

Christian E. W. Steinberg und Annett Krüger

Hochmoore im Erzgebirge: Liegt die Störung wirklich in den Mooren?

Kommentar zu dem Aufsatz von GRUNEWALD et al. [1], in „Wasser und Abfall“ Heft 11/2009

Der in Heft 11/2009 bei der Bewertung des Phänomens steigender Huminstoffeinträge in Oberflächengewässern im Erzgebirge herangezogene SAK-Wert und die Interpretation der darauf basierenden DOC-Werte werden kritisch gewürdigt.

1. Problemstellung

Huminstoffe aus gestörten Hochmooren, die in Einzugsgebieten von Trinkwassertalsperren des Erzgebirges liegen, stellen scheinbar ein wasserwirtschaftliches Problem dar [1]. Darüber hinausgehend finden Huminstoffe als wesentlicher Reaktand in biogeochemischen Stoffkreisläufen stets unsere Aufmerksamkeit [2, 3]. Aus diesem Grunde wurde der oben genannte Aufsatz [1] intensiv studiert. Dieser Beitrag beschreibt den Austrag von Huminstoffen aus gestörten ombrotrophen Mooren im Erzgebirge, die dann in Talsperren mit Mehrfachnutzung gelangen. Dies wird am Beispiel an Deutschlands höchst gelegener Talsperre Carlsfeld gezeigt, die sowohl zum Hochwasserschutz von Carlsfeld als auch zur Verbesserung der Trinkwasserversorgung im Vogtland 1929, also als Mehrfachfunktionsspeicher, in Betrieb ging [4]. Im Wesentlichen wird eine Zunahme der Huminstoffe in dem Hauptzufluss des Speichers, der Wilzsch beschrieben, basierend auf der Zunahme des Spektralen Absorptions-Koeffizienten bei 254 nm (SAK_{254}) (Bilder 2 und 6 in [1]). Doch ist die Annahme gerechtfertigt, dass der SAK_{254} und Huminstoffanteil tatsächlich so eindeutig korrelieren, wie es die Autoren beschreiben? Gibt es nicht noch andere Parameter, die den SAK-Wert entscheidend determinieren?

Wir meinen, dass der Zusammenhang nur ein ganz lockerer ist und hinterfragen, inwieweit der SAK_{254} -Wert zur Beschreibung der Huminstoffkonzentration und als Grundlage für einschneidende wasserwirtschaftliche Maßnahmen im Einzugsgebiet der Talsperre Carlsfeld geeignet ist.

2. Definitionen von DOC, Huminstoffe und SAK_{254} -Wert

Der Eintrag von „natürlichen“ organischen Stoffen in Oberflächenwässer schließt die Begriffe TOC (Total Organic Carbon), DOC (Dissolved Organic Carbon), DOM (Dissolved Organic Matter) und Huminstoffe (HS) ein. Werden die in der wässrigen Phase gelösten Anteile, die Filter mit definierter Porengröße ($< 0,45 \mu\text{m}$) passieren, betrachtet, wird von DOC gesprochen. Huminstoffe (HS) bilden einen großen Anteil am DOC, welcher im Raum Carlsfeld in Abhängigkeit vom Jahresgang zwischen 43 und 95 % liegt [5]. Der verbleibende Anteil des DOC setzt sich aus Kohlenhydraten, Peptiden, Aminosäuren, Carboxylsäuren und Alkoholen zusammen.

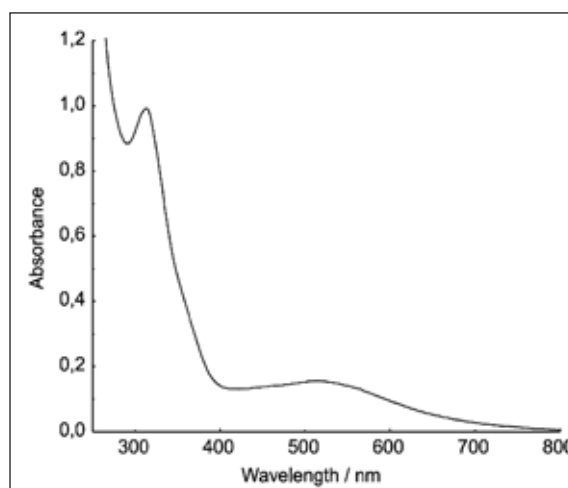
Der DOC-Gehalt wird analytisch nach Ausgasung und Verbrennung durch IR-Absorption des entstehenden CO_2 quanti-

fiziert. Zahlreiche Autoren diskutieren, die Huminstoffkonzentrationen mit Hilfe des SAK_{254} zu erfassen, indem sie eine Korrelierbarkeit zwischen SAK-Werten und DOC-Gehalten aufzeigen. Diese gilt allerdings nur dann, wenn der größte Anteil des DOC durch gelöste HS bestimmt wird und möglichst geringen, saisonalen Schwankungen unterliegen [6, 7]. Dies trifft für natürliche Gewässer in Klimaten mit Jahreszeiten jedoch nicht zu – die HS verändern sich und ihre Eigenschaften jahreszyklisch [8, 9].

3. Ist der SAK_{254} ein hinreichendes Maß für die Beschreibung der apparenten Huminstoffzunahme?

Grunewald et al. [1] zitieren einen Nordtest-Bericht von 2003, der folgendes Zitat enthält: *“The increase in colour has usual-*

Bild 1: UV-Vis-Spektrum eines Eisen-Catechol-Komplexes in einem organischen Lösungsmittel [16]. Catechol ist 1,2-Dihydroxybenzol und kann als einfacher Modellbaustein von Huminstoffen angesehen werden. In wässrigem Medium sieht das Spektrum geringfügig anders aus; die starke Zunahme im UV-Bereich bleibt auf jeden Fall.



ly been greater than Organic Carbon (OC) content, indicating that not only the quantity but also the quality of NOM is changing" [10, p. 4]. Auf dieses Problem haben übrigens schon vor knapp 20 Jahren auch schwedische Wissenschaftler aufmerksam gemacht [11]. Grunewald et al. [1] gehen hierauf aber nicht ein, sodass der Leser den Eindruck gewinnen könnte, dass der SAK_{254} die Zunahme an Huminstoffen in den Talsperren realistisch wiedergibt, was allerdings nicht stimmt. Wenn dann anschließend wasserwirtschaftliche oder landespflegerische Maßnahmen auf derartigen Messungen aufgebaut werden, können mit großer Wahrscheinlichkeit Fehler passieren oder es tritt in der Talsperre Carlsfeld unter Umständen nicht der gewünschte Entlastungseffekt ein, weil die Mechanismen falsch gedeutet worden sind.

Woher rührt nun die Skepsis? Kann der SAK als Maß für HS Konzentration herangezogen werden? Die Antwort ist: Nein, denn den SAK, insbesondere im UV-C-Bereich, bestimmen noch andere Stoffe, und

zwar unter Umständen viel stärker als die Huminstoffe. Schaut man in die Daten, die der Veröffentlichung [1] zu Grunde liegen, dann sieht man am Beispiel von drei Bächen, dass selbst in einem regional eng begrenzten Gebiet keine feste Beziehung zwischen SAK_{254} und DOC existiert: für den Wernsbach wurde ein Verhältnis von SAK zu DOC von 5,3:1, für die Rote Mulde von 8,0:1 und für die Wilzsch, den Hauptzufluss zur Talsperre Carlsfeld, von 4,75:1 gefunden [12]. Stark variable SAK/DOC-Verhältnisse wurden auch durch andere Studien bestätigt [13, 14, 15]. Für die Erzgebirgsgewässer heißt dies, dass nur zwischen 12 und maximal 20% des SAK_{254} -Wertes in DOC umgerechnet werden können. Dies ist dadurch begründet, dass im UV-C-Bereich nicht nur allein der chromophore gelöste organische Kohlenstoff (Huminstoffe) absorbiert; vielmehr geht in den SAK_{254} beispielsweise auch komplexiertes Eisen ein [16], wie **Bild 1** verdeutlicht, und zwar besonders stark im Bereich unter 290 nm, in dem auch Grunewald et al. [1] gemessen haben.

Nach eigenen Untersuchungen [3] liegt gerade in der Wilzsch bei hoher SAK_{254} -Zunahme besonders viel Eisen vor: im Mittel 1,03 mg/l – ein für Oberflächengewässer recht hoher Wert. Ähnliche Ergebnisse, hohe Fe-Gehalte in Oberflächenwässern als bestimmende Parameter für die Färbung von Wasserinhaltsstoffen werden seit mehr als 20 Jahren beschrieben [11, 17, 18]. Schaut man sich den Jahresgang zum Beispiel am Pegel der Wilzsch (Bild 2) und anderer Messstellen an, dann wird deutlich, dass die Dynamik des SAK mit aller Wahrscheinlichkeit stärker durch Eisenkomplexe als durch Huminstoffe selbst geprägt wird, wie wir kurz diskutieren wollen.

Es ist belegt [19, 20], dass Huminstoffe reduzierend wirken und komplexiertes bzw. auch freies Fe(III) zu Fe(II) reduzieren, insbesondere die aus Mooren stammenden HS [20]. Dieser Prozess geht mit einer Veränderung der HS-Struktur und einer Intensivierung des SAK einher [21]. Eine Freisetzung von Fe(II) nach Reduktion aus Fe(III)-Phosphor-Verbindungen kann die Bildung von Fe-Humaten [20] be-

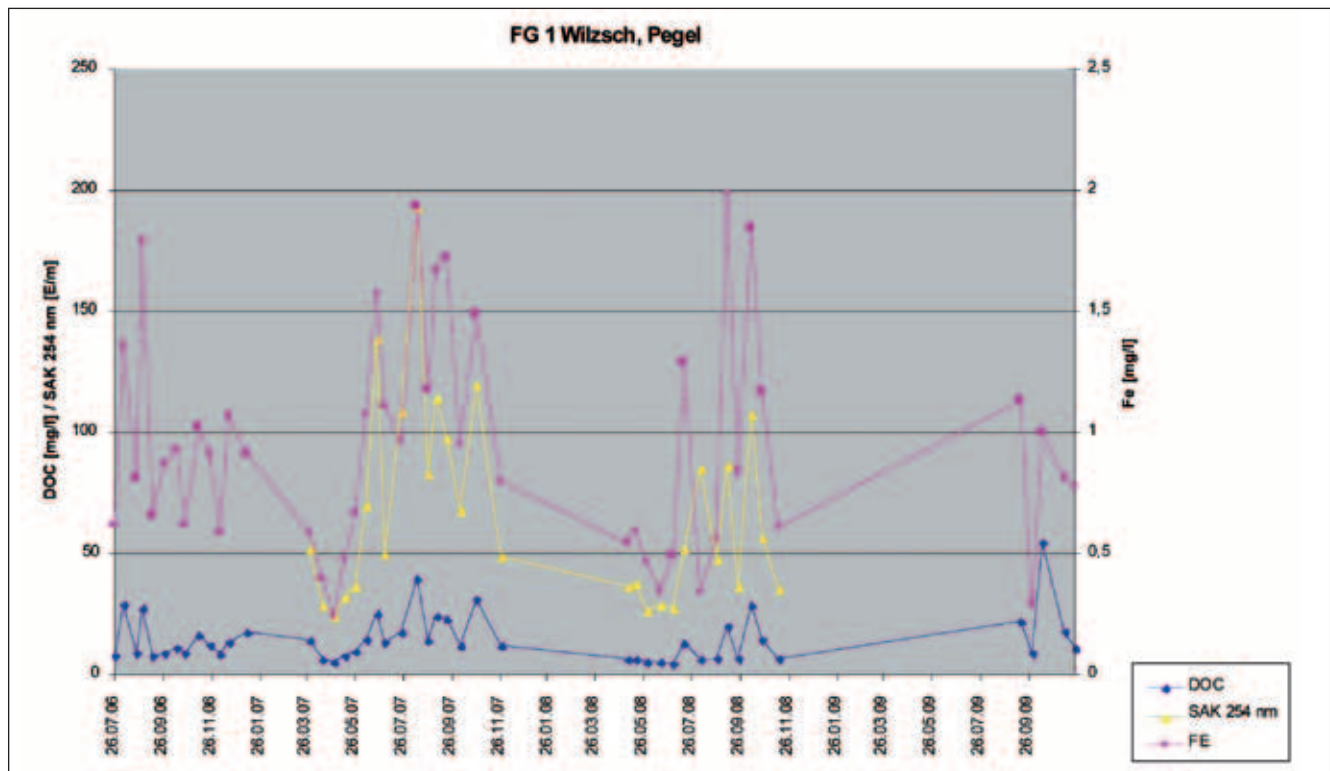


Bild 2: Beziehungen zwischen DOC [mg/l] bzw. SAK_{254nm} -Werten [E/m] und Fe-Konzentrationen (Sekundärachse, in mg/l) im jahreszeitlichen Verlauf für das Fließgewässer der Wilzsch am Pegel Wilzsch (FG 1), im Zeitraum 26.07.2006 bis 24.11.2009. $\bar{\sigma} SAK_{254nm}$: 5,27, $\bar{\sigma} SAK/Fe$: 74,43. Daten aus [3] in Erweiterung bis 2009. An der Wilzsch vor der Einmündung der Kranitzsch liegen folgende Werte vor: $\bar{\sigma} SAK_{254nm}$: 4,91, $\bar{\sigma} SAK/Fe$: 73,95; in der Kranitzsch: $\bar{\sigma} SAK_{254nm}$: 5,76, $\bar{\sigma} SAK/Fe$: 66,30 und an der Wilzsch vor Torfstichrülle: $\bar{\sigma} SAK_{254nm}$: 4,96, $\bar{\sigma} SAK/Fe$: 17,78.

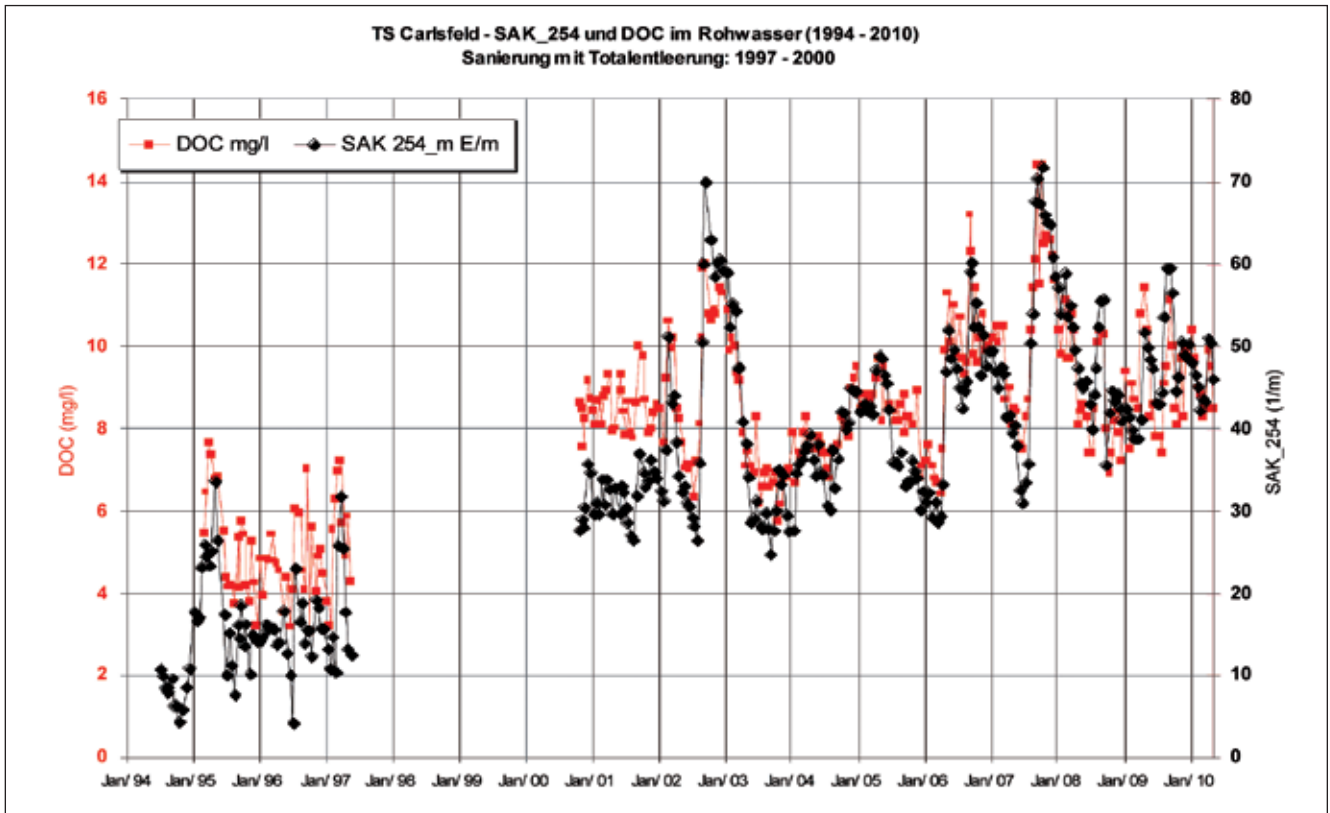


Bild 3: Entwicklung des SAK₂₅₄ und des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) im Rohwasser der Talsperre Carlsfeld. Die Daten wurden uns dankenswerterweise von der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Pirna, zur Verfügung gestellt.

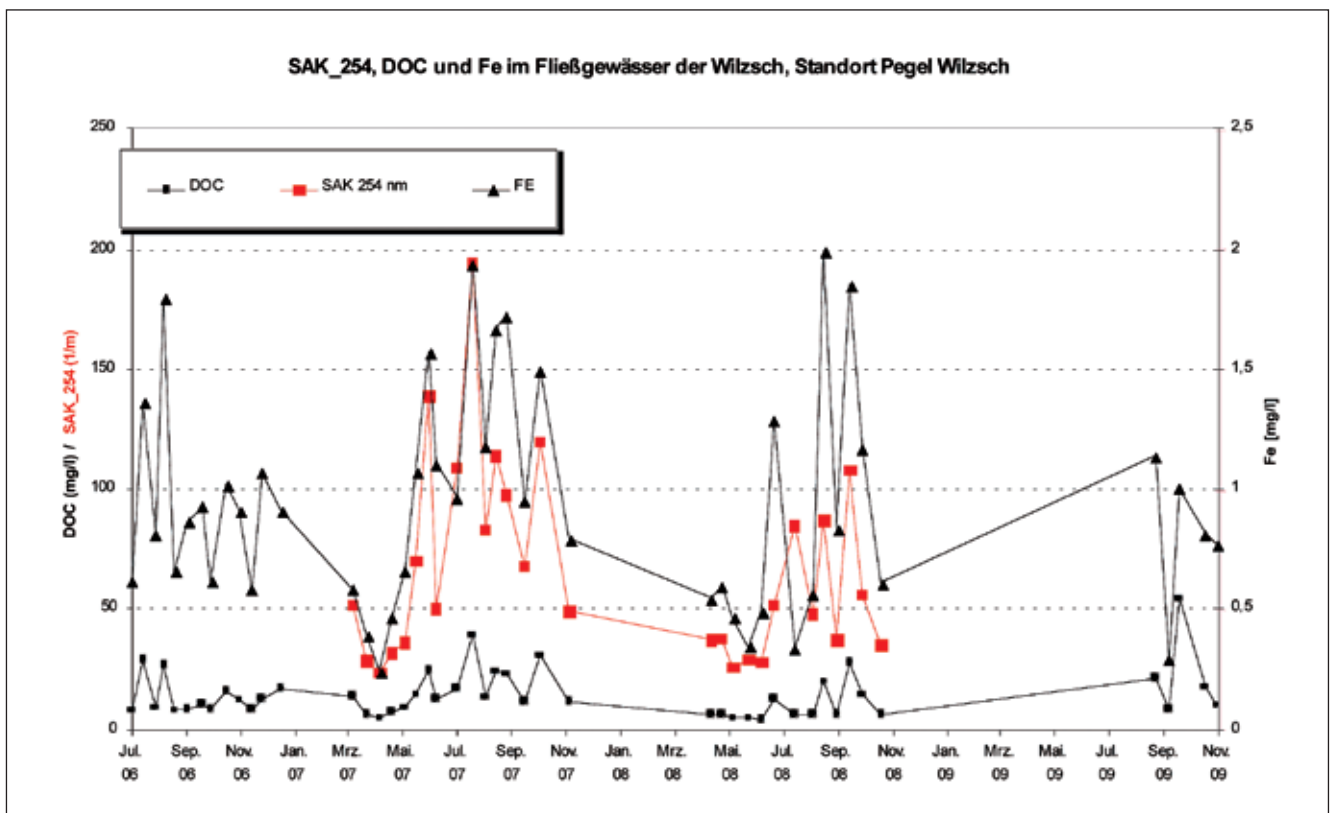


Bild 4: Entwicklung des SAK₂₅₄, des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) und der Fe-Konzentrationen im Oberflächenwasser der Wilzsch am Standort Wilzsch-Pegel, Zeitraum Juli 2006 – November 2009, Probe FG 1. Daten aus [3] in Erweiterung bis 2009.

wirken und somit eine verstärkte Eisenfracht in den Wässern verursachen. Dieser Prozess würde auch den in [1] beschriebenen verstärkten Anstieg der Phosphatgehalte um bis zu 47 % erklären. Ebenfalls ließe sich der zwar gestiegene SAK-Wert um 39 – 66 % bei einem nur von 16 – 29 % gestiegenen DOC-Anstieg [1] so begründen (Zeiträume 1993 – 2008).

Die gebildeten metallorganischen Komplexe des Fe mit den Huminstoffen bilden die Grundlage für den gestiegenen SAK-Wert. Ein Beleg für diese Vermutung neben den Fe-Werten im Vergleich zu DOC und SAK (**Bild 2**) ist, dass bei ähnlichen Mittelwerten des spezifischen SAK (= SAK_{254} : DOC; SSAK: 4,91 bzw. 4,96) der Fließgewässer Wilzsch an verschiedenen Stellen, die in der Legende zu **Bild 2** genannt sind, die Eisenanteile angestiegen sind. Dies bedeutet, dass der HS-Anteil am DOC unverändert bleibt, jedoch höhere Eisenanteile zur Verfügung stehen und der gestiegene SAK-Wert durch die UV-Absorption der Fe-Humate gebildet wird. Die Freisetzung des Eisens könnte entsprechend [19, 20] nach Freisetzung in Folge der Reduktion von Fe(III) durch die in den Moorwässern der Größe Säure gelösten Huminstoffe erfolgen. Diese Hypothese, dass der Anstieg des SAK_{254} nicht unbedingt durch einen verstärkten HS-Austrag, sondern eher durch eine verstärkte Freisetzung von metallorganischen Eisenkomplexen verursacht wird, wird neben den Ergebnissen in der Literatur [11, 18] selbst durch die Messreihen von Grunewald et al. (2008) [22] im Zeitbereich 2004 – 2008 gestützt, aber nicht diskutiert. Die höchsten SAK-Werte (59,6 – 86,5 E/m) werden im Bereich Kranichsee (Tab. 3.12 in [22]) bei den höchsten Eisenwerten von bis zu 2,2 mg/l gemessen, die geringsten SAK-Werte (13 – 40,8 E/m) in einem Bach von Südost bei geringeren Eisenwerten (0,3 – 0,4 mg/l). Im Vergleich aller Zuläufe zur Talsperre Wilzsch steigen die durchschnittlichen SAK-Werte zumeist mit den Eisengehalten.

An den DOC- und SAK-Ganglinien im Rohwasser der Talsperre Carlsfeld (**Bild 3**) fällt bei genauer Betrachtung auf, dass sie deutlich in zwei Teile zerfallen. Lag in dieser Darstellung der DOC-Wert bis ein Jahr nach der Talsperrensanierung über der Ganglinie des SAK, kehrt sich dieses Verhältnis ab Frühjahr 2002 um. Mit rund einem Jahr Verzögerung nach der Sanierung der Talsperre treten im Rohwasser somit Substanzen auf, die stärker im UVC absorbieren als zuvor und relativ ärmer an

DOC sind. Es ist zu überlegen, ob es neben den externen Einträgen eine weitere Quelle für UV-absorbierende Stoffe gibt. Dies war nicht eindeutig in Erfahrung zu bringen. Doch folgende Überlegung entbehrt nicht einer gewissen Plausibilität: Das überstaute Tal der Talsperre Carlsfeld wird in alten Bodenkarten als weitgehend bedeckt mit Moorböden und Torfen verschiedener Mächtigkeit angegeben. Es ist wahrscheinlich, dass diese Böden seinerzeit nicht ausgeräumt wurden und zu den von HÖHNE [23] beschriebenen Wasserqualitätsproblemen geführt haben können – Talsperrenräumungen vor dem Einstau waren aus Gründen der Wasserqualität erst nach dem 2. Weltkrieg üblich. Diese am Sperrenboden vorhandenen Stoffe könnten durch die Sanierung erst gut belüftet und nach der Wiederbefüllung einem anoxischen Milieu ausgesetzt worden sein, was unterschiedliche Qualitäten an ausgelagerten UV-absorbierenden Stoffen freigesetzt haben könnte.

4. Schlussfolgerung

Abschließend möchte wir unsere oben erwähnte Skepsis bekräftigen und fragen, ob die dargestellten Untersuchungen [1, 12, 22] tatsächlich ausreichen, umfangreichere Maßnahmen bei Trinkwasseraufbereitung oder Moorrenaturierung (Räumung vs. Stau von Entwässerungsgräben) zu rechtfertigen oder zu begründen. So fallen zu mindest zwei fragwürdige Punkte auf.

Erstens liegt die Vermutung nahe, dass der Anstieg des SAK-Wertes stark durch die Eisenanteile geprägt wird, welche sich in den Teileinzugsgebieten stark unterscheiden und mit den DOC-Werten korrelieren. Die Erhöhung der Eisenfracht erfolgt durch Reaktion mit Huminstoffen. Des Weiteren kann nach Absenkung des Wasserspiegels bis hin zu einer größeren Tiefe nach aerober Humifizierung der organischen Substanz im Katotelm ein verstärkter Huminstoffaustrag stattfinden [18, 24]. Neben den Einflüssen der Landnutzung sind ebenso morphologische Standorteigenschaften bei dem Vergleich verschiedener Testgebiete in Bezug auf unterschiedliches OC-Mobilisierungspotenzial zu beachten [18]. Neben dem SAK-Wert sollten deshalb weitere und vor allem spezifischere Parameter, wie Humifizierungs-Indizes [25, 26], zur genauen Determinierung des HS-Anteiles am DOC angewandt werden.

Zweitens scheint auch die DOC-Zunahme in der Talsperre Carlsfeld selbst nur monokausal interpretiert zu sein, sodass insgesamt zu fragen ist, ob auf der Grundlage dieser nicht überzeugenden charakterisierten und mechanistisch begründeten Huminstoff-Zunahme angeblich aus den gestörten Hochmooren so weitgehende Eingriffe in den Landschaftshaushalt gerechtfertigt werden können, wie sie von Grunewald et al. [1, 12, 22] angedeutet werden.

Autoren

Prof. Dr. Christian Steinberg,
Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für
Biologie, Gewässer- und Stressökologie,
Arboretum,
Späthstraße 80/81,
12437 Berlin

Dr. Annett Krüger,
Universität Leipzig, Institut für Geographie,
Abteilung Physische Geographie,
Johannisallee 19a, 04103 Leipzig

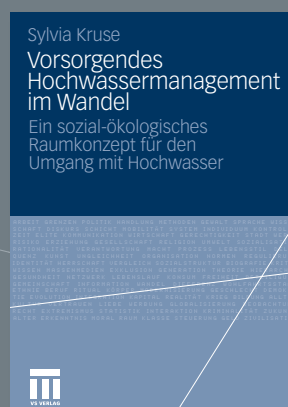
Literatur

- [1] GRUNEWALD, K. ET AL.: Einzugsgebiete mit gestörten Hochmooren und ihre Relevanz für Trinkwassertalsperren im Erzgebirge. *Wasser Abfall* 11/2009, 49-54
- [2] STEINBERG, C.E.W.: *Ecology of Humic Substances*. Springer-Verlag Berlin, 2003
- [3] KRÜGER, A., NEUMEISTER, H.: Erarbeitung und Erprobung eines Monitoringkonzeptes für hydrochemische Parameter im Einzugsgebiet der Oberen Wilzsch und dem regenerierenden Hochmoor „Große Säure“. Forschungsbericht im Auftrag des RP Chemnitz, Leipzig, 2008.
- [4] Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (Hrsg.): *Talsperren in Sachsen*. Eigenverlag, 28 – 31, 2007.
- [5] GRUNEWALD, K. ET AL.: Abschlussbericht zum Projekt: Analyse der Auswirkungen regulierender Eingriffe in den Wasser- und Stoffhaushalt von Moor-Anmoor-Komplexen im Erzgebirge am Beispiel des Einzugsgebietes der Trinkwassertalsperre Carlsfeld. Dresden, 44 S., unveröffentlicht, 2004
- [6] HÜTTER, L. A.: *Wasser und Wasseruntersuchung*. 5. Aufl. Frankfurt: 516 S., 1992
- [7] VAN DEN BERGH, J.: Vor-Ort-Charakterisierung von aquatischen Huminstoffen und ihren Metallspezies. Dissertation des Fachbereichs Chemie der Universität Dortmund, 2001
- [8] VOGT, R. D. ET AL.: Key site variables governing the functional characteristics of Dissolved Natural Organic Matter (DNOM) in Nordic natural catchments. *Aquat. Sci.* 66, 195 – 210, 2004
- [9] PAUL, A., HACKBARTH, S. ET AL.: Photogeneration of singlet oxygen by humic substances: comparison of humic substances of aquatic and terrestrial origin. *Photochem. Photobiol. Sci.* 273 – 280, 2004

- [10] NORDTEST: Increase in colour and amount of organic matter in surface waters. Position Paper 009 of NORDTEST, www.nordtest.org (aufgesucht am 06.05.2010)
- [11] FORSBERG, C.: Will an increased greenhouse impact in Fennoscandia give rise to more humic and coloured lakes? *Hydrobiologia* 229, 51 – 58, 1992.
- [12] GRUNEWALD, K., SCHMIDT, W. (Hrsg): Problematische Huminstoffeinträge in Oberflächengewässern im Erzgebirge. Rhombos-Verlag, Berlin, 244 S, 2005
- [13] SACHSE, A., ET AL.: Characterization of dissolved organic carbon (DOC) in a dystrophic lake and an adjacent fen. *Biogeochemistry* 54, 279 – 296, 2001.
- [14] BURKERT, U., ET AL.: The hydrogeology of a catchment area and an artificially divided dystrophic lake: Consequences for the limnology of Lake Fuchskuhle. *Biogeochemistry* 71, 225 – 246, 2004.
- [15] SACHSE, A. ET AL.: Classification of dissolved organic carbon (DOC) in river systems: Influence of catchment characteristics and autochthonous processes. *Org. Geochem.* 36, 923 – 935, 2005
- [16] BARRETO, W.J. ET AL.: Iron oxide and pyrocathecol: a spectroscopy study of the reaction products. *Química Nova* 29, 2006
- [17] TIPPING, E., HURLEY, A.: A model of solid-solution interactions in acid organic soils, based on the complexation properties of humic substances. *J. Soil Sci.*, 39, 505 – 519, 1988
- [18] MITCHELL, G., McDONALD, A.T.: Catchment characterization as a tool for upland water quality management. *J. Environ. Manage.* 44, 83 – 95, 1995
- [19] LIPTZIN, D., SOLVER, W.L.: Effect of Carbon additions on iron reduction and phosphorus availability in an humid tropical forest soil. *Soil Biol. Biochem.* 41, 1696 – 1702, 2002
- [20] PACIOLLA, M.D. ET AL.: The reduction of iron species by humic acid and subsequent production of reactive oxygen species. *Adv. Environ. Res.* 7, 169 – 178, 2002
- [21] GU, B., CHEN, J.: Enhanced microbial reduction of Cr(VI) and U(VI) by different natural organic matter fractions. *Geochim. Cosmochim. Acta* 67, 3575 – 3582, 2003
- [22] GRUNEWALD, K. ET AL.: Forst- und wasserwirtschaftliche Praxis unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Belange in Einzugsgebieten von Trinkwassertalsperren mit hohem Moor- und Fichtenforstenanteil im oberen Erzgebirge (Carlsfeld). Forschungsbericht zum Projekt, Auftraggeber LTV Sachsen, Dresden, unveröffentlicht, 2008
- [23] HÖHNE, E.: Untersuchungen zur Regionallimnologie der Trinkwassertalsperren des mittleren und westlichen Erzgebirges. Dissertation TU Dresden 1970.
- [24] MITCHELL, G., McDONALD, A.T.: Discolouration of water by peat following induced drought and rainfall simulation. *Wat. Res.* 26, 321 – 326, 1992
- [25] GLATZEL, S., ET AL.: Dissolved organic matter properties and their relationship to carbon dioxide efflux from restored peat bogs. *Geoderma* 113, 397 – 411, 2003
- [26] BOURBONNIERE, R.A.: Distribution patterns of dissolved organic matter fractions in natural waters from Easter Canada. *Org. Geochem.* 14, 97 – 107, 1989

Anzeige

Ein sozial-ökologisches Raumkonzept für den Umgang mit Hochwasser



Sylvia Kruse

Vorsorgendes Hochwassermanagement im Wandel

Ein sozial-ökologisches Raumkonzept für den Umgang mit Hochwasser

2010. 261 S. Mit 20 Abb. u. 7 Tab. Br. EUR 34,95

ISBN 978-3-531-17208-8

Extreme Überschwemmungsereignisse können zu hohen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Schäden führen und bisherige Handlungsstrategien im Umgang mit Hochwasser in Frage stellen. Oft wird dabei ein Wandel von einem technisch-dominierten Hochwasserschutz zu einem integrierten, vorsorgenden Hochwassermanagement gefordert. Das Elbehochwasser des Sommers 2002 ist Ausgangspunkt für die Untersuchung dieses politischen und planerischen Veränderungsprozesses.

Theoretisch steht der Umgang mit Hochwasser stellvertretend für ein sich veränderndes Verhältnis von Gesellschaft und Natur. Ein sozial-ökologisches Raumkonzept dient dabei als untersuchungsleitendes Analysekonzept für die empirische Forschung in der Region Mulde-Mündung.

Änderungen vorbehalten. Stand: Juni 2010.
Erhältlich im Buchhandel oder beim Verlag.



VS Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH
Abraham-Lincoln-Straße 46 | 65189 Wiesbaden
tel +49 (0)611 / 78 78 – 285
fax +49 (0)611 / 78 78 – 420
www.vs-verlag.de

Wissen entscheidet