

# Das Regime von Fluss-, Grund- und Bodenwasser auf einem Auenwaldstandort

A. Hartung, H. Puhmann, F. Lennartz, G.H. Schmitz

## 4.6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt eine Konzeption zur Ableitung langfristiger hydrologischer Standortfaktoren in Auenwäldern vor. In einer ersten Anwendung auf eine Fläche im NSG Saalberghau bei Dessau konnte gezeigt werden, dass die in Abschnitt 4.2 entwickelte Methodik zielführend ist, wenn für einen Auenstandort auf der Basis langjähriger Beobachtungen von Flusswasserstand und meteorologischen Größen hydrologische Standortbedingungen abgeleitet werden sollen.

Dem schematischen Aufbau des Modellkonzeptes (Abb. 35) folgend, wurden in den Abschnitten 4.3 und 4.4 zunächst langjährige Reihen von Fluss- und Grundwasserständen für das UG Saalberghau generiert und in Hinsicht auf die Standortbedingungen für den Auenwald statistisch ausgewertet.

Die Analyse des Flussregimes beginnt mit einer retrospektiven Betrachtung im Abschnitt 4.3.3, in dem das Regime der Überflutungen und Niedrigwässer im Verlauf der letzten 75 Jahre für den Standort untersucht wird. Die typischen Eigenschaften des Mittelgebirgsflusses Elbe verursachen Überflutungen zu Beginn der Vegetationsperiode, wobei eine Bewertung der Einflüsse auf die Vegetation im Vergleich zu den nach DISTER (1980) vorzugsweise im Sommer auftretenden Hochwässern in der hessischen Rheinaue nicht eindeutig durchgeführt werden kann.

Danach werden im Abschnitt 4.3.4 mit Hilfe von Extremwertstatistiken die Wiederkehrintervalle der Extremereignisse Niedrig- und Hochwasser berechnet, die grundlegende Aussagen über die Standortbedingungen zulassen. Überflutungen des Transektes sind überjährige Ereignisse, deren maximale Ereignisdauer zwischen 30 und 45 Tagen liegt. Der Höhenbereich unterhalb von 57.0 m+NN bis MHW (55.0 m+NN) ist gekennzeichnet durch jährlich auftretende Überflutungen, deren Dauern meist zwischen 45 und 90 Tage betragen. Im Gegensatz dazu besitzen Niedrigwasserereignisse meist eine maximale Ereignisdauer von ~ 60 Tagen, wobei Pegelstände von 53.0 m+NN selten unterschritten werden und ausgeprägte Niedrigwasserphasen mit Dauern von 45 und mehr Tagen unterhalb von 53.0 m+NN Wiederkehrintervalle von 20 und mehr Jahren aufweisen.

Die numerische und die stochastische Grundwassermodellierung in den Abschnitten 4.4.2 und 4.4.3 schaffen eine erste Datengrundlage für das unbeobachtete Untersuchungsgebiet. Der Vergleich der vollkommen unterschiedlichen Vorgehensweisen im Abschnitt 4.4.2.3 zeigt nur geringe Differenzen in den Aussagen der beiden Modelle. Aufgrund dieser Gleichförmigkeit werden im Abschnitt 4.4.4 die flächenhaften Aussagen des numerischen Grundwassermodells analysiert und einige wesentliche Standortmerkmale identifiziert. Zunächst ist aufgrund der Kreuzkorrelationsfunktionen die primäre Abhängigkeit der Grundwasserstände vom Fluss festzustellen, dabei ist aber eine deutliche Abhängigkeit der Standorte in der Entfernung zum Fluss zu beobachten. Weiterhin ist der regimeabhängige Wechsel der Grundwasserfließrichtung dargestellt. Die nach DISTER (1985) und HÜGIN & HENRICHFREISE (1992) kolmationsverhindernde Wirkung der natürlichen Grundwasserdynamik beeinflusst vor allem die mit dem Grundwasser in Kontakt stehenden Altwässer in ihrer Dynamik. Anschaulich beweist dies die Wasserstandsganglinie des im UG Saalberghau gelegenen Altwassers (Abb. 45). Obwohl der Gradient der Grundwasseroberfläche für Regime von NNW bis MHW zu über 80 % in Richtung Fluss geneigt ist, wird die Dynamik der Grundwasserstände im NSG Saalberghau vom Niedrig- bis zum Hochwasserbereich ausschließlich vom Fluss bestimmt.

Die hohe Dynamik der Fluss- und Grundwasserstände hat, neben meteorologischen Faktoren wie Niederschlag und Verdunstungsanspruch der Atmosphäre, einen maßgeblichen Einfluss auf das Bodenwasserregime. Die tiefgründigen, oft tonreichen (und damit gut wasserhaltenden) Böden in Hartholzauenbereichen bieten gute Voraussetzungen für das Aufwachsen von Auenwäldern. Anpflanzungen auf diesen Standorten sind jedoch regelmäßig Extremsituationen wie vollkommener Bodensättigung (und damit eventuell anaeroben Zuständen im Wurzelraum) oder Austrocknung des Bodens bis zum permanenten Welkepunkt ausgesetzt. Für die Beurteilung der Standortbedingungen in Auenwäldern bezüglich des Bodenwasserhaushaltes sind deshalb Aussagen zum **mittleren Regime** und zu seinen **Extremwerten** gefordert. Aufbauend auf die Ergebnisse der Fluss- und Grundwassermodellierung werden in Abschnitt 4.5 zwei verschiedene Vorgehensweisen zur Simulation des langjährigen Bodenwasserregimes, beide basierend auf der physikalisch begründeten, eindimensionalen, numerischen Modellierung der Bodenwasserströmung mit dem Modell RFDE1D, vorgestellt. Eine erste Anwendung der Verfahren erfolgte exemplarisch für einen Standort im NSG Saalberghau, für den Beobachtungsreihen von Bodenfeuchten und Saugspannungen im Zeitraum 1999 – 2001 zur Kalibrierung und Validierung des Strömungsmodells erhoben wurden.

In einer „**deterministischen Simulation**“ wurden unter Verwendung langjähriger Zeitreihen der hydrologisch / meteorologischen Randbedingungen tägliche Bodenfeuchteprofile für den

Zeitraum von 1947 – 2000 generiert. Aus der Auswertung von Perioden mit Wassermangel konnten langjährige Erwartungswerte für ihre Häufigkeiten, Dauern und Fehlmengen abgeleitet werden. Während die oberen Bodenbereiche häufig kurz andauernde Perioden mit geringen Wasserdefiziten erfahren, können sich in tiefer liegenden Schichten, insbesondere bei Ausbleiben von Geländeüberflutung oder Grundwasseranstieg bis in die oberen Bodenbereiche, lang andauernde Mangelperioden entwickeln, die zur Austrocknung bis zum permanenten Welkepunkt führen (Abb. 63 und Abb. 66, S. 128). Bemerkenswert ist die Bimodalität in der Häufigkeitsverteilung der Bodenfeuchten, welche im Winter und Frühjahr stark ausgeprägt ist („feuchter“ und „trockener“ Modus) und sich innerhalb der Vegetationszeit zu einer eingipfligen Verteilung („trockener Modus) verschiebt (Abb. 62). Dies ist ein Hinweis darauf, dass Transpiration und damit Baumwachstum eines Jahres in hohem Maße von den Bodenfeuchtebedingungen zu Beginn der Vegetationsperiode abhängen.

In der sogenannten „**stochastischen Simulation**“ wurde untersucht, wie die Variabilität der Standortfaktoren Flusswasserstand, Grundwasserstand, Niederschlag und potentielle Verdunstung das Bodenwasserregime beeinflusst. Dafür wurde mit Hilfe von Fourier-Analysen der typische mittlere Jahresgang von den zufälligen (über- und innerjährlichen) Schwankungen getrennt. Abb. 64 zeigt, dass der Einfluss der oberen Randbedingung (Niederschlag, Verdunstung), auf den Bodenfeuchteverlauf gut nachvollzogen werden kann. Die geringe Amplitude des mittleren Jahresganges und die hohe Restschwankung der unteren Randbedingung (Grundwasserstand) führen in tiefer liegenden Schichten zu unrealistischen Verläufen der Bodenfeuchte.

Die langfristige Modellierung der wesentlichen hydrologischen Standortbedingungen in Auen, Oberflächen-, Grundwasser- und Bodenwasserregime, liefert die Datengrundlage für eine Interpretation des Wachstumsverhaltens von Auenwäldern. Eine umfassende Analyse der Standortbedingungen ist jedoch nur möglich, wenn Baumwachstumsreaktionen im Rahmen einer pflanzenphysiologisch begründeten Modellierung direkt mit den Standortbedingungen verknüpft werden. Das vorgestellte Verfahren sollte deshalb in einem nächsten Schritt für die Analyse der Sensitivität des Baumwachstums bezüglich verschiedener abiotischer Standortfaktoren erweitert und getestet werden.

## 4.7 Summary

### **The regime of surface and subsurface water in the Elbe floodplain forests as a basis for preservation and rehabilitation of the Elbe floodplain forests**

The paper presents a concept for the derivation of long-term hydrologic stand factors in floodplain forests. A first application to a site near Dessau proves the capability of the developed methodology (section 4.2) of simulating hydrologic stand conditions based on long-term observations of river levels and meteorological data.

Following the conceptual scheme outlined in figure 4.1, analysis of stand conditions starts with the generation of long time series of river and groundwater level (sections 4.3 and 4.4).

Return periods of floods and low water periods are then calculated using extreme value statistics. Flooding of the measuring site occurs less than once per year and lasts at most 30 to 45 days. Low water periods usually have a duration of about 60 days with the river level rarely less than 53.0 m+NN.

The groundwater regime is modelled using a numerical and a stochastic simulation (sections 4.4.2 and 4.4.3), the two very different approaches leading to only slightly varying results. Correlation analyses of the groundwater and river level show that the groundwater level mainly depend on the river level and the distance of the observation point from the river. The natural groundwater dynamics with their regular changes in the flow direction (towards and from the river, respectively) prevent clogging and strongly influence the water levels of the ox-bows.

Besides meteorological factors, the highly dynamic regimes of surface water and groundwater strongly influence the soil water regime of floodplains. The deep, often clay-rich (and thus highly water-retaining) soils of floodplains offer good conditions for the development of hardwood forests. However, stands in these areas frequently face extreme conditions such as complete saturation and soil water depletion down to the permanent wilting point. In order to allow for the assessment of stand conditions of hardwood forests based on the soil water regime, information on the (typical) mean regime as well as on its extremes are required. Using the results of the groundwater and river level modelling, the long-term soil water regime of an exemplary soil profile in the observation area is simulated using the physically based, one-dimensional, numerical model RFDE1D (section 4.5). In a “deterministic simulation”, daily soil moisture profiles for the years 1947 – 2000 were generated including long time-series of the hydrological / meteorological boundary conditions. The interpretation of periods with soil water deficiencies results in long-term expected values of frequencies,

durations, and deficits. While the uppermost soil layers often undergo short periods with only slight water deficits, long lasting stress periods may develop in deeper regions, especially in years without flooding or groundwater rise near ground level. The frequency distributions of the soil moisture show a remarkable bimodality which is most pronounced in winter and spring and which is shifted towards a unimodal distribution during the vegetation period. This indicates that transpiration, and thus tree growth, strongly depends on the soil moisture conditions at the beginning of the vegetation period.

In the “stochastic simulation”, the effect of the variability of the hydrological / meteorological boundary conditions on the soil moisture regime was analysed. The typical mean annual courses of the boundary conditions were separated from the random fluctuations using Fourier transformations. Figure 16 shows that the influence of the variability of the upper boundary condition on the simulated variances of the soil water content is in good agreement with the results of the “deterministic simulation”. The small amplitude of the mean annual course and the high remaining fluctuations of the groundwater level lead to an unrealistic soil moisture course in deeper layers.

The long-term modelling of the main hydrologic stand factors in floodplains – surface water, groundwater and soil water regime – provides the information required for an interpretation of the growth behaviour of floodplain forests. However, a comprehensive analysis of stand conditions relies on the direct linkage of tree growth responses and stand conditions. For an objective analysis of the sensitivity of tree growth to different abiotic stand factors, the presented approach should be extended and integrate the physiologically based modelling of tree growth.