

## **Zur Problematik von Stauhaltungen unter besonderer Berücksichtigung der Saale**

Alfons HENRICHFREISE (Bonn)

Mit 1 Abbildung

### **Zusammenfassung**

Die natürlichen Wohlfahrtswirkungen freifließender Flüsse und ihre Wasserstandsschwankungen werden durch den Bau von Staustufen erheblich und nachhaltig beeinträchtigt. Am Beispiel der Unteren Saale wird dargelegt, dass die Beeinträchtigungen von Flußabschnitten mit geringem Gefälle und wenigen Hochwassern in der Vegetationsperiode wie an der Elbe und an der Unteren Saale wesentlich größer sind als bei hohem Fließgefälle und bei überwiegend von Frühjahrs- und Sommerhochwassern geprägten Flüssen alpiner Herkunft.

Es gibt Vorhaben, die durch Stauhaltungen in Mitleidenschaft gezogenen Grundwasserstandsschwankungen durch Einspeisungs- und Entnahmebrunnen wieder zu vergrößern. Bis heute liegen jedoch keine fachlich qualifizierten Erkenntnisse und langfristigen Erfahrungen vor, dass diese oder andere Methoden der Grundwasserbewirtschaftung die erforderlichen großen Grundwasserstandsschwankungen auf Dauer wiederherstellen können. Die kritische Belastung der Saale (Wassergüteklasse II-III) und die bei Hochwassern verstärkte Schwebstofffracht erschweren die Einspeisung und vergrößern dabei den technischen wie finanziellen Aufwand. Überdies sind die staustufenbedingten Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft so unterschiedlich, dass auch eine möglicherweise erfolgreiche Grundwasserbewirtschaftung nicht den funktionalen Ausgleich für die übrigen Nachteile herbeizuführen vermag.

### **Abstract**

The natural beneficial effects of free flowing rivers and their fluctuating water levels are adversely and permanently affected by the building of weirs. Using the lower Saale river as an example, it is shown that the negative effects are much larger for river stretches of low slope and with few floods during the vegetation period such as the Elbe and lower Saale rivers, than for alpine fed rivers with their higher slope and a flooding primarily in spring and summer.

Plans exist, which intend to re-enlarge the amplitudes of groundwater fluctuations diminished by weirs through feeding- and withdrawal-wells. So far, no sound knowledge and long-term experience exist, that these or other methodes of groundwater management could restore the essential high groundwater fluctuations in the long run. The critical pollution load of the Saale (water quality class II - III) combined with the increased load of suspended matter during floods complicate the feeding process and increase the technical and financial costs.

Moreover, the negative effects of impoundment and weirs to nature and landscape are so different that even a possibly successful groundwater management could never lead to the functional compensation for the remaining disadvantages.

## 1. Einleitung

Frei und unablässig strömende Flüsse schaffen kraft ihres pulsierenden Wechsels von hoher und niedriger Wasserführung ihre Auen als Lebensadern der Landschaft. Auen sind Bereiche entlang von Flüssen, deren Böden bei Hochwasser nicht nur von unten durchfeuchtet, sondern zum größten Teil von ausuferndem Wasser überströmt werden und anschließend wieder bis auf wenige Wasserflächen trockenfallen. Damit stellen sie einen eigenen Landschaftstyp dar, zu dem ursprünglich auch die Niederungen der heute mit Staustufen bestückten Flußstrecken wie z. B. an Oberrhein, Donau, Mosel, Main und Saale gehörten. Der große Wechsel der Wasserstände blieb bei der Begradigung der Flüsse in weiten Bereichen maßgebend für den Boden sowie für die Pflanzen- und Tierwelt erhalten. Damit bestanden - solange nicht der Bau von Staustufen einsetzte - auch deren natürliche Wohlfahrtswirkungen für den Menschen fort.

## 2. Natürliche Wohlfahrtswirkungen von Wasserstandsschwankungen und deren Beeinträchtigung durch Dauerstaue

Von Natur aus bewirken starke, immer wieder auftretende Wasserstandsschwankungen der Flüsse, dass die **Flußauen** einerseits fast alle Jahre **durch Überschwemmungen mit Wasser versorgt**, ihre Böden aber andererseits **während niedriger Wasserstände** auch wieder **durchlüftet** werden. Dieses gleichsam tiefe Aus- und Einatmen der Aue erschließt nicht nur den Pflanzenwurzeln einen tiefen Bodenraum, macht dessen Nährstoffe in ionarer Form aufnehmbar und steigert somit die Wuchsleistung; große Wasserstandsschwankungen sind auch Voraussetzung für die Entwicklung spezifischer Pflanzen- und Tiergemeinschaften, die nur in der Aue und nirgends sonst leben können. Wechselnde Wasserstände und Wechselfeuchte - oft einhergehend mit zeitweiligem Trocken- und Nässestreß für Arten - bilden somit den existenznotwendigen Rahmen für auetypische Biozöosen. Immer wieder auftretende tiefe Wasserstände verbessern mit der tieferen Durchwurzelung des Bodens die Standfestigkeit des Auewaldes. Ferner wirken wiederkehrende niedrige Wasserstände der nachhaltigen Abdichtung des Gewässerbettes, der Kolmation, entgegen.

Große Wasserstandsschwankungen in Auen sind auch deshalb erforderlich, weil dadurch das gesamte Auegelände mit seinen beträchtlichen Höhenunterschieden und der stark schwankenden Mächtigkeit der durchwurzelbaren Bodendeckschicht immer wieder den günstigen Einfluss des Wassers erhält und ebenso häufig trockenfällt. Dauernde Vernässung ist für Auen ähnlich schädlich wie ständige Trockenheit. Deshalb können nur die ausgeprägte Dynamik der Wasserstände und die natürliche Strömungsvielfalt des frei fließenden Wassers die spezifische Wuchsleistung der unterschiedlichen Auestandorte und die auetypische Vielfalt der Vegetation und Tierwelt auf der **ganzen** Fläche zur Entfaltung bringen.

Im Staustufenbereich kommt die große Wechselwasserstandsdynamik zum Erliegen. Deshalb stellen sich folgende Nachteile ein:

- S Hochgelegene Aueflächen bleiben dauertrocken (häufig mehr als 50 % der gesamten Fläche).
- S Mittlere Geländebereiche unterliegen auerfremden Dauerfeuchtestufen.
- S Tiefliegende Flächen sind ständig wasserbedeckt oder dauervernäßt.

Der immer wiederkehrende Wechsel hoher und tiefer Wasserstände, den es vor Staustufenbau gab, belebte dagegen wie ein kräftiger Puls die gesamte Landschaft und schloss zusammen mit dem strömend abfließenden Hochwasser die für Auen tödliche Stagnation aus.

Werden aber Stauhaltungen angelegt, hat dies zur Folge, dass der durchwurzelbare Bodenraum eingeschränkt und die Fließdynamik herabgesetzt wird. Es entstehen vermehrt Dauerwasserstufen, wie z. B. "ständig nass" oder gar "ständig wasserbedeckt". Das mag für Vegetationseinheiten wie beispielsweise verschiedene Wasserpflanzengesellschaften, Schilfbestände oder den Schwarzerlenbruchwald und das Sumpfschilfried von Vorteil sein, doch werden die für Flußauen in erster Linie charakteristischen Pionierkraut-, Wald- und Grünlandgesellschaften dadurch verdrängt.

Der Verlust der großräumig wirksamen Strömungs- und Wasserstandsdynamik im Grund- und Oberflächenwasser führt dazu, dass die auetypischen Funktionen und somit die auetypische Vegetation und Tierwelt vernichtet oder bis zur Unkenntlichkeit beeinträchtigt werden.

Deutliche Unterschiede zwischen freifließender Strecke und Staustufenbereich sind nicht nur der einschlägigen Fachliteratur (HÜGIN 1962, DISTER 1980, HÜGIN 1980, HÜGIN und HENRICHFREISE 1992) zu entnehmen, sie sind für Auekenner bereits im Gelände entlang der kurzen Saale-Strecke zwischen Bernburg und der Mündung leicht ablesbar.

### **3. Besonderheiten der Vegetationszonierung an der mittleren Elbe und an der freifließenden Saale abwärts Calbe**

Untersuchungen der TU Dresden und des Bundesamtes für Naturschutz von 1992 bis 1995 an der mittleren Elbe erbrachten im Bereich der Saale-Mündung Ergebnisse, die als Grundlage für ein Schutzprogramm sowie für wasserbauliche Planungen und Pflegemaßnahmen dienen können. Sie enthalten im Kern folgende Aussage:

- S** Die Bodenniveaus der auetypischen Wälder (Eichen-Ulmenwald und Weidenwald) sind an den Flüssen Mitteleuropas gegenüber dem jeweiligen Niveau des langjährigen Mittelwassers (MW Jahr) sehr unterschiedlich angeordnet, wie es das Beispiel von Rhein und Elbe zeigt (Abb. 1):
- S** Der wasserstandsbedingte natürliche Weidenwald am Mittelrhein (Raum Bonn) umfaßt Standortniveaus von 1,4 m Höhenunterschied (KRAUSE 1982) und liegt wie am freifließenden Oberrhein abwärts der Staustufenkette vorwiegend *über* dem langjährigen Jahresmittelwasserstand (MW).
- S** An der mittleren Elbe hingegen, im Raum Barby nahe der Saale-Mündung, befinden sich die vergleichbaren Standorte des nassen Weidenwaldes deutlich *unter* der Mittelwasserlinie und umfassen hier nur die geringe Höhenspanne von 0,8 m. Der Eichen-Ulmenwald dringt in seiner tiefgelegenen Ausbildung mit Ulme und Rot-Esche bis zu 3 dm unter das Jahres-MW vor (HENRICHFREISE 1996).

Ursache für die tiefe Lage von Weidenwald und Eichen-Ulmenwald an den Ufern der mittleren Elbe ist vor allem das jahreszeitlich andersartige Abflußverhalten der Elbe. Hier klingen die Frühjahrshochwasser gewöhnlich bereits zu Anfang der Vegetationsperiode (April) aus, und während der Hauptvegetationszeit (ab Mai) erlauben die meist tiefen Wasserstände der Vegetation ein weites Vordringen in das Gewässerbett. Am Rhein aber, der in der Regel von Mai bis Juni einen höheren Wasserabfluß - gespeist aus Schneeschmelzwassern der Alpen - führt, vermögen Bäume und Sträucher nicht so tief aufzuwachsen, und der Weidenwald reicht nur bis zu 2 dm unter Mittelwasser.

Die in Abbildung 1 dargestellten standörtlichen und vegetationskundlichen Verhältnisse für die Mittlere Elbe bei Barby sind auf das nahe Saale-Mündungsgebiet übertragbar.

Welche Folgen lassen sich aufgrund der tiefen Lage der Auewaldstandorte beim geplanten Saaleausbau erkennen?

#### **4. Auswirkungen des geplanten Staustufenbaus im Saale-Mündungsgebiet**

Eine Stauhaltung im Saale-Mündungsgebiet bei Klein Rosenberg, die mit einer Wasserspiegelhöhe von 51,00 m ü. NN bei Km 3,5 "nur" 1,2 m über dem langjährigen Jahresmittelwasserstand läge, unterbände vollständig die für Auen existenznotwendigen Wasserstandsschwankungen bis weit in das mittlere Niveau des Hartholzaue-Standortes am Flusssufer (Abb. 1). Ein vergleichbarer Aufstau von 1,2 m über MW im Rhein würde lediglich den Weidenwald-Standort einstauen, den Standort des Eichen-Ulmenwaldes aber nicht einmal berühren.

Dieselbe Einstauhöhe über dem bundesweit einheitlich als Planungsniveau herangezogenen langjährigen Mittelwasserstand verursacht an der Elbe und Saale schwerwiegendere Folgen als an Flüssen mit ausgeprägt regelmäßigen Sommerhochwassern. Deshalb wäre von Planungsseite - bereits bei der Aufstellung des Bundesverkehrswegeplanes - eine ökologische Differenzierung dieser unterschiedlich einzustufenden Flußtypen erforderlich. Das Mittelwasser ist rein arithmetisch ermittelt, es ist lediglich ein Durchschnittswert über das ganze Jahr, tritt an nur wenigen Tagen im Jahr auf und ermöglicht keinerlei Aufschluss über die Wasserstandsverhältnisse in der für die Vegetationszonierung ausschlaggebenden Vegetationsperiode. Damit ist das planerische Bezugsniveau der Jahresmittelwasserlinie nur ein fiktiver Wert ohne die notwendige Aussagekraft über ihre Wirkung, findet aber dessen ungeachtet weiterhin unkritische Anwendung im Wasserbau.

Ein weiterer zum Oberrhein bestehender Unterschied wirft an der Saale große ökologische Probleme auf. Es ist das **geringe Gefälle der Unteren Saale** von durchschnittlich nur **0,18 ‰**. Selbst die niedrigste geplante Stauhöhe (51,00 m ü. NN) reicht bei dem geringen Fließgefälle von 18 cm je Kilometer bis zum bestehenden Stauwehr Calbe bei Saale-Kilometer 20 zurück. Dieser relativ niedrige Dauerstau von 3,2 m über dem niedrigsten Niedrigwasserstand (NNW) am Wehr Klein Rosenberg (Km 3,5) würde in eine gleichlange Fließstrecke zurückstauen wie ein fast 18 m hohes (gedachtes) Wehr am südlichen Oberrhein - bei einem dort etwa fünffach größeren Fließgefälle (1 ‰). Am Oberrhein aber wurden die Staustufen bereits vor einem halben

Jahrhundert so bemessen, dass sie einen deutlich kürzeren Rückstau als die niedrigste Stauvariante bei Klein Rosenberg verursachen.

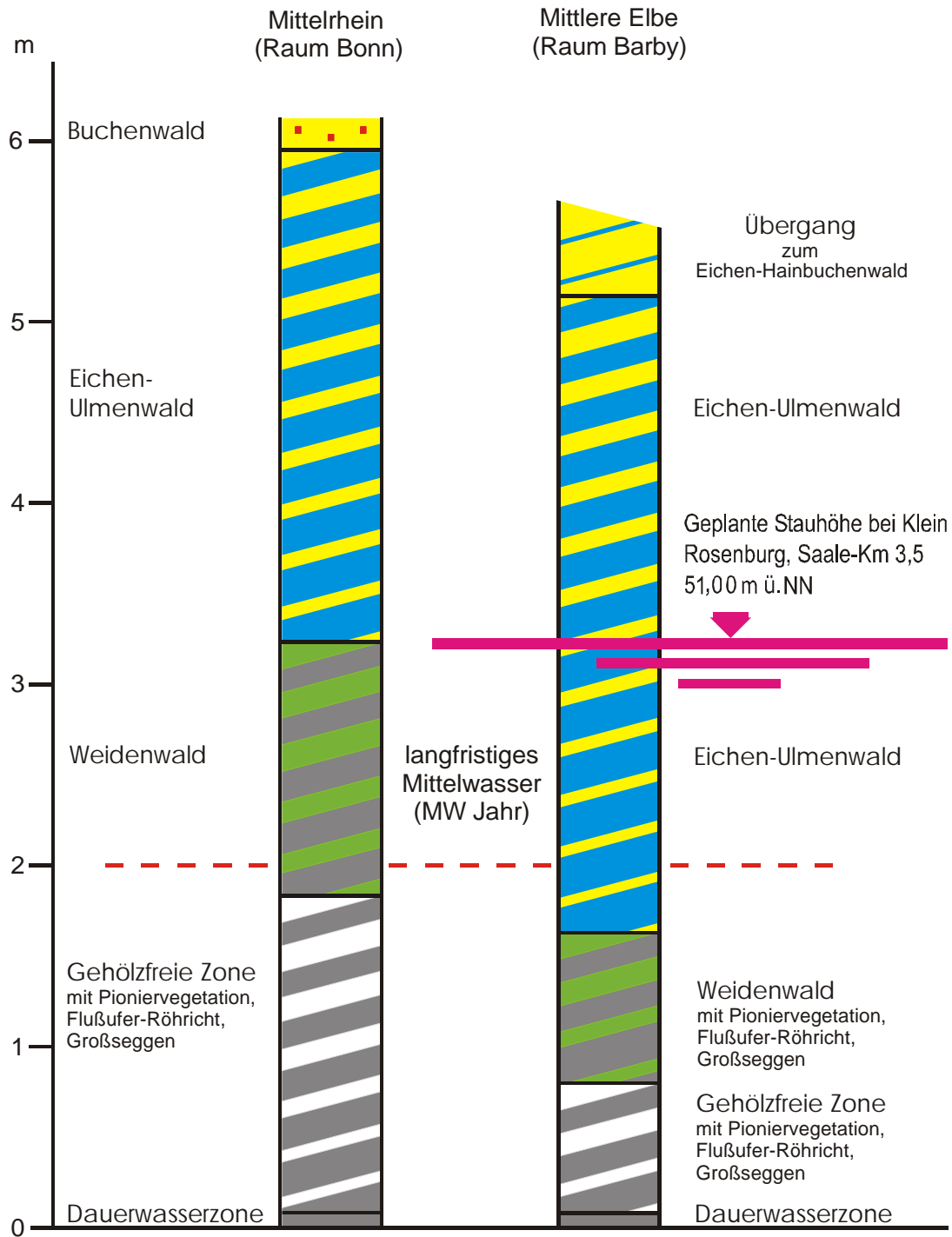


Abb. 1: Vegetationszonierung im Uferbereich von Mittelrhein und Mittlere Elbe

Bundesamt für Naturschutz (BfN) 1996 (Felderhebung: TU Dresden, I. Frehse, und BfN, A. Henrichfreise)

Die scheinbar günstige Stauvariante mit einer Höhe von nur 51,00 m ü. NN hat einen weiteren Nachteil zur Folge: sie wird um den Preis der künstlichen Sohlenvertiefung (Ausbaggern) auf dem Großteil der Stauhaltungsstrecke erkaufte mit nicht hinnehmbaren Folgen für beispielsweise:

- S die biologisch bedeutsame Gestalt des Gewässerbettes,
- S Pflanzen und Tiere an der Saale und an der Elbe, die durch aufgewirbelte und wieder in "Lösung" gegangene Feinsedimente und Schadstoffe beeinträchtigt würden.

Diese schädliche Sohlenvertiefung könnte beim Bau einer Staustufe nur durch einen wesentlich höheren Stau vermieden werden, der seinerseits jedoch weitere Beeinträchtigungen für den Naturschutz, die Landnutzung und das Landschaftsbild zur Folge hätte.

Bereits dieser kurze Vergleich von ökologisch und physikalisch unterschiedlichen Sachverhalten an Rhein und Saale zeigt, mit welchen zusätzlichen ökologischen Schwierigkeiten bei Errichtung einer Staustufe in der Unteren Saale zu rechnen ist. Über die normalerweise zu erwartenden Beeinträchtigungen der Flußlandschaft berichten HÜGIN (1980), HÜGIN und HENRICHFREISE (1992) und speziell zum geplanten Staustufenbau an der Unteren Saale das BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1994).

## **5. Kann eine Staustufe bei Klein Rosenberg durch Einspeisungs- und Entnahmebrunnen umweltverträglich gemacht werden?**

In Abänderung der früheren Staustufenplanung wird nunmehr eine Variante propagiert, die ungeachtet der zuvor erläuterten nicht lösbaren Probleme bereits als "Ökostaustufe" ausgegeben wird. Beabsichtigt wird hier, trotz Staustufenbaues die großflächige Wohlfahrtswirkung der Wasserstandsschwankungen im Grundwasser zu erhalten. Dies soll durch eine Kette von Entnahme- und Einspeisungsbrunnen mit etwaiger kurzfristiger Anhebung des Wehres zur Verbesserung der seitlichen Einspeisung von Saale-Wasser in das Gelände geschehen. Allerdings ist eine solche Maßnahme noch nicht mit Erfolg betrieben worden. Ein entsprechender Großversuch wurde erstmals an der Donau begonnen bei der im Frühjahr 1996 (Teilstau) und Dezember 1997 (Vollstau) in Betrieb genommenen Staustufe Freudenu/Wien. Mit eindeutigen Ergebnissen - ob für oder gegen diese in Fachkreisen kontrovers diskutierte Methode - ist frühestens nach 10 Jahren zu rechnen.

Selbst bei der Möglichkeit, die Grundwasserstandsschwankungen an der Donau bei Wien langfristig umweltverträglich steuern zu können, wäre eine Übertragung der Ergebnisse von der wassergütemäßig weniger belasteten Donau mit wesentlich anderen Bodenverhältnissen der Aue und stärkerem Fließgefälle auf die davon stark abweichenden Standortverhältnisse an der Unteren Saale nicht zulässig.

Somit bleibt nur der Nachweis der Machbarkeit an der Unteren Saale. Als geeignete Strecke bietet sich die bestehende Stauhaltung Calbe an, deren Stauziel durch Maßnahmen am Buchtenkraftwerk um 0,4 m auf 56,00 m ü. NN bei NNQ (Niedrigster Niedrigwasser-Abfluß) erhöht werden soll. Gelänge die Wiederbelebung der Grundwasserstandsschwankungen entlang der Stauhaltung Calbe - also bereits unter Einbeziehung der Verschlechterung der Wassergüte nach Aufstau -, wäre dies ein wesentlicher Beitrag für den erforderlichen funktionalen Ausgleich der Beeinträchtigung des Grundwasserhaushaltes (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1999).

Es ist als ein vorrangiges Ziel anzusehen, die Waldbestände, besonders im NSG Sprohne bei Nienburg, zu verbessern, mindestens aber zu erhalten. Dieser Auwald wurde vom Ministerium für Raumordnung und Umwelt Sachsen-Anhalt in der Publikation "Natura 2000" als FFH-Gebiet vorgeschlagen, in den Gutachten und im Planfeststellungsbeschuß aber noch nicht berücksichtigt.

Im Rahmen eines umfassenden Gutachtens sind folgende Sachverhalte zu beachten:

- S** Der landschaftsprägende Silberweiden-Auewald (prioritär gemäß FFH-Richtlinie) kann sich nur während der seltenen, länger andauernden Niedrigwasserstände verjüngen. Würden dagegen die Niedrigwasserzeiten nicht verlängert, sondern - wie geplant - verkürzt, hätte er keine Möglichkeit, sich zu verjüngen und er würde in der Stauhaltung Calbe mit der Zeit gänzlich absterben.
- S** Auch die zahlreichen einjährigen und ausdauernden Auebiozönosen zwischen Weidenwald und ständig wasserbedeckten Flächen vermögen sich nur während längerer niedriger Wasserstände zu regenerieren.
- S** Eine Anhebung des Wasserstandes in der Stauhaltung Calbe auf 56,00 m ü. NN bei NNQ würde sogar den tiefgelegenen Eichen-Ulmen-Auenwald vernichten, der im NSG Sprohne am Flussufer heute bis fast auf 56,0 m ü. NN (KOUZMINA 1999) hinabreicht, hier aber einen Mindestabstand von 0,5 m über dem Dauerwasserspiegel zum Überleben benötigt.
- S** Alle von dieser Stauerhöhung in Mitleidenschaft gezogenen Pflanzengesellschaften der Aue können sich bei dem bereits vorhandenen sehr hohen Stauniveau nach einem weiteren Aufstau nicht wieder auf höher gelegenen Flächen ansiedeln, weil die für Auebiozönosen existenznotwendigen Wasserstandsschwankungen zu gering werden. Damit wird selbst nur aueartigen Biozönosen das Überleben verwehrt. Diese Beeinträchtigungen sind funktional nicht ausgleichbar. Anstelle wechselnder Feuchtestufen der Aue würden folgende Dauerwasserstufen vorherrschen: dauernd wasserbedeckt und nass in den tiefsten Bereichen, dauernd feucht und frisch in den mittleren Geländeniveaus sowie überwiegend ohne Grundwassereinfluss (mäßig trocken und trocken) auf den hochgelegenen Flächen (HÜGIN 1980). Für eine objektive Feststellung dieser in Auen nachteiligen Auswirkung ist daher eine Kartierung der heutigen Wasserstufen und der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation vorzunehmen.

Es ist daher ein Irrtum anzunehmen, die Errichtung eines Wehres oder die Erhöhung eines Staues schade der Aue nicht, vielmehr nütze sie ihr sogar durch Erhöhung des Grundwasserstandes. Außerdem sei sie eine geeignete Maßnahme gegen sinkende Wasserstände in Auen, auch schon vorbeugend. Insofern könne die Anhebung der Grundwasserstände durch Dauerstaumaßnahmen sogar als Verbesserung der sommerlichen Grundwassertiefstände angesehen werden.

Bei einer solchen Einschätzung wird jedoch verkannt, dass Stauhaltungen die existenznotwendigste Bedingung der Aue außer Kraft setzen: die großen Schwankungen der Wasserstände. Vor allem wird außer acht gelassen, dass die tiefen Wasserstände ebenfalls unabdingbare Voraussetzung für die Aue sind, leben doch in den tieferen Bereichen ihre meisten und am stärksten gefährdeten Lebensgemeinschaften.

Vor dem Staustufenbau lagen sommerliche Grundwasserstände entlang der heutigen Staustrecke Calbe nach den vegetationswirksamen Frühjahrsüberschwemmungen häufig rund 1 m unter dem tiefstgelegenen Niveau des Silberweiden-Auewaldes. Ähnlich günstige Standortbedingungen

liegen an der Saale heute nur noch in der unmittelbar angrenzenden freifließenden Strecke zwischen Calbe und der Saale-Mündung vor.

Übrigens zeigte sich auch am südlichen Oberrhein, wo man mit dem Landeskulturwehr Breisach dem Aueschwund als Folge der Tiefenerosion entgegenwirken wollte, dass nach dem Aufstau in Wirklichkeit ein großer Teil der bisherigen Auefläche ihren Auecharakter verloren hatte (HÜGIN 1985).

Eine auedynamische Steuerung der Grundwasserstände könnte versuchsweise längs der ökologisch beeinträchtigten Staustrecke Calbe vorgenommen werden, nicht aber - wie vom Betreiber des Staustufenbaues vorgeschlagen - entlang der letzten ökologisch intakten Flußstrecke von Calbe bis zur Saale-Mündung. Dafür ist das Saale-Mündungsgebiet mit seinen zahlreichen und gefährdeten auetypischen Biozönosen zu wertvoll. Überdies ließen sich alle übrigen Beeinträchtigungen, die mit einem Staustufenbau einhergehen, nur schwerlich durch eine möglicherweise erfolgreiche Grundwassermanipulation mildern. Deshalb ist der wohlklingende Begriff "Öko-Staustufe" unangebracht.

## **Literatur**

- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ: Untersuchungen an der Unteren Saale im Bereich einer geplanten Staustufe. In: Zwei Jahre Bundesamt für Naturschutz (Gründungsbericht). S. 71-72. Bonn-Bad Godesberg 1994
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ: Fachliche Stellungnahme zum Gutachten Buchtenkraftwerk an der Staustufe Calbe/Saale vom Dezember 1997, vom 23. Oktober 1998 (Nachtragsunterlagen) und vom 7. Juli 1999 (Ergänzung). Bonn-Bad Godesberg. 1999
- DISTER, E.: Geobotanische Untersuchungen in der hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. Diss. Univ. Göttingen 1980
- HENRICHFREISE, A.: Uferwälder und Wasserhaushalt der Mittelelbe in Gefahr. Natur und Landschaft 71 (6), 246-248 (1996)
- HÜGIN, G.: Wesen und Wandlung der Landschaft am Oberrhein. Beiträge zur Landschaftspflege Bd. I (Festschrift für Prof. Wiepking), 184-250 (1962)
- HÜGIN, G.: Die Auenwälder des südlichen Oberrheintales und ihre Veränderungen durch den Rheinausbau. - Colloques phytosociologiques IX, Straßburg, S. 678-706 (1980)
- HÜGIN, G.: Vegetations- und gewässerkundliches Gutachten über die Rheinaue zwischen Neuenburg und Breisach. Hrsg. von der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie. Bonn-Bad Godesberg 1985
- HÜGIN, G. und HENRICHFREISE, A.: Vegetation und Wasserhaushalt des rheinnahen Waldes. Schriftenreihe f. Vegetationskunde Heft 24. Bonn-Bad Godesberg 1992
- KOUZMINA, J., schriftliche Mitteilung, Institut für Wasserprobleme der Russ. Akademie der Wissenschaften, Moskau 1999
- KRAUSE, A.: Flussufer-Vegetations-Zonierung und gewässerkundliche Statistik. Ein Beitrag vom unteren Rhein bei Bonn. - Natur und Landschaft 57 (10), 341-344 (1982)