bestätigt und enthält die o. a. Elemente.

4 Gips- und Grundwasserrichtlinie

Innerhalb des o. a. Kontexts entwickelte Eurogypsum eine Fallstudie, die in den Anhängen des Leitfadens zum Zustand und zu Trends beim Grundwasser enthalten ist. Die Fallstudie wurde auf der Grundlage eines Gutachtens des Ingenieurbüros Völker vom Dezember 2006 entwickelt, in dem die geologischen Auswirkungen von Grund- und Oberflächenwasser mit Sulfaten in Gipslagerstätten auf Hintergrundwerte analysiert werden [5].

5 Beschreibung der Fallstudie

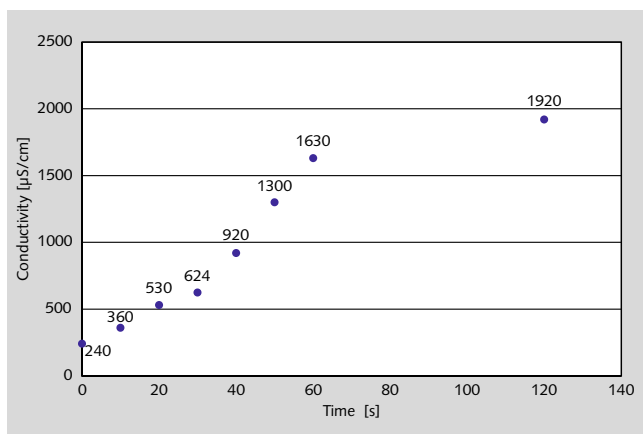
5.1 Kenndaten von sulfatreichem fließendem Grundwasser auf Grund von geologischen Auswirkungen

Der Kontakt von Wasser mit Gipslagerstätten führt zu hohen Sulfatkonzentrationen. Werte von mehr als 500 mg/l sind Anzeichen für einen direkten Kontakt des Wassers mit dem anstehenden Gipsstein im Boden. Weil der Sulfatgehalt durch Calciumsulfat (Gips) verursacht wird, können auch höhere Werte der Wasserhärte festgestellt werden.

Die Leitfähigkeit ist ein weiterer hilfreicher Indikator bei Außenmessungen, um zwischen Grundwasserleitern mit oder ohne Gipskontakt zu unterscheiden. In diesem Fall muss der Einfluss anderer Wasserbestandteile, besonders Chlorid, auf die Leitfähigkeit berücksichtigt werden. Die Leitfähigkeit ist jedoch ein guter Indikator, wenn Chlorid und andere Einflüsse in dem zu untersuchenden Gebiet als nicht relevant eingeschätzt werden. In den Gebieten mit bekannten Gipslagerstätten unterscheidet der Autor zwischen karstartigen Seen, die von Niederschlagswasser infiltriert sind, und anderen, die mit dem anstehenden Sulfatgestein in Berührung kommen. Typische Werte für die Leitfähigkeit, Sulfat und Wasserhärte in einer Gipskarstregion mit einer Größe von 0,6 km² sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Tab. 2: Example for waters without contact to the gypsum bedrock and references
Beispiel für Wasser ohne Kontakt zum anstehenden Gipsstein und Referenzen

	Conductivity Leitfähigkeit [µS/cm]	Sulphate Sulfat [mg/l]	Total hardness Gesamthärte [mg/l]
Drainage flow in a grassland valley <i>Abfluss in einem Grasflächental</i>	180	23	5
Creek with a spring outside the gypsum bedrock contact <i>Wasserlauf mit einer Quelle außerhalb des Kontakts zum anstehenden Gipsstein</i>	177	18	4
Examples for practically saturated karst aquifers (VÖLKER, 1999): <i>Beispiele für praktisch gesättigte Karstgrundwasserleiter (VÖLKER, 1999):</i>			
GW spring "Kniequelle" <i>Grundwasserquelle "Kniequelle"</i>	2580	1200	85
GW spring "Neuer Garten" <i>Grundwasserquelle "Neuer Garten"</i>	2310	1140	84
Karstic spring "Ufrunger See" <i>Karstige Quelle "Ufrunger See"</i>	2480	1215	89
GW underground pool "Heimkehle" <i>Unterirdischer Grundwassersee "Heimkehle"</i>	2028	1490	89



2 Dilution of fresh gypsum in creek water
Lösung von bergfeuchtem Gips in einem Wasserlauf

plained by dilution of groundwater or surface water through seasonal rain infiltration.

5.3 Influence on stagnant groundwater aquifers

Groundwater aquifers that are in contact with gypsum and other ground (in this example granular soil) actually show the full sulphate saturation. But, whenever groundwater formation by infiltrating rainwater occurs, a short-term dilution concentration can be measured. A higher fluctuation is not relevant because the substance gypsum dissolves quickly. To demonstrate, an overview of the dilution of fresh gypsum in creek water is given in **Figure 2**.

6 Experiences gained –conclusions – recommendations

Unpolluted water normally shows concentrations of less than 50 mg/l sulphate. However, this concentration will often be exceeded in gypsum karst regions. The sulphate concentration in those regions can normally be detected in a range between 500 mg/l and 1400 mg/l. Those sulphate concentrations result from the dissolving of natural gypsum. In those areas no acidic water is formed and the ecological damage for which sulphate acidic water is known is absent. In the gypsum karst areas, the pH value of the water is slightly alkaline (pH 7.2). The geological background sulphate does not show any toxic effects on the environment. The dissolving of sulphate from gypsum deposits is a hydro-geological effect that cannot be stopped by any measures.

Therefore, it is recommended that, if it is demonstrated that the sulphate is of natural origin only and it is proved that no anthropogenic input occurs, threshold values for sulphate do not need to be established by the member states. Where sulphates result from both origins (natural and anthropogenic), determination of a TV remains mandatory as long as it represents a risk of failing good status. In this case, investigating on cations (ex. Cu^{++}) could lead to a better understanding.

Im gleichen Gebiet der Gipslagerstätte kommt jedoch auch Wasser vor ohne Kontakt zu dem anstehenden Gipsgestein. Das ist deutlich feststellbar durch die Messung der Indikatoren Sulfat and Leitfähigkeit (**Tabelle 2**).

5.2 Einfluss auf das Oberflächenwasser

Der Abfluss aus dem Karstgebiet in einen Wasserlauf beeinflusst über weite Strecken folgende Grundwasserleiter. Die Qualität des Wassers selbst ist aus natürlicher und ökologischer Sicht hochwertig. Bis zu dieser Studie wurde niemals ein Sulfatgehalt gemessen. Der Wasserlauf kommt aus einem Buntsandsteingebiet und weist in einer Strecke von einigen Kilometern in einem Tal nur geringfügige Sulfatwerte auf (1962 mg/l, gemessen vom 26.04.2002 bis 20.03.2004). Diese Situation ändert sich grundlegend, wenn ein Kontakt mit einem Wasserlauf von einem Karstgipsgebiet zustande kommt. Der sulfatfreie Wasserlauf verändert sich plötzlich zu einem sulfatreichen Wasser. Die Messungen an der Messstelle 44 schwanken zwischen 91 mg/l und 472 mg/l Sulfat.

Die Bedeutung des Karstgebiets nimmt speziell im Sommer bei hohen Temperaturen zu, wenn die ursprüngliche Quellenaktivität auf einen niedrigen Wert zurückgeht. Das aufgelöste Sulfat wird über mehrere Kilometer zu einem gipsfreien Gebiet transportiert und kann noch in einem Abstand von 10 km von der geologischen Quelle deutlich nachgewiesen werden. Alle gemessenen Sulfatkonzentrationen werden nur durch eine natürliche Hintergrundsituation ohne Verschmutzungseffekte verursacht. In all den o.a. Fällen kann der Einfluss menschlicher Aktivitäten ausgeschlossen werden. Die Schwankungen in der Sulfatkonzentration können durch eine Verdünnung des Grundwassers oder Oberflächenwassers durch jahreszeitliche Regeninfiltration erklärt werden.

5.3 Einfluss auf stehende Grundwasserleiter

Grundwasserleiter, die mit Gips oder anderen Böden (in diesem Beispiel körniger Boden) in Berührung kommen, weisen eigentlich eine völlige Sulfatsättigung auf. Wenn jedoch Grundwasser durch einsickerndes Regenwasser gebildet wird, kann eine kurzzeitige Verdünnung der Konzentration gemessen werden. Eine höhere Fluktuation ist nicht relevant, da Gips sich schnell auflöst. **Bild 2** zeigt einen Überblick der Lösung von bergfeuchtem Gips in einem Wasserlauf.

6 Erfahrungen – Schlussfolgerungen – Empfehlungen

Nicht verschmutztes Wasser hat normalerweise eine Konzentration von weniger als 50 mg/l Sulfat. In Gipskarstgebieten wird diese Konzentration jedoch oft überschritten. Die Sulfatkonzentration in diesen Gebieten kann normalerweise in einem Bereich zwischen 500 mg/l und 1400 mg/l nachgewiesen werden. Diese Sulfatkonzentrationen resultieren aus der Auflösung von Naturgips. In diesen Gebieten wird kein saures Wasser gebildet, und es gibt keine ökologischen Schäden, wofür sulfatsaures Wasser bekannt ist. In den Gipskarstgebieten ist der

As a minimum requirement, chloride (to detect seawater intrusion) and pH (to detect sulphide oxidation from pyrite) have to be detected in addition to sulphate. It could also be further recommended that in countries with gypsum deposits or any other gypsum-containing rock-sequences, groundwater threshold values for sulphate should only be established on a local level and with the knowledge of all human activities.

Literaturverzeichnis/Literature

- [1] The Water Framework Directive (WFD): Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy.
- [2] The Groundwater Directive (GWD): Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration.
- [3] The Environmental Quality Standards (EQS) Directive: DIRECTIVE 2008/105/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy.
- [4] The Drinking Water Directive (DWD): COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption.
- [5] Case Study: Remarks on the background concentration of ground and surface water with sulphate in gypsum karst regions (in German).

pH-Wert des Wassers leicht alkalisch (pH 7,2). Das geologische Hintergrundsulfat hat keine toxischen Auswirkungen auf die Umwelt. Das Auflösen von Sulfat aus Gipslagerstätten ist ein hydrogeologischer Effekt, der durch keine Maßnahme gestoppt werden kann.

Es wird daher empfohlen, dass, wenn nachgewiesen wird, dass das Sulfat nur natürlichen Ursprungs ist und kein anthropogener Eintrag stattfindet, die Mitgliedsstaaten keine Schwellenwerte für Sulfat festlegen müssen. Wenn das Sulfat zweierlei Ursprungs ist (natürlich und anthropogen), bleibt die Festlegung eines Schwellenwerts obligatorisch, solange es ein Risiko für den guten Zustand des Wassers darstellt. In diesem Fall könnte eine Untersuchung zu den Kationen (Bsp. Cu^{++}) zu einem besseren Verständnis führen.

Es ist eine minimale Forderung, dass zusätzlich zum Sulfat Chlorid (zum Nachweis des Eindringens von Meerwasser) und der pH (zum Nachweis der Sulfidoxidation aus Pyrit) nachgewiesen werden müssen. Es könnte auch weiterhin empfohlen werden, dass in Ländern mit Gipslagerstätten oder anderen gipshaltigen Gesteinsfolgen Schwellenwerte für das Grundwasser nur auf lokaler Ebene und in Kenntnis aller menschlichen Aktivitäten festgelegt werden.