

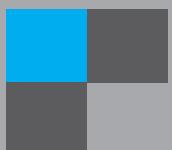
Master's Thesis

The Roof Water-Farm Stormwater Management Concept

Retention via Evapotranspiration



Vivien Marina Franck



Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit der Evapotranspiration (ET) der dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsanlage am Roof Water-Farm Standort Block 6.

Innerhalb des Forschungsprojektes Roof Water-Farm wurden die ET-Raten zweier Sumpfpflanzenarten — Gemeines Schilfrohr (*Phragmites australis*) und Gewöhnliche Teichbinse (*Schoenoplectus lacustris*) — über einen Zeitraum von zwei Jahren (August 2014 – Juli 2016) ermittelt. Die Arbeit wertet die Messdaten aus und leitet vier Designempfehlungen für die zukünftige Maximierung der ET-Raten in sogenannten „Urban Wetlands“ ab.

Die Ergebnisse der Nachspeisemessungen zeigten hohe ET-Raten (ETc) an diesem innerstädtischen Standort. *P. australis* verdunstete das Dreifache (2 034 mm Jahr⁻¹ und 1 721 mm Jahr⁻¹) und *S. lacustris* das Doppelte (1 445 mm Jahr⁻¹) im Vergleich zur freien Wasserfläche. Die mittleren Tageswerte lagen bei 9,2 mm Tag⁻¹ und 7,8 mm Tag⁻¹ für *P. australis* und 6,9 mm Tag⁻¹ für *S. lacustris*.

Der charakteristische Jahresgang der ETc ließ eine Unterteilung in frühe Wachstumsphase (März-Mai), Hochphase (Juni-August) und Seneszenz (September-November) zu.

Im interspezifischen Vergleich wies *S. lacustris* höhere ETc-Raten in der frühen Wachstumsphase, *P. australis* dagegen höhere ETc-Raten in der Hochphase auf.

Die Referenzevapotranspiration (ET0) wurde aus Wetterdaten am Standort berechnet. Die gemessenen ETc-Werte der Vegetation lagen im Vergleich zur ET0 deutlich höher. Die Pflanzenkoeffizienten (Kc), ermittelt aus ETc und ET0, betrugen für *P. australis* 1 und 2, und *S. lacustris* 1,7, 1,8, and 2,0 (frühes Wachstum), 3,7, 3,0 und 2,6 (Hochphase) und 2,3, 1,5 und 2,4 (Seneszenz).

Für die Abschätzung der ETc-Raten zukünftiger Urban Wetlands kann die ET0 aus lokalen Wetterdaten berechnet und mit den vorliegenden Kc-Werten multipliziert werden.

Aus den Ergebnissen wurden vier Designempfehlungen zur Maximierung der ET zukünftiger Urban Wetlands abgeleitet. Diese beinhalten zunächst verschiedene Sumpfpflanzenarten zu nutzen, da interspezifische Unterschiede in den ETc-Raten die Gesamtleistung über das Jahr hinweg steigert. In zukünftigen Urban Wetlands sollte zudem eine kontinuierliche Wasserversorgung angestrebt werden, da Sumpfpflanzen ihre ET an die Wasserverfügbarkeit anpassen. Durch optimale Pflanzenernährung kann die ET-Leistung weiter gesteigert werden. Zuletzt sollten möglichst schmale und kleinflächige Vegetationszonen in Urban Wetlands dimensioniert werden, da diese aufgrund des ausgeprägten „Oaseneffekts“ vergleichsweise mehr als große Vegetationsflächen verdunsten.

Die Arbeit gibt Aufschluss über die ET zweier Sumpfpflanzenarten im innerstädtischen Kontext und spricht vier Designempfehlungen zur Maximierung der ET in zukünftigen Urban Wetlands aus. Sie richtet sich an Planerinnen und Planer dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsanlagen nach dem Prinzip „Retention durch ET“ sowie an Interessierte aus Forschung und Politik.

Abstract

This master's thesis focuses on the evapotranspiration (ET) in the decentralized stormwater management concept at the Roof Water-Farm (RWF) testing site Block 6. The ET rates of two common macrophyte species —common reed (*Phragmites australis*) and club-rush (*Schoenoplectus lacustris*) — were assessed over the course of two years. In addition, design recommendations for future stormwater wetlands were created, which are intended to secure maximum ET in an urban context.

Results from the ET experiment showed that *P. australis* and *S. lacustris* displayed high measured ET rates (ETc) at this inner-city site. Mean annual ETc for *P. australis* (2,034 mm year⁻¹) and 1,721 mm year⁻¹) on average tripled and for *S. lacustris* (1,445 mm year⁻¹) doubled evaporation from the adjacent water surface.

Mean daily ETc was 9.2 mm day⁻¹ and 7.8 mm day⁻¹ for *P. australis* and 6.9 mm day⁻¹ for *S. lacustris*. Interannual variability between the three growing seasons from 2014-2016 was observed, which was due to increased plant growth and the application of fertilizer.

Seasonal variability in mean daily ETc allowed three growing stages to be identified: early growing stage with increasing ETc rates (March to May), peak stage with highest ETc rates (June to August), and senescence with decreasing ETc rates (September to November).

Interspecific differences showed that *S. lacustris* evapotranspired more in the early growing stage (March to May), whereas *P. australis* evapotranspired more in the peak phases (June to August).

Compared to literature data, ETc rates at Block 6 were greater than ETc from studies under field conditions. The reason for this probably lies in the continuous water supply, optimum plant growth and enhanced plant nutrition in this study.

Calculating crop reference evapotranspiration (ET0) using the FAO Penman Monteith approach allowed crop coefficients (Kc) for *P. australis* and *S. lacustris* to be computed. Kc can be used to estimate ETc out of local ET0 derived from meteorological data. High seasonal variability in Kc values recommended Kc values to be derived for each growing season. For *P. australis* 1, *P. australis* 2, and *S. lacustris*, these were 1.7, 1.8, and 2.0 (early growing stage), 3.7, 3.0, and 2.6 (peak stage), and 2.3, 1.5, and 2.4 (senescence), respectively. These seasonal Kc values should be used in future wetland planning.

The results of the two-year experiment were used to create four guidelines for securing maximum ET in future urban stormwater wetlands. The first design recommendation calls for the use of several macrophyte species, since ET patterns varies over the seasons for different macrophyte species. The second includes ensuring a continuous water supply in future stormwater wetlands, since ET increases with improved water availability. The third recommendation calls for securing optimum plant nutrition via additional fertilizer, and the fourth recommendation advises leveraging the oasis effect by designing narrow strips or patches of macrophytes to further increase ET.

This thesis and the results included therein provide valuable information on ET rates and design recommendations for urban stormwater wetlands, which are both currently lacking. The information gives is intended to provide planners with information on ET of macrophytes in an urban context and assist the future design of stormwater wetland with maximized ET rates.