

6 Zusammenfassung

In einer mehrjährigen Studie wurden Cyanobakteriengemeinschaften in den Süßwasserseen Lake Victoria und Lake Baringo, in den alkalinen-salinen Seen Lake Bogoria, Lake Nakuru, Lake Elmenteita, Lake Sonachi und Lake Simbi und in heißen Quellen am Ufer des Lake Bogoria im Gregory Rift Valley und Lake Victoria Becken im Westen Kenyas untersucht. Die Hauptziele der Studie waren:

- Erfassung von Arten und Biomassen der in den Gewässern vorkommenden Cyanobakterien,
- Bestimmung der Qualität und Quantität von Cyanotoxinen,
- Untersuchung der Cyanotoxinproduktion in Stämmen von *Arthrospira fusiformis*, *Anabaenopsis abijatae*, *Spirulina subsalsa* und *Phormidium cf. terebriformis*,
- Ermittlung möglicher Auswirkungen vorhandener Cyanotoxine auf die Umwelt,
- Phylogenetische Untersuchung von Stämmen von *Arthrospira fusiformis*, *Arthrospira indica*, *Spirulina subsalsa* und *Phormidium cf. terebriformis*.

Dafür wurden im Zeitraum 2001 bis 2003 in Freiland- und Laboruntersuchungen physikalisch-chemische Messungen und qualitative und quantitative Bestimmungen von Phytoplanktonorganismen und Cyanotoxinen durchgeführt. Von toten Flamingos wurden Proben von Magen- und Darminhalt sowie die Leber für Toxinuntersuchungen entnommen. Aus Lebendproben wurden für cyanotoxikologische und phylogenetische Untersuchungen Stämme von *Arthrospira fusiformis*, *Spirulina subsalsa* und *Phormidium cf. terebriformis* isoliert. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

1. Die vorliegende Studie macht deutlich, dass Cyanobakterien auf Grund von Massenentwicklungen und der Produktion von Cyanotoxinen, die Organismengruppe mit den größten Auswirkungen auf die Wasserqualität Kenyanischer Gewässer sind.
2. Eine Cyanobakterienblüte im Nyanza Golf des Lake Victoria wurde verursacht von *Anabaena flos-aquae*, *A. discoidea* und *Microcystis aeruginosa*. Die hier wiederentdeckte *Anabaena discoidea* ist im Lake Victoria bisher nur aus klassischen Studien vom Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts bekannt. Im Lake Baringo war die Phytoplanktongemeinschaft dominiert vom Cyanobakterium *Microcystis aeruginosa*.
3. Die alkalinen-salinen Seen unterschieden sich in der Anzahl und in der Dominanz der vorhandenen Cyanobakterienarten. Während Lake Nakuru mit *Arthrospira fusiformis*, *Anabaenopsis abijatae*, *Anabaenopsis arnoldii* und *Anabaena sp.* die höchste Anzahl

- dominanter Arten aufwies, waren Lake Bogoria und Lake Sonachi während der gesamten Untersuchungszeit von *Arthrospira fusiformis* dominiert. *Anabaenopsis abijatae* und *Anabaena* sp. wurden in dieser Studie zum ersten Mal in Kenyanischen Gewässern nachgewiesen.
4. Die Cyanobakteriengemeinschaft in Abflüssen aus heißen Quellen am Ufer des Lake Bogoria wurde dominiert von *Phormidium* cf. *terebriformis*, *Oscillatoria willei*, *Spirulina subsalsa* und *Synechococcus bigranulatus*. Vertreter der Gattungen *Phormidium* und *Synechococcus* sind weltweit aus heißen Quellen beschrieben. *Spirulina subsalsa* hat eine weite ökologische Verbreitung und kommt in heißen Quellen und in Brackwasser- und marinen Habitaten vor. *Oscillatoria willei* ist eine pantropische Art.
 5. In Cyanobakterienproben aus allen untersuchten Seen (mit Ausnahme von Lake Elmenteita) und heißen Quellen wurden als Erstnachweis Cyanotoxine gefunden. Im Lake Victoria wurden hepatotoxische Microcystine gefunden, in den anderen Seen und in den Thermalquellen Microcystine und neurotoxisches Anatoxin-a. Die Cyanotoxin-konzentrationen in den untersuchten Gewässern liegen in Bereichen, die eine Gefahr für Menschen, Haus- und Wildtiere darstellen können. In toten Flamingos wurden Microcystin und Anatoxin-a in Magen- und Darminhalten sowie der Leber nachgewiesen. Die Toxine waren mit Cyanobakterien aus den Seen und Thermalquellen aufgenommen worden. Cyanotoxine bilden daher eine mögliche Ursache für die in den letzten Jahrzehnten in Kenya aufgetretenen massiven Flamingosterben.
 6. Die Hauptquellen für die Produktion von Cyanotoxinen sind im Lake Baringo *Microcystis aeruginosa* und im Lake Victoria *Anabaena flos-aquae*, *Anabaena discoidea* und *Microcystis aeruginosa*. In den alkalinen Seen sind mögliche Quellen: a) toxische Stämme von *Arthrospira fusiformis*. Es gelang hier der Erstnachweis der Produktion von Microcystinen und Anatoxin-a in mehreren *Arthrospira*-Stämmen. b) toxische Stämme der Arten *Anabaenopsis abijatae*, *Anabaenopsis arnoldii* und *Anabaena* sp. c) der Eintrag von Toxinen aus Thermalquellen am Lake Bogoria.
 7. Trotz unterschiedlicher Morphologie und Salinitätsansprüche, wiesen die Stämme von *Arthrospira fusiformis*, *Arthrospira indica* und *Phormidium* cf. *terebriformis* eine hohe Übereinstimmung zwischen 98 und 100% in den Sequenzen des 16S rRNA Gens, der Internally Transcribed Spacer Region (ITS) und des Phycocyanin-Operons (PC-IGS) auf. Dies und die von den *Arthrospira*-Stämmen gebildeten einheitlichen Cluster in den be-

rechneten Stammbäumen von 16S, ITS und PC-IGS deuten an, dass es sich bei *Arthrospira fusiformis* und *Arthrospira indica* um Vertreter der gleichen Art handelt. Der untersuchte Stamm von *Phormidium cf. terebriformis* vom L. Nakuru ist möglicherweise nahe verwandt zur Gattung *Arthrospira*. Die beiden untersuchten Stämme von *Phormidium cf. terebriformis* vom L. Nakuru und den heißen Quellen beim L. Bogoria unterscheiden sich mit 92% Übereinstimmung deutlich in den 16S rDNA Sequenzen. Die klare Abgrenzung der Stämme von *Spirulina subsalsa* von den *Arthrospira*-Stämmen in den Stammbäumen unterstützt die offizielle Trennung der beiden Gattungen. Die unterschiedliche Salztoleranz der untersuchten *Spirulina*-Stämme geht einher mit einer geringen Übereinstimmung in den Sequenzen von 16S rDNA und PC-IGS und in einer räumlichen Trennung im *Spirulina*-Cluster in den entsprechenden Stammbäumen.