



Einflüsse großflächiger Anlagen auf das Ökosystem See

Prof. Dr. O. Mietz, Dipl.-Ing. S. Mietz, Dipl.-Geogr. J. Meisel



Hintergrund

- IaG GmbH mit umfangreichen Kompetenzen im Monitoring und der Bewertung von Seen
- Monitoringprogramme EU-WRRL BB, MV, B und ST
- Bewertung von Seen, unterschiedliche Planungen, insbesondere Vorbereitung der Sanierung und Restauration
- keine speziellen Untersuchungen und langwierigen Datenrecherchen zum entsprechenden Thema



Ökosystem See – aktuelle Beeinträchtigungen

- **Wasserqualität (Trophie)** – EU-WRRL, NATURA 2000
- **Wassermangel** – Gefahr des vollständigen Verschwindens von Seen
- **Übernutzung** – Einwirkungen auf Wasserqualität und Wasserhaushalt
- **Frage zu beantworten: stellt Floating Solar eine Beeinträchtigung dar?**



Nutzung von Seen

- Mehrfachnutzung von Seen (Haupt- und Nebennutzungen)
- Abgestimmte Wirkung von Haupt- und Nebennutzungen auf Gewässergüteziele

Nutzungsart → Einfluss auf die Güte eines Sees und umgekehrt

- **Nutzungskonflikte**, z. B.:

intensive Fischerei vs. Badenutzung

Trinkwasser vs. Badenutzung

Badenutzung vs. Sportbootverkehr

- Nebennutzung:

Energiegewinnung = positive Bewertung



Nutzungsarten





Nutzungsarten

Hauptnutzungen





Nutzung von Seen

- Mehrfachnutzung von Seen (Haupt- und Nebennutzungen)
- Abgestimmte Wirkung von Haupt- und Nebennutzungen auf Gewässergüteziele

Nutzungsart → Einfluss auf die Güte eines Sees

- **Nutzungskonflikte**, z. B.:

intensive Fischerei vs. Badenutzung

Trinkwasser vs. Badenutzung

Badenutzung vs. Sportbootverkehr

- **Nebennutzung:**

Energiegewinnung = positive Bewertung, kein Konflikt



Energie aus Seen = Seenpower

- schon länger in der Diskussion:
- Thermische Energie (Wärmepumpen) zur Heizung oder Kühlung
- Biomasse (Uferwälder, Makrophyten, z.B. Schilf)
- Solarstandorte – neues Thema



Seen im Klimawandel - **Wassermangel**

- Negative Wasserbilanz → Seespiegelabsenkung
 - ↳ Rasante Seenalterung, Verschwinden von Seen
- Seen → hohe Bedeutung für das Mikroklima
 - ↳ Belüftungsschneisen
- **Seenerhalt hat enorme Priorität**, deshalb:
 - Sparsamer Umgang mit der Ressource Wasser
 - Modernes Wassermanagement
 - Wasserrückhalt
 - Reduzierung der Verdunstungsverluste



Vorbemerkung

- Ausprägung von Seeökosystemen abhängig von
 - Nährstoffinventar, v.a. Phosphor, Stickstoff
 - Energie“versorgung“, v.a. durch Sonnenlicht, aber auch Wind
 - Fläche & Morphometrie, maximale Tiefe, mittlere Tiefe, Durchmischungstiefe, Seebeckensteilheit
- diese Faktoren bestimmen den Nährstoffhaushalt, die Trophie und die biotische Ausstattung von Seen
- daraus ergeben sich Seentypen (LAWA – Typen)
 - Geschichtete Seen (> 5 ha) im Norddeutschen Tiefland
 - Geschichtete Kleinseen (< 5 ha)
 - Polymiktische Seen (mittlere Tiefe > 3m / ≤ 3m)



Themenkreis Energiehaushalt

- **Energiehaushalt wird durch Solaranlagen beeinträchtigt**
 - Energieeintrag wichtiger Faktor für die Ausprägung des Seeökosystems
 - den Wasserkörper erreicht **weniger Strahlungsenergie**
 - geringere Erwärmung des Wasserkörpers – Kompensation der klimawandelbedingten Erwärmung der Seen
 - geringere Lichtenergie – Behinderung des Wachstums planktischer Mikroalgen – **positiv, aber:** nur Veränderung des Artenspektrums hin zu Schwachlichtarten
 - geringere Lichtenergie – Behinderung des Wachstums von Unterwasserpflanzen – **negativ, aber:** bei Aussparung der Litoralbereiche keine negativen Effekte



Themenkreis Energiehaushalt

- Energiehaushalt wird durch Solaranlagen beeinträchtigt
 - den Wasserkörper erreicht **weniger Windenergie**
 - Auswirkungen auf das Schichtungsverhalten und damit auf den Nährstoffhaushalt insbesondere von thermisch geschichteten Seen
 - Verringerung der durchmischten Oberflächenwasserschicht (Epilimnion) und Vergrößerung des Volumens des Tiefenwassers (Hypolimnion)
 - bei nährstoffarmen Seen: **Verbesserung der Trophie** durch schnellere P-Reduzierung im Epilimnion
 - bei nährstoffreichen Seen: **Risiko** der Vergrößerung des sauerstofffreien Hypolimnions und **Forcierung der P-Rücklösung aus Sediment**
 - bei sehr tiefen Seen: **Risiko** des Ausbleibens der winterlichen Durchmischung



Themenkreis Hydrologie

- **Zu- und Abfluss aus Grund- und Oberflächenwasser**
 - Keine Beeinträchtigung des Zu- und Abstroms von Grundwasser
 - Keine Beeinträchtigung des Zu- und Abflusses aus/in Oberflächengewässer
- **Niederschlag und Verdunstung**
 - wahrscheinlich keine Beeinträchtigung des Niederschlags (???)
 - Beeinträchtigung der Verdunstung durch Abschattung und Verringerung der Windexposition



Themenkreis Hydrologie

- **Niederschlag und Verdunstung**

Beispiel: Monatliche Verdunstungshöhen Kähnsdorfer See im Jahr 2020

nach DVWK Merkblatt 238/1996 und Energiebilanzverfahren

Seeparameter:

polymiktischer Flachsee mit $A = 28 \text{ ha}$, $d_m \approx 0,6 \text{ m}$

Berücksichtigung von:

- geringer durchschnittlicher Seetiefe
→ stärkerer Einfluss der Umgebungs- auf Wassertemperatur,
- geographische Lage (nördliche Breite),
- hydrologische Parameter der Wetterstation Potsdam (Monatsmittel der Lufttemperatur, Dampfdruck in 2 m Höhe, Sonnenscheindauer, Bedeckungsgrad),
- daraus folgend: Globalstrahlung und Reflexstrahlung, Atmosphärische Gegenstrahlung, Verdampfungswärme etc.



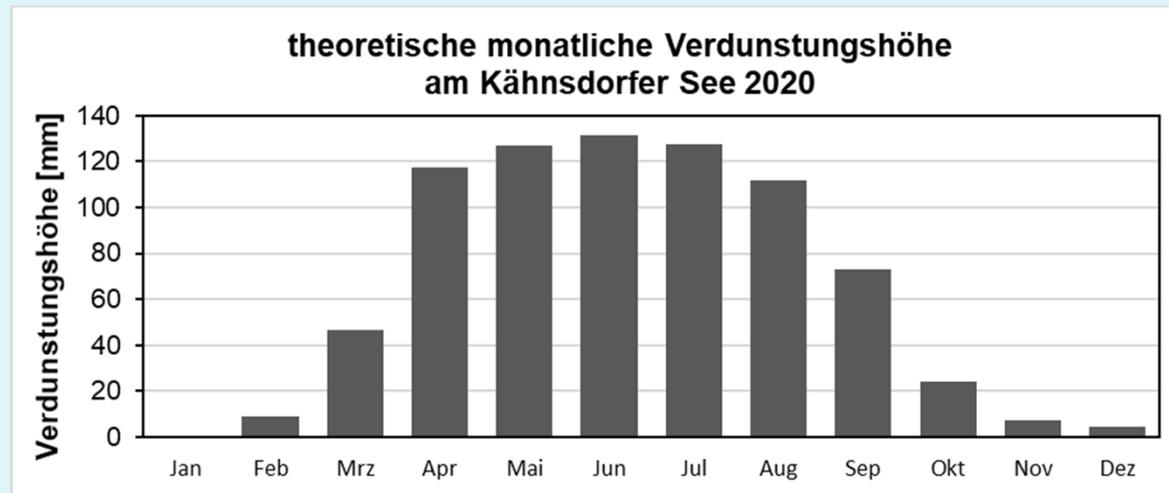
Themenkreis Hydrologie

- Niederschlag und Verdunstung

Beispiel: Monatliche Verdunstungshöhen Kähnsdorfer See im Jahr 2020

Verdunstungshöhe: $h_V(2020) = 780 \text{ mm} (218.400 \text{ m}^3/\text{a})$

Niederschlag: $h_N(2020) = 499 \text{ m} (\text{Station Potsdam, DWD})$



Annahme: auf 2 ha findet keine Verdunstung (0 %) statt $\rightarrow \Delta h_V \approx 56 \text{ mm} (15.600 \text{ m}^3/\text{a})$

Annahme: auf 2 ha findet Verdunstung von 70 % statt $\rightarrow \Delta h_V \approx 17 \text{ mm} (4.680 \text{ m}^3/\text{a})$



Themenkreis Hydrologie

- **Niederschlag und Verdunstung**

Beispiel: Monatliche Verdunstungshöhen Kähnsdorfer See im Jahr 2020

Abklärung:

- **tatsächliche Verdunstungsrate** über abgeschatteten Bereichen
- **Beeinflussung Seetemperatur** durch Abschattung oder erwärmte Anlagenteile
→ Wärmetransportmechanismen und Wärmestrom bzw. Durchmischung/Austausch mit Zonen unterschiedlicher Temperatur (Flachsee vs. Dimiktische Seen etc.)
- **Bauart der Photovoltaik**
→ Einfluss auf Windexposition
- Wasserflächen mit Pflanzenbewuchs erreichen meist höhere Verdunstungsraten (insb. Flachseen) → Einfluss der Anlagen auf Makrophytenausbreitung?



Beispiel Kähnsdorfer See



Beispiel Kähnsdorfer See



Themenkreis Hydrologie

- Niederschlag und Verdunstung

Beispiel: Kähnsdorfer See

- neues Denken ist gefragt, u.a. zur Verlangsamung der Seenverlandung
- Photovoltaik als Möglichkeit
- Ökologische Auswirkungen ?
- Konflikte ?



Themenkreis Nährstoffhaushalt

- Nährstoffhaushalt wird durch Solaranlagen beeinträchtigt
 - geringere Wassertemperatur – Verlangsamung des mikrobiologischen Abbaus von abgestorbener Biomasse im Freiwasser – **positiv**, weil so mehr Biomasse sedimentiert und Nährstoffe nicht an das Freiwasser abgegeben werden, **Reduzierung der Trophie**
 - geringere Wassertemperatur – Verlangsamung des mikrobiologischen Abbaus von abgestorbener Biomasse an der Sedimentoberfläche – **positiv**, weil so weniger organische Sedimente abgebaut werden und Nährstoffe nicht an das Freiwasser abgegeben werden, **Reduzierung der Trophie**



Themenkreis Nährstoffhaushalt

- Nährstoffhaushalt wird durch Solaranlagen beeinträchtigt
 - Schwimmkörper und Unterwasserkonstruktion als Aufwuchsfläche für benthische Algen – **positiv**, weil Nährstoffe gebunden werden und nicht für planktische Mikroalgen zur Verfügung stehen, **Reduzierung der Trophie**
 - Schwimmkörper und Unterwasserkonstruktion als Aufwuchsfläche für Mollusken (z.B. Dreikantmuschel) – **positiv**, weil durch Filtrierleistung partikulär gebundene Nährstoffe aus dem Freiwasser entfernt werden, **Reduzierung der Trophie**



Themenkreis biologische Ausstattung

- **Biologische Ausstattung wird durch Solaranlagen beeinträchtigt**
 - **Planktische Mikroalgen** sind auf Lichtenergie angewiesen – durch Solaranlagen Reduzierung des Eintrages von Lichtenergie durch Beschattung
 - **positiv** da Produktion von Biomasse von an Lichtklima und Nährstoffverhältnisse angepasste Arten reduziert wird
 - **aber:** ersetzen andere „Schwachlichtarten“ die bislang vorkommenden Arten? Biomasse bleibt gleich, nur Artzusammensetzung ändert sich?



Themenkreis biologische Ausstattung

- **Biologische Ausstattung wird durch Solaranlagen beeinträchtigt**
 - **Benthische Mikroalgen** sind auf Aufwuchsflächen (Röhrichthalme, Steine, Totholz) angewiesen – durch Solaranlagen Vergrößerung der Aufwuchsfläche
 - **positiv** da Nährstoffkonkurrenz zu planktischen Mikroalgen und damit Voraussichtlich Reduzierung der Biomasse planktischer Mikroalgen, **Reduzierung der Trophie**
 - bei zusätzlicher Vergrößerung der Aufwuchsfläche durch geeignete Materialien **Vergrößerung des Effekts**
 - **aber:** Auflastung der gesamten Anlage, erfordert stabilere Konstruktion, mehr Auftrieb....



Themenkreis biologische Ausstattung

- **Biologische Ausstattung wird durch Solaranlagen beeinträchtigt**
 - **Unterwasserpflanzen** sind auf Lichtenergie angewiesen – durch Solaranlagen Reduzierung des Eintrages von Lichtenergie durch Beschattung
 - **negativ** da die Besiedlung mit Unterwasserpflanzen zurückgehen wird, damit Zunahme der Biomasse der planktischen Mikroalgen, **Erhöhung der Trophie**
 - **aber:** Unterwasserpflanzen besiedeln nur die Flachwasserbereiche mit geringeren Wassertiefen bis maximal zur ca. 2,5 – fachen Sichttiefe, wenn Litoralbereiche ausgespart werden, dann **geringe negative Beeinträchtigung**
 - durch ggf. Verringerung der Biomasse planktischer Mikroalgen **Verbesserung des Lichtklimas** für Unterwasserpflanzen, **Reduzierung der Trophie**



Themenkreis biologische Ausstattung

- **Biologische Ausstattung wird durch Solaranlagen beeinträchtigt**
 - **Makrozoobenthos** ist auf Aufwuchsflächen angewiesen - durch Solaranlagen Vergrößerung der potenziell besiedelbaren Aufwuchsfläche durch Unterwasserkonstruktion
 - **positiv** da oft ein Mangel an Hartsubstraten (Steine, Totholz) auftritt der so künstlich kompensiert wird
 - **positiv:** da insbesondere Muscheln (Dreikantmuschel, Zebramuschel) Filtrierer sind und so den Wasserkörper von partikulär gebundenen Nährstoffen befreien können, **Reduzierung der Trophie**
 - **positiv:** da insbesondere Schnecken den Aufwuchs von benthischen Mikroalgen abweiden, Nährstoffe werden damit länger gebunden (benthische Algen sterben im Herbst ab, Schnecken nicht..)



Themenkreis biologische Ausstattung

- **Biologische Ausstattung wird durch Solaranlagen beeinträchtigt**
 - **Fische** sind auf unterschiedliche Habitate angewiesen – Röhrichte spielen dabei als Habitat zur Vermehrung, als Jungfischhabitat sowie als Jagdhabitat (z.B. Hecht) eine bedeutende Rolle
 - **weder positiv noch negativ** wenn Eingriffe in das Röhricht vermieden werden
 - **positiv**: Schattenbereich und damit Schutz vor Räubern (Kormoran)
 - **positiv**: wenn durch geeignete Konstruktion des Trägersystems der Solaranlage künstliche Habitate für Fische geschaffen werden