

Auswirkungen schwimmender PV-Anlagen auf Arten und Lebensräume

Grundlagen und erste Erkenntnisse aus den FuE-Vorhaben des Bundesamtes für Naturschutz



M. Sc. Conny Mehl
Geschäftsführerin

biota – Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH • www.institut-biota.de

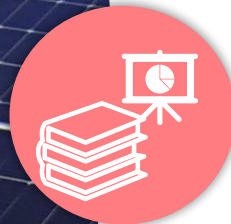
Agenda



Rechtliche Rahmenbedingungen und fachlicher Hintergrund



Kurzüberblick zum FuE-Vorhaben



Ergebnisse der bisherigen Literaturanalyse zu den naturschutzfachlichen Auswirkungen von FPV-Anlagen

Agenda



Rechtliche Rahmenbedingungen und fachlicher Hintergrund



Kurzüberblick zum FuE-Vorhaben



Ergebnisse der bisherigen Literaturanalyse zu den naturschutzfachlichen Auswirkungen von FPV-Anlagen

Warum schwimmende PV-Anlagen?

EEG 2023

- Förderfähig im regulären Ausschreibungssystem
- Besondere Anlage nach § 37 Abs.1 Satz 3f.
- Ziel: Ausbau von Solarenergie und Integration neuer Flächenpotenziale

Vorteile:

- Flächeneffizienz/Doppelnutzung
 - Reduzierung des Flächendrucks an Land
- Hohe Erträge/Effizienzvorteile
 - Kühlungseffekte durch das Wasser – höhere Wirkungsgrade und Erträge
 - Weniger Verschattung
- Synergien und Zusatznutzen
 - Nutzung vorhandener Infrastrukturen (Tagebau- und Baggerseen)
 - Reduzierte Verdunstung und Algenbildung möglich

Warum schwimmende PV-Anlagen?

Aber:

- Hohe Investitionskosten
 - Gewässerökologische und naturschutzfachliche Auswirkungen schwimmender PV-Anlagen immer noch wenig erforscht
- Deutschland ist mit § 36 WHG dem umweltrechtlichen Vorsorgeprinzip gefolgt

§ 36 WHG:

- (1) Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern sind so zu errichten, zu betreiben, zu unterhalten und stillzulegen, dass keine schädlichen Gewässerveränderungen zu erwarten sind
- [...]
- (3) Eine Solaranlage darf nicht errichtet und betrieben werden
1. in und über einem oberirdischen Gewässer, das kein künstliches oder erheblich verändertes Gewässer ist, und
 2. in und über einem künstlichen oder erheblich veränderten Gewässer, wenn ausgehend von der Linie des Mittelwasserstandes
 - a) die Anlage mehr als 15 Prozent der Gewässerfläche bedeckt oder
 - b) der Abstand zum Ufer weniger als 40 Meter beträgt.

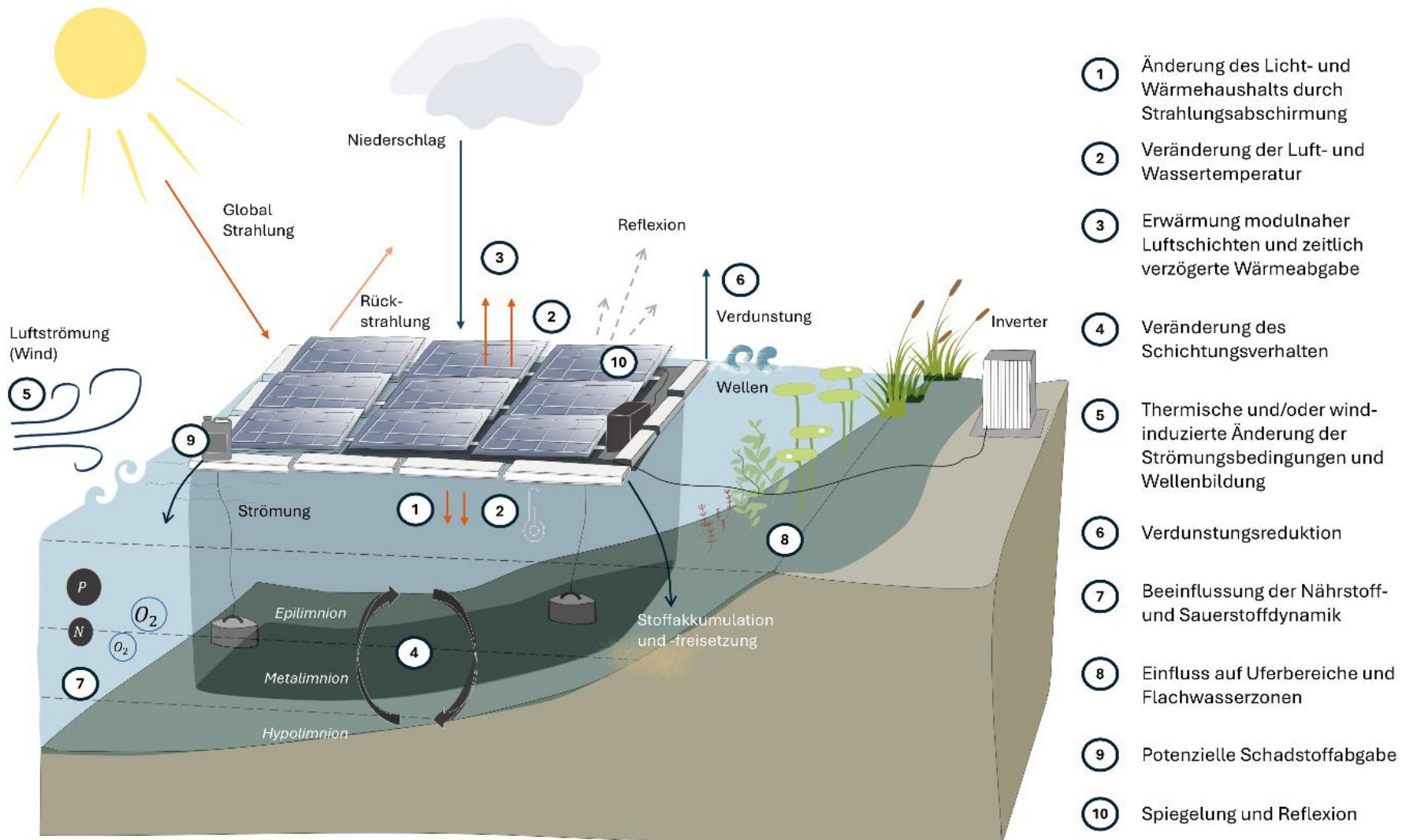
Warum schwimmende PV-Anlagen?

Neben den wasserrechtlichen Bestimmungen auch naturschutzfachliche Vorgaben zu beachten:

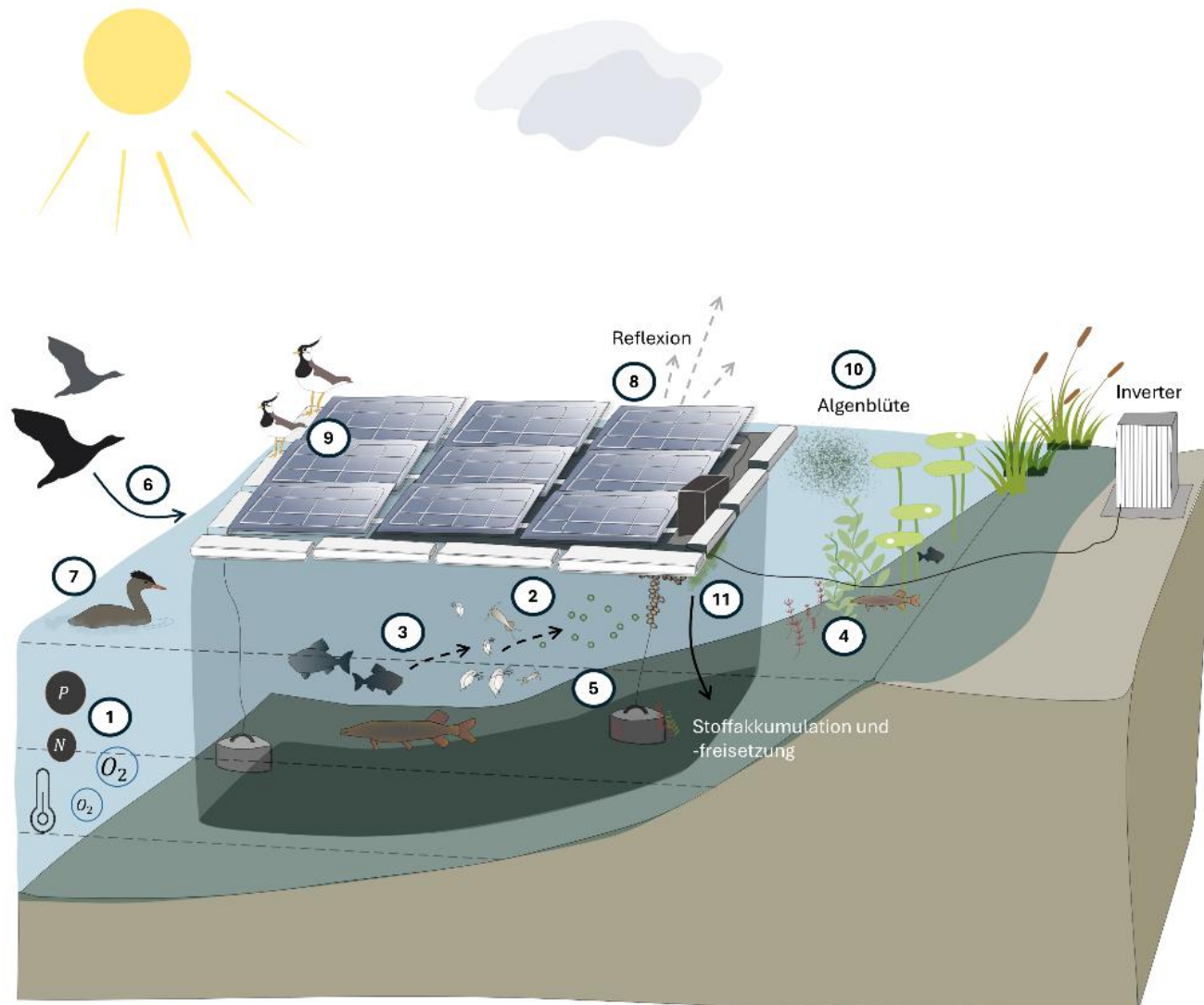
- Bundesnaturschutzgesetz
 - § 30 BNatSchG „Gesetzlich geschützte Biotope“; hierunter fallen explizit „natürliche oder naturnahe Bereiche fließender und stehender Binnengewässer einschließlich ihrer Ufer“ (vgl. § 30 Absatz 2 Satz 1)
 - Eingriffe in Natur und Landschaft, Unzulässigkeit, Vermeidungs-, Ausgleichs- und Kompensationsbestimmungen etc. gemäß §§ 13 ff. BNatSchG
 - Bestimmungen für (ggf. auch benachbarte) Schutzgebiete gemäß §§ 22 ff. BNatSchG
 - Verträglichkeit und Unzulässigkeit von Projekten im Zusammenhang mit ihrer Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen eines (ggf. auch benachbarten) Natura 2000-Gebiets gemäß § 34 BNatSchG
 - Berücksichtigung der Vorschriften für streng und besonders geschützte Arten gemäß § 44 f. BNatSchG

→ Wirkungen bisher wenig erforscht

Potenzielle abiotische Wirkungen



Potenzielle biotische Wirkungen



- 1 Veränderung der Nährstoff- und Sauerstoffverfügbarkeit für aquatische Organismen
- 2 Beeinflussung photosynthetisch aktiver Organismengruppen
- 3 Beeinflussung der Nahrungsketten
- 4 Veränderung der Habitatstruktur (v. a. durch Veränderung der Strömung und Wellen in der Ufer- und Flachwasserzone)
- 5 Änderung der Artenzusammensetzung
- 6 Behinderung bei Anflug- und Landung von Vögeln
- 7 Barrierewirkung von Schwimm- und Tauchvögeln
- 8 optische Störwirkung
- 9 Attraktivitätserhöhung
- 10 Reduzierung von Algenblüten
- 11 Phytotropher und heterotropher Aufwuchs auf Schwimmkörpern und damit einhergehende Stoffakkumulation und -freisetzung

Agenda



Rechtliche Rahmenbedingungen und fachlicher Hintergrund



Kurzüberblick zum FuE-Vorhaben



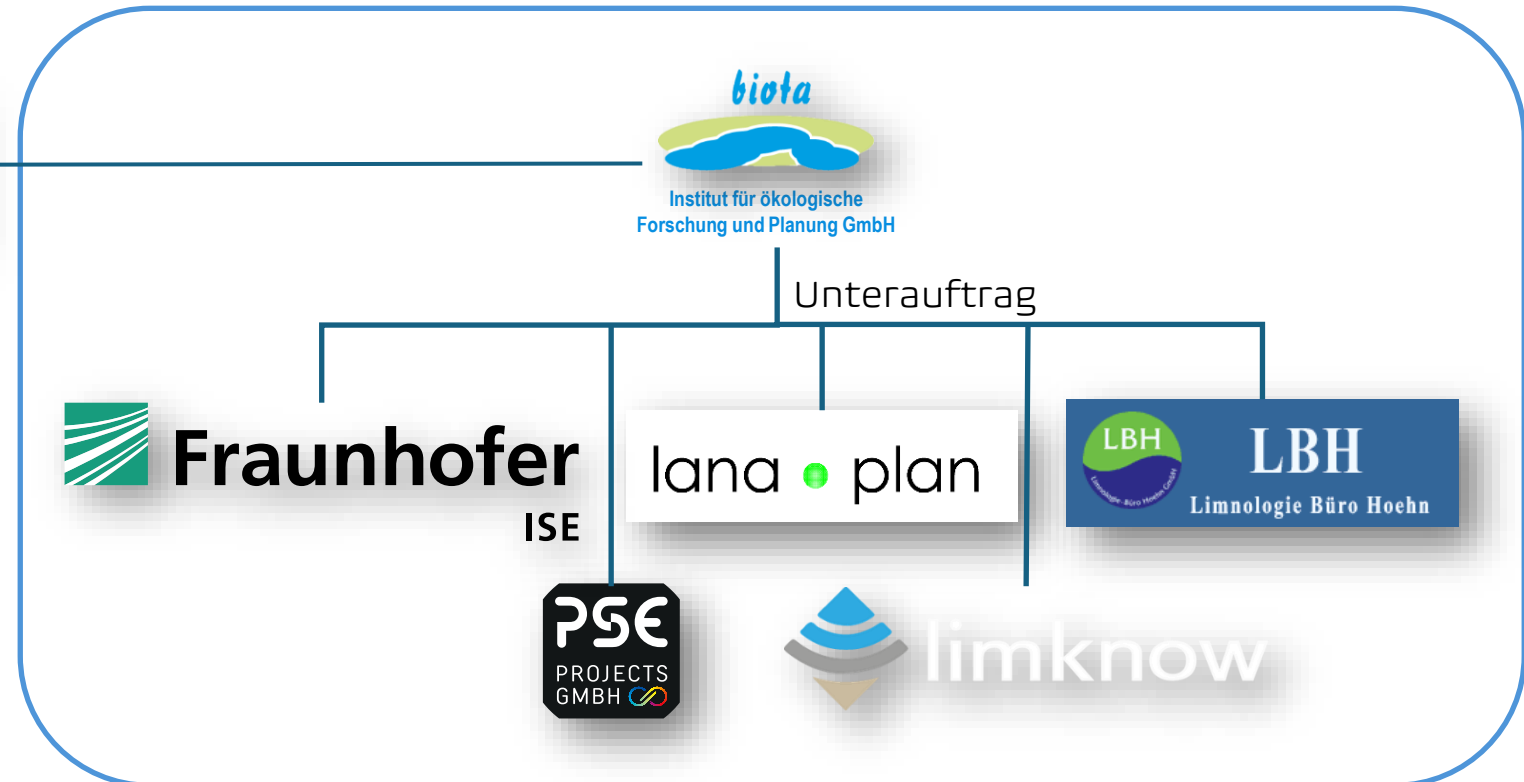
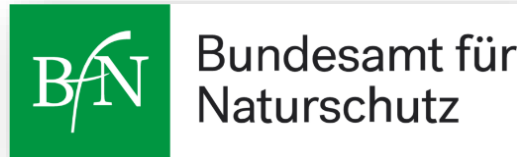
Ergebnisse der bisherigen Literaturanalyse zu den naturschutzfachlichen Auswirkungen von FPV-Anlagen

Kurzüberblick zum F+E-Vorhaben

Auswirkungen schwimmender PV-Anlagen auf Arten, Lebensräume und Landschaftsbild (und Ansätze zur Vermeidung); Teil 2: Untersuchung von naturschutzfachlichen Auswirkungen von schwimmenden PV-Anlagen auf Stillgewässern

Laufzeit: 01.09.2024-30.08.2028

Projektkonsortium



Arbeitspakete



AP 1 LITERATURRECHERCHE UND -ANALYSE

Aufbauend auf
Literaturanalyse des
Teilvorhabens I: **jährliche
Aktualisierung der
Literaturanalyse**

Hinzuziehen von "grauer
Literatur" und Prüfung
auf Plausibilität

Erstellung **Liste
abgeschlossener,
laufender und geplanter
Vorhaben im
Themenfeld
"Auswirkungen von FPV-
Anlagen auf Natur und
Landschaft"** inklusive
wichtigster Eckdaten



AP 2 VORBEREITUNG DER FELDUNTERSUCHUNGEN

**Auswahl der
Untersuchungsstandorte**

**Entwicklung des
Untersuchungsprogramms**
bei den ausgewählten
Untersuchungsstandorten
für folgende Parameter:

- Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten, Lichtverhältnisse, Windgeschwindigkeit
- Phyto- und Zooplankton
- Vögel
- Fledermäuse
- Makrophyten
- Aufwuchs auf Schwimmkörpern



AP 3 DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN UND AUSWERTUNG

Jährliche Untersuchung
der in AP 2 festgelegten
Parameter für 3 Jahre (bis
Ende 2027)

Ggf. **Evaluierung** des
Untersuchungsprogramms

**Zusammenfassen der
Ergebnisse und
Bewerten der Wirkungen**
auf die Parameter und
Artengruppen



AP 4 ENTWICKLUNG VON EMPFEHLUNGEN FÜR DEN NATURVERTRÄGLICHEN AUSBAU

Bewertung der
ermittelten **Wirkungen**
von FPV-Anlagen und
**Ableitung von
Empfehlungen** zu:

- naturschutz-optimierter Errichtung hinsichtlich Standortwahl, Ausgestaltung und Anlagenbetrieb
- Anforderungen an naturschutzfachliche Untersuchungen
- Vorschlägen für Vermeidungs-, Verminderungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen
- Kenntnislücken

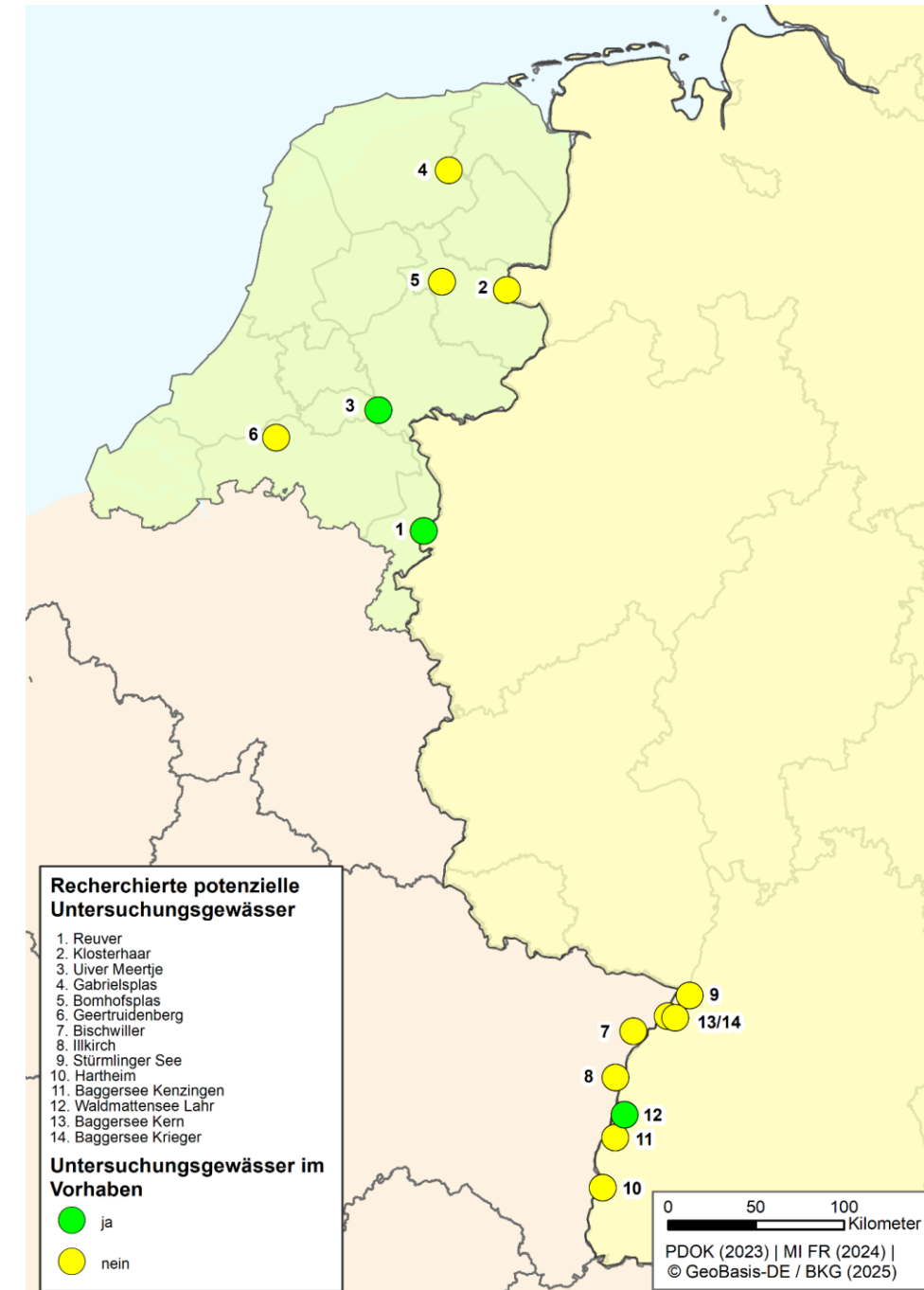
Auswahl Untersuchungsstandorte

Kriterien:

- Auswahl von 3 Gewässern mit unterschiedlichen Bedeckungsgraden (mind. 15 %)
 - Einheitlicher Seetyp zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit
 - Fokus auf Kies-/Sandtagebauseen (dominanter FPV-Seetyp in Deutschland)
 - Unterscheidung zwischen aktiver Auskiesung und abgeschlossener Auskiesung
 - Umlandsituation und funktionale Habitatbeziehungen
 - Einbindung in hydrologische Systeme (z. B. Grundwasserzustrom oder -abstrom, Lage in einem Überschwemmungsgebiet)
 - Nutzungskonstellationen der Seen (Angeln, Tourismus, Sport, Baden etc.)
 - Art und Intensität bekannter Nährstoffeinträge (v. a. Phosphor, Stickstoff)
 - Größe, Tiefe, Struktur und weitere physikalische Eigenschaften der Seen
-
- Generell: Zugänglichkeit des Gewässers und Erlaubnis des Betreibers notwendig!

Auswahl Untersuchungsstandorte

- 14 Seen wurden vertieft betrachtet, davon
 - 6 Gewässer in den Niederlanden mit weit über 15 % Bedeckung
 - 2 Gewässer in Frankreich (15 % und 50 % Bedeckung)
 - 6 Gewässer in Deutschland mit etwa 14-15 % Bedeckung
- Ausschlussgründe:
 - Eingeschränkte Zugänglichkeit
 - Beeinflussung durch Hochwasser oder Gewässerzu- und abstrom
 - Vorliegen von Altlasten
 - Unbestimmter oder für das Vorhaben unpassender Bauzeitpunkt der FPV-Anlage



Untersuchungsstandorte

Uiver Meertje - Druten (NL)

- Größe: 58 ha
- FPV-Bedeckung: 29 % (17 ha)
- FPV-Anlagentyp: ZIM Float 2 mit Ost-West-Ausrichtung
- Nicht mehr aktiv ausgeküst
- Nördliches Ufer rekultiviert mit üppigem Gehölzsaum, südliches Ufer mit frühem Sukzessionsstadium
- Nutzung durch Angler



Untersuchungsstandorte

Reuver (NL)

- Größe: 6,9 ha
- FPV-Bedeckung: 64 % (4,4 ha)
- FPV-Anlagentyp: ISI-Floating, Süd-Ausrichtung
- Nicht mehr aktiv ausgeküst
- Sehr strukturarmes Ufer ohne Gehölze



Referenz Reuver (NL)

- Größe: 14,5 ha
- Nicht mehr aktiv ausgeküst
- Nördlich strukturreiches Ufer
- Badenutzung mit Strandbereich



Untersuchungsstandorte

Waldmattensee (DE)

- Größe: 24,6 ha (Stand 2024)
- FPV-Bedeckung: 15 % (3,9 ha)
- FPV-Anlagentyp: ZIM Float 2 mit Ost-West-Ausrichtung
- Mit aktiver Auskiesung im südlichen Bereich des Gewässers
- Linkes Ufer mit strukturreichem Ufer und erlaubter Angelnutzung
- Rechtes Ufer mit Betriebsgelände
- Nördliches Ufer mit abgegrenzter Badestelle
- Erweiterung des Gewässers in Richtung Süden geplant



Untersuchungsprogramm

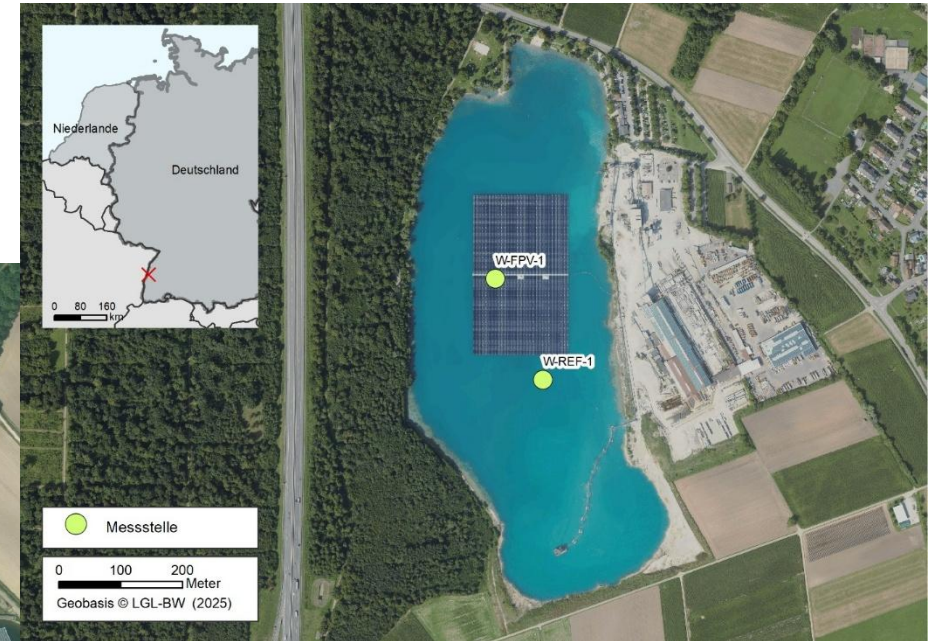
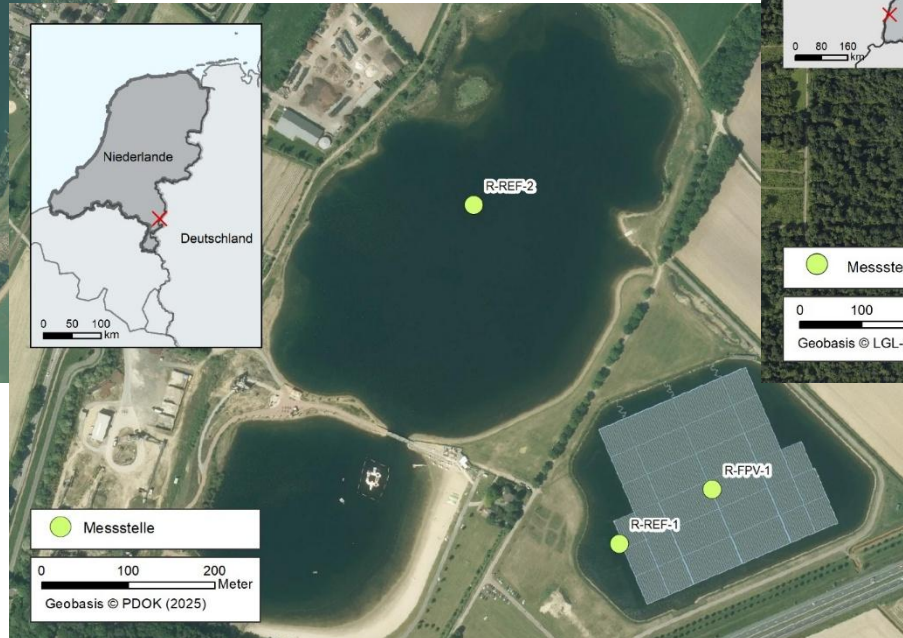
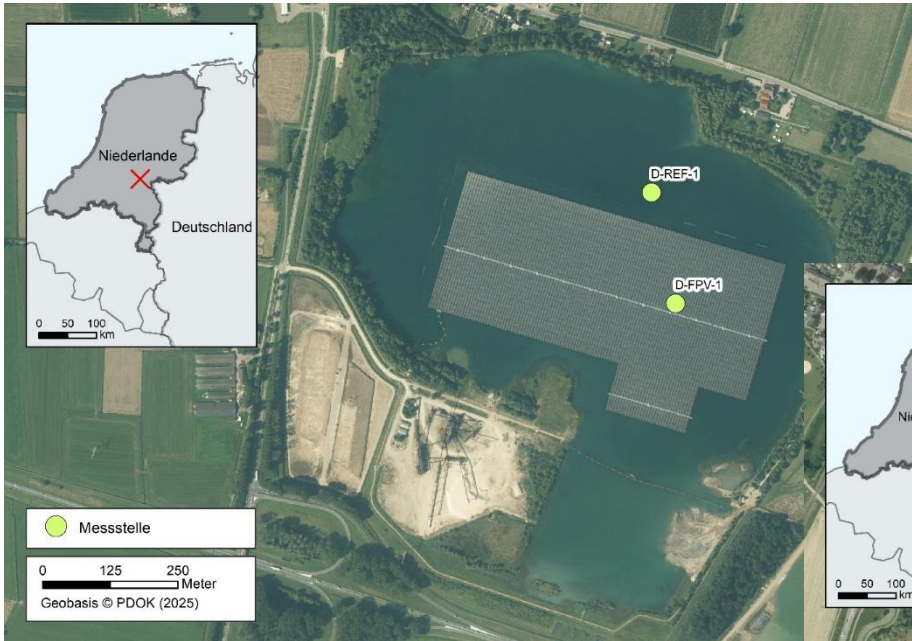
Zeitbedarfe für das Untersuchungsprogramm auf der FPV-Anlage bzw. im Uferbereich

Parameter	Erfassung pro Jahr
allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten, Lichtverhältnisse und Windgeschwindigkeit	Stichproben (Multisonde), kontinuierlich, Echtzeitabruf
Messung mit Multiparametersonde	9-14 x pro Jahr im Zeitraum von Jan. bis Dezember
Analyse ACP: Epilimnion, Hypolimnion, über Grund	9 x pro Jahr im Zeitraum von März bis November
Phyto- und Zooplankton	9 x pro Jahr im Zeitraum von März bis November
Vögel	18 Begehung für Rastvögel (erg. Nachtbegehung) 6 Begehungen für Nahrungsgäste 6 Tages- und 3 Nachtbegehungen für Brutvögel
Fledermäuse	4 x pro Jahr im Zeitraum Mai bis August (2025) 5 x pro Jahr im Zeitraum Mai bis September (2026)
Makrophyten	1 Transektkartierung pro Jahr, 1 flächendeckende Untersuchung pro Jahr (Vegetationskarten)
Aufwuchs auf Schwimmkörpern und Auswirkungen auf das Sediment	4 x pro Jahr (quartalsweise)

Untersuchungsprogramm

Messstellen in den Gewässern

- allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten, Lichtverhältnisse und Windgeschwindigkeit
- Messung mit Multiparametersonde
- Analyse ACP: Epilimnion, Hypolimnion, über Grund
- Phyto- und Zooplankton



Agenda



Rechtliche Rahmenbedingungen und fachlicher Hintergrund

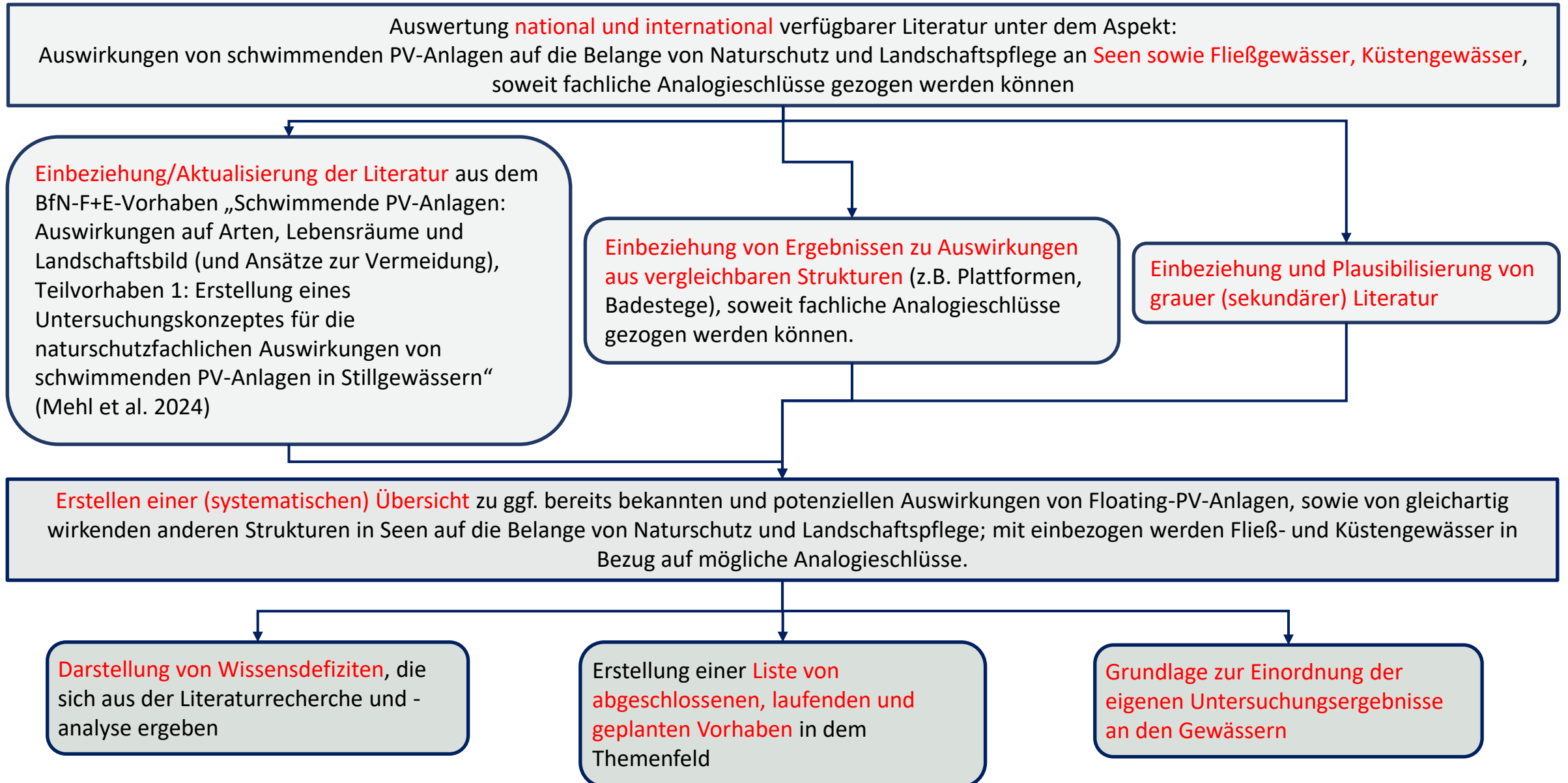


Kurzüberblick zum FuE-Vorhaben

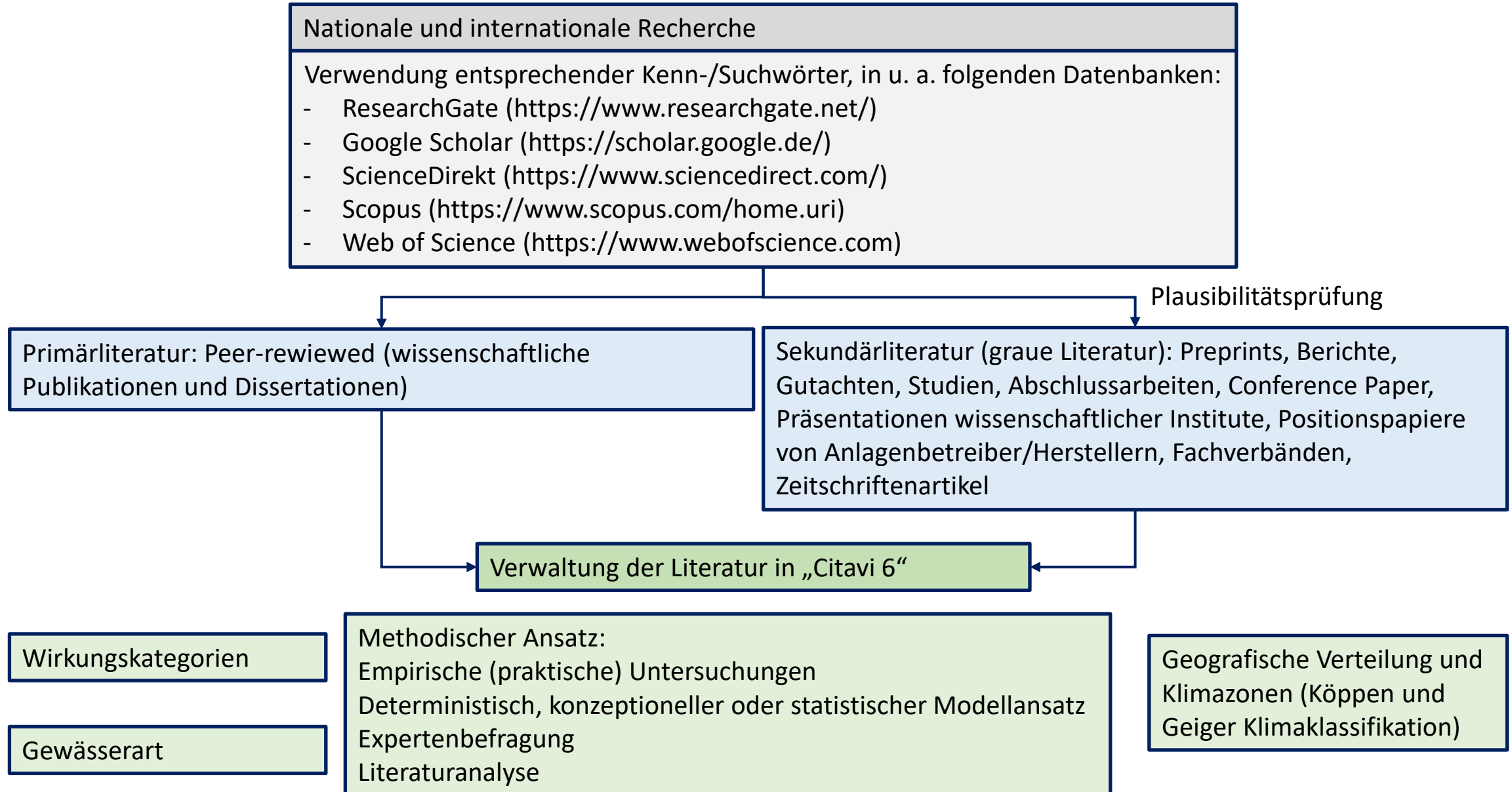


Ergebnisse der bisherigen Literaturanalyse zu den naturschutzfachlichen Auswirkungen von FPV-Anlagen

Zielstellung

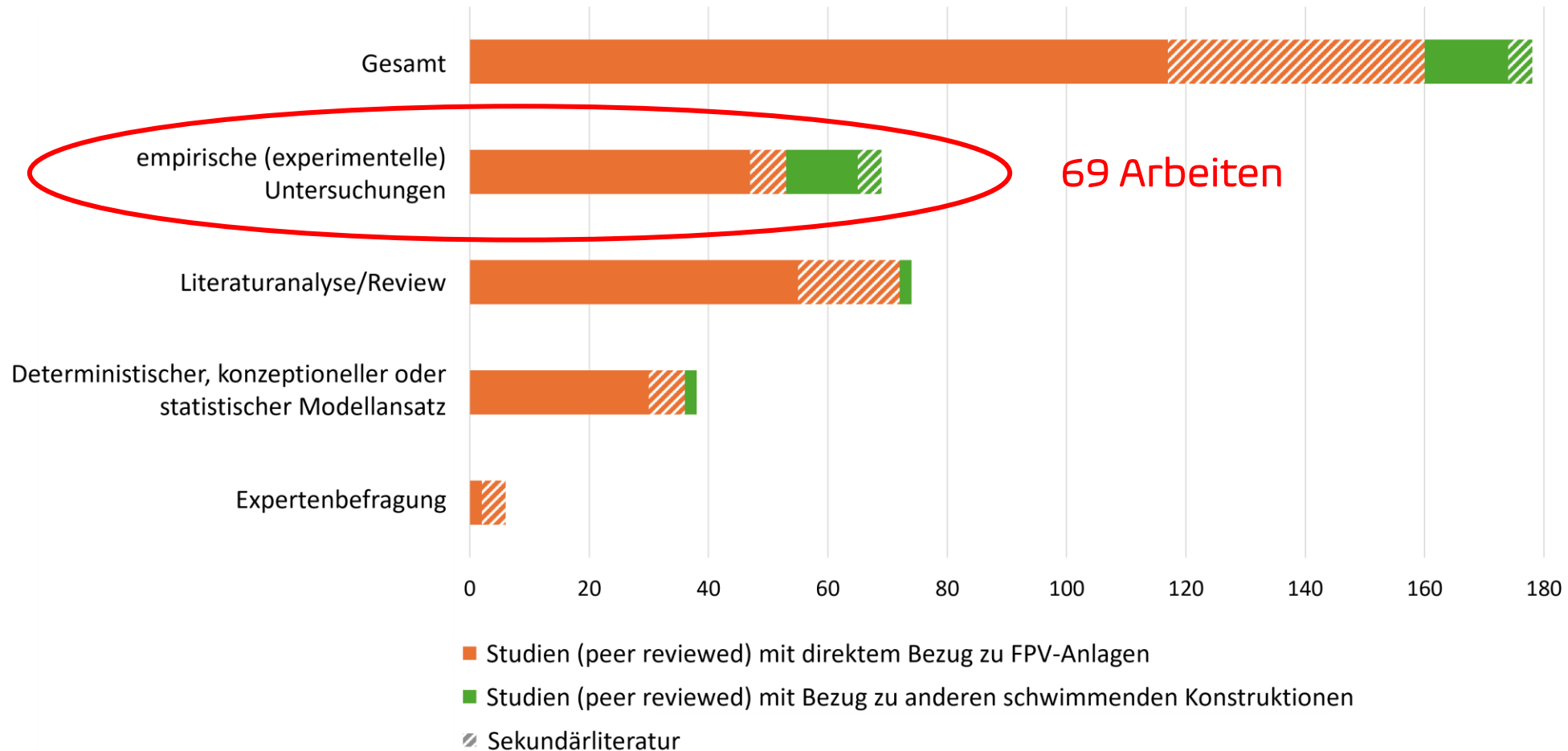


Methodik



Ergebnisüberblick (vorläufig)

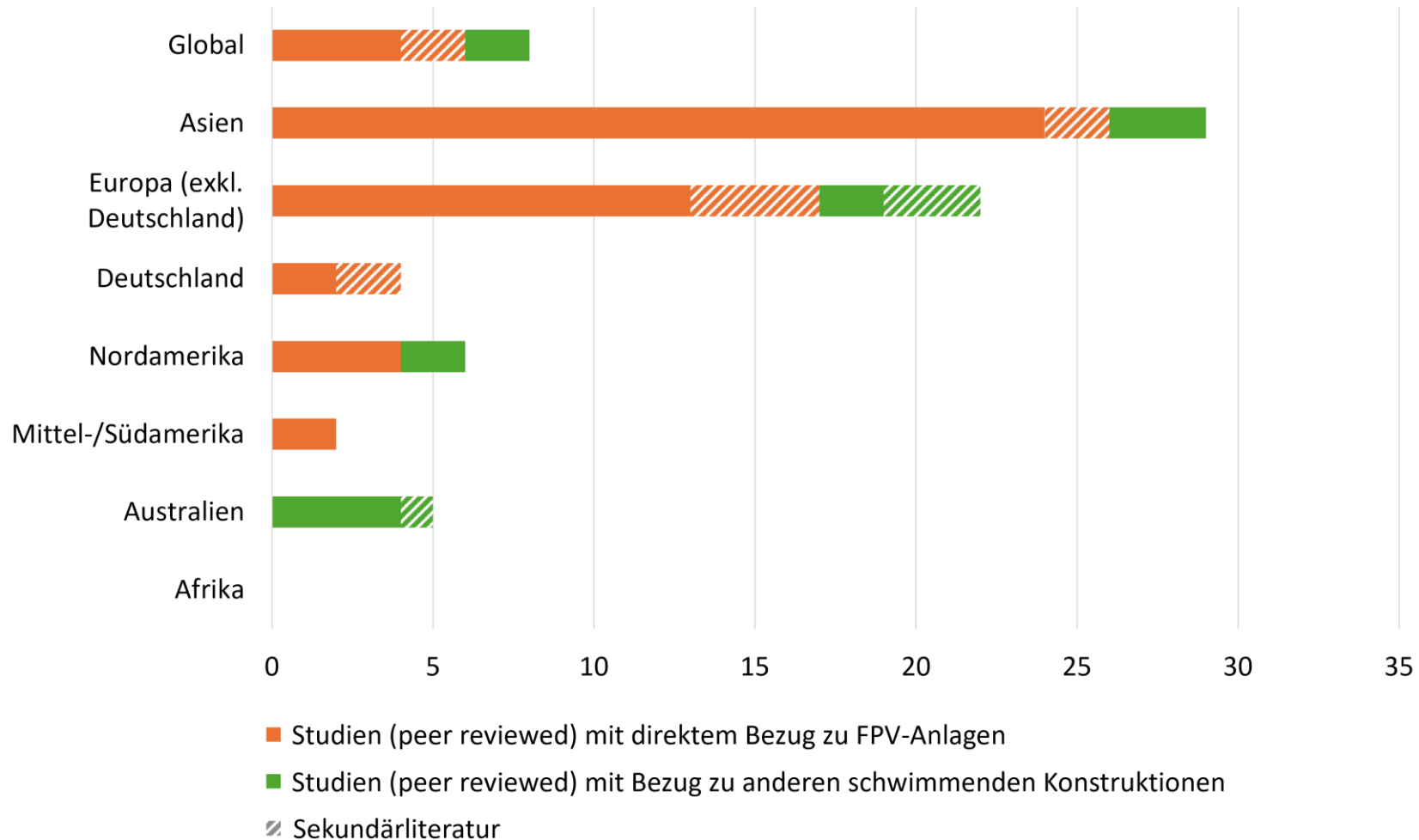
177 relevante Literaturquelle (Stand 28.02.26), davon 130 peer-reviewed und 47 graue Quellen



teilweise Mehrfachzuordnung bei Methodenkombination

Ergebnisüberblick (vorläufig)

Geografische Verteilung der Literatur mit empirischem (experimentellem) Ansatz



Ergebnisüberblick (vorläufig)

Empirische (experimentelle) und theoretische (konzeptionelle/modellbasierte) Studien in Bezug zur Gewässerart (Mehrfachnennung möglich):

Anzahl Literaturquellen		
	Direkter Zusammenhang mit FPV-Anlagen	Andere schwimmende Strukturen (z. B. floating houses) => Analogieschlüsse zur umwelt-/naturschutzfachlichen Wirkung von FPV-Anlagen
Seen	57	6
Küstengewässer	5	10
Fließgewässer	5	2
Künstliches Wasserbecken zu Forschungszwecken	11	3

→ Ermöglicht gezieltere Einordnung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf aquatische Systeme

Ergebnisüberblick (vorläufig)

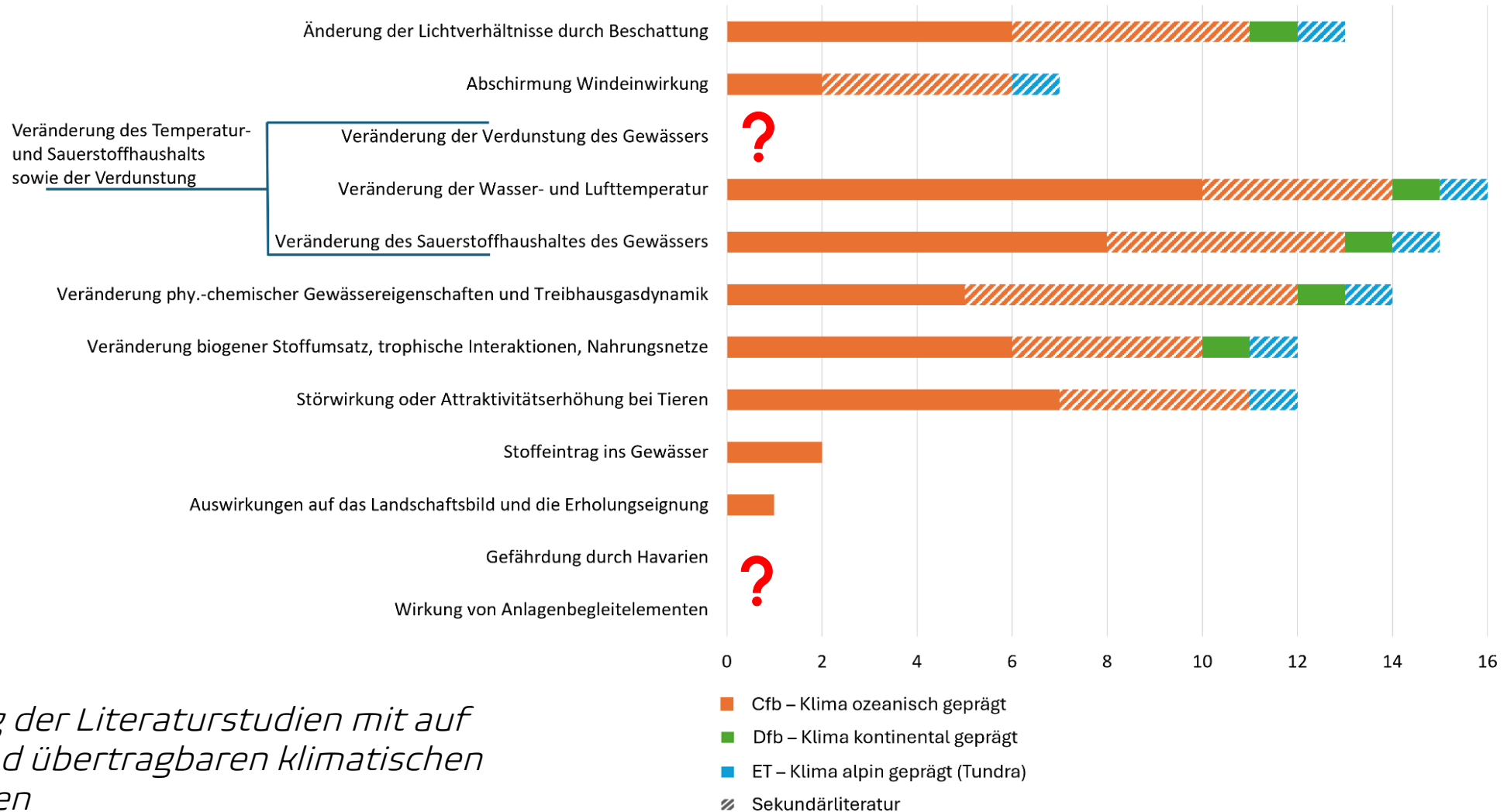
Übersicht Literaturquellen mit Bewertungsaussagen im Hinblick auf die potenziellen Auswirkungen, differenziert nach methodischem Ansatz



teilweise Mehrfachzuordnung bei
Methodenkombination

Ergebnisüberblick (vorläufig)

Übersicht Literaturquellen mit empirischem Ansatz mit Bewertungsaussagen im Hinblick auf die potenziellen Auswirkungen, differenziert nach Köppen und Geiger Klimaklassifikation



Darstellung der Literaturstudien mit auf Deutschland übertragbaren klimatischen Bedingungen

Wichtigste bisherige Erkenntnisse zu den Wirkungen (Auswahl)

Änderung der Lichtverhältnisse durch Verschattung:

- Unstrittig: Veränderung der Lichtverfügbarkeit
- Ausmaß variiert je nach Anlagentyp und -größe sowie geografischer Lage (Einstrahlungswinkel)
- Unterschiedliche Bewertung der Intensität und ökologischen Relevanz der Verschattungswirkung
 - Phytoplankton, Wasserqualität ↑
 - Lichtabhängige Lebensgemeinschaften ↓

Veränderung des Temperatur- und Sauerstoffhaushaltes des Gewässers sowie der Verdunstung:

- Beeinflussung möglich, aber kein einheitliches Wirkungsbild in der Literatur
 - Wassertemperatur: sowohl abkühlende als auch lokal erwärmende Effekte beschrieben
 - Sauerstoffkonzentration: kaum nachweisbare Veränderungen bis zu lokaler Abnahme unter der FPV-Anlage
 - Verdunstungsminderung: wesentlicher Effekt, aber abhängig von Standort, Gewässertyp, Anlagendesign
- Bewertung standort- und anlagenspezifisch

Wichtigste bisherige Erkenntnisse zu den Wirkungen (Auswahl)

Auswirkungen auf den biogenen Stoffumsatz sowie trophische Interaktionen und Nahrungsnetze:

- FPV-Anlagen können über veränderte Licht-, Temperatur- und Nährstoffverhältnisse in den biogenen Stoffumsatz von Gewässern eingreifen
 - Mögliche Folgen: Veränderungen Primärproduktion sowie Struktur und Funktion aquatischer Nahrungsnetze
- Beschattung kann die Phytoplanktonbiomasse und Artenzusammensetzung verändern, aber uneinheitliche Aussagen dazu
- Makrophyten können durch verringerte Lichtverfügbarkeit im Wachstum eingeschränkt oder in ihrer Artenzusammensetzung verändert werden
- FPV-Anlagen schaffen neue Hartsubstrate, die von Muscheln und Aufwuchsalgen besiedelt werden können (Biofouling) → Biofouling kann Wasserqualität und Nährstoffhaushalt beeinflussen, z. B. durch Filtration, Phosphorbindung und veränderte Stoffflüsse
- Fischgemeinschaften können durch veränderte Licht-, Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse sowie durch neue Schutz- und Nahrungsräume beeinflusst werden
- Unter FPV-Anlagen kann sich organisches Material anreichern, was Sedimentprozesse und benthische Lebensgemeinschaften verändern kann
- Insgesamt zeigen die Studien kein einheitliches Wirkungsbild
- Die Auswirkungen sind stark standortabhängig und derzeit nur eingeschränkt verallgemeinerbar

Wichtigste bisherige Erkenntnisse zu den Wirkungen (Auswahl)

Störwirkung oder Attraktivitätserhöhung bei Tieren:

- FPV-Anlagen beeinflussen Verhalten, Habitatnutzung und Artenzusammensetzung verschiedener Tiergruppen
 - Wirkungen uneinheitlich: von Stör- und Barriereeffekten bis zu Attraktivitäts- und Habitatfunktionen
 - Zentrale Einflussfaktoren: optische Effekte, Beschattung, strukturelle Veränderungen der Wasseroberfläche
 - Auch positive Effekte möglich: neue Strukturen als Aufenthalts-, Schutz- und Nahrungsräume
 - Begrenzte Datengrundlage, viele Wirkmechanismen noch unzureichend untersucht
 - Forschungsbedarf v. a. zu artspezifischen Reaktionen, Langzeitveränderungen und Barrierewirkungen
- Derzeit keine allgemeingültigen Aussagen möglich
- Auswirkungen stark standort- und anlagenabhängig (u. a. Bedeckungsgrad, technische Ausgestaltung)

Bisheriges Fazit

- Zunehmende Zahl an Studien zu FPV-Anlagen, Schwerpunkt jedoch auf abiotischen Effekten (z. B. Verschattung, Temperatur)
- Erhebliche Wissenslücken bei biotischen Wirkungen, Stoffeinträgen und Anlagenelementen
- Begrenzte empirische Datengrundlage, viele Studien aus dem asiatischen Raum → geringe Übertragbarkeit auf Deutschland
- Modellansätze vorhanden, Aussagekraft jedoch abhängig von begrenzten und teils vereinfachten Datengrundlagen
- Hoher Anteil an Literaturstudien, Ergebnisse teilweise nur plausibel, aber nicht umfassend empirisch belegt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

