

Amtsblatt der Europäischen Union

C 92



Ausgabe
in deutscher Sprache

Mitteilungen und Bekanntmachungen

62. Jahrgang

11. März 2019

Inhalt

II Mitteilungen

MITTEILUNGEN DER ORGANE, EINRICHTUNGEN UND SONSTIGEN STELLEN DER EUROPÄISCHEN UNION

Europäische Kommission

2019/C 92/01

Mitteilung der Kommission — Bekanntmachung der Kommission zur Ökosystemüberwachung nach Artikel 9 und Anhang V der Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie)

1

DE

II

(Mitteilungen)

MITTEILUNGEN DER ORGANE, EINRICHTUNGEN UND SONSTIGEN STELLEN
DER EUROPÄISCHEN UNION

EUROPÄISCHE KOMMISSION

MITTEILUNG DER KOMMISSION

Bekanntmachung der Kommission ⁽¹⁾ zur Ökosystemüberwachung nach Artikel 9 und Anhang V der Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie)

(2019/C 92/01)

1. Einleitung und Rechtsgrundlage

Im Rahmen des Leitfadens sollen grundlegende Fragen beantwortet werden, die sich die Mitgliedstaaten in Bezug auf praktische Aspekte des Aufbaus und des Betriebs eines Netzes von Überwachungsstellen in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Artikels 9 der Richtlinie (EU) 2016/2284 (NEC-Richtlinie) ⁽²⁾ möglicherweise stellen. Als Leitfaden hat das Dokument keinen rechtsverbindlichen Charakter und die Mitgliedstaaten können ihre Netze so einrichten, wie dies für die jeweiligen Gegebenheiten in ihrem Land angemessen und praktikabel ist. Sie müssen jedoch sicherstellen, dass die Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung entsprechend den Vorgaben von Artikel 9 erfolgt. Im Rahmen der Berichterstattung zu ihren Netzen werden die Mitgliedstaaten gebeten, ein Dokument vorzulegen, in dem sie den Aufbau der Netze zur Erfüllung der Anforderungen der NEC-Richtlinie erläutern.

Sowohl die Richtlinie 2001/81/EG ⁽³⁾ („alte NEC-Richtlinie“) als auch die Richtlinie (EU) 2016/2284 („NEC-Richtlinie“) haben das Ziel, nicht nur die menschliche Gesundheit, sondern auch den Zustand der Ökosysteme in der EU zu verbessern. Neben der Absicht, die gesundheitlichen Auswirkungen in der EU zu reduzieren, enthält das Programm „Saubere Luft für Europa“ ⁽⁴⁾ auch die Zielvorgabe, die von Eutrophierung betroffenen Ökosystemflächen bis 2030 gegenüber 2005 um 35 % zu verringern.

Das Ausmaß der Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Ökosysteme in der EU wird dabei anhand der Frage bemessen, inwieweit die kritischen Eintragsraten und Konzentrationen für Schwefel, Stickstoff und Ozon auf der Grundlage des vorwiegend weiträumigen Transports von Schadstoffen überschritten werden. Die Berechnung dieser Schwellenwerte beruht einerseits auf der Arbeit der Arbeitsgruppe Wirkungen (Working Group on Effects, WGE), die entsprechend dem Göteborg-Protokoll zum Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (LRTAP-Übereinkommen) ⁽⁵⁾ eingerichtet wurde — wozu auch die Arbeit des Koordinationszentrums für Effekte (CCE)

⁽¹⁾ Haftungsausschluss: Der Leitfaden soll nationalen Behörden bei der Anwendung der Richtlinie (EU) 2016/2284 helfen. Er gibt lediglich die Sichtweise der Europäischen Kommission wider und ist daher nicht rechtsverbindlich. Die rechtsverbindliche Auslegung des Unionsrechts obliegt ausschließlich dem Gerichtshof der Europäischen Union (EuGH). Die hier dargelegten Auffassungen sind nicht als Vorgriff auf Standpunkte zu verstehen, die die Kommission gegebenenfalls vor dem EuGH vertritt.

⁽²⁾ Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG (ABl. L 344 vom 17.12.2016, S. 1).

⁽³⁾ Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (ABl. L 309 vom 27.11.2001, S. 22).

⁽⁴⁾ Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über ein Programm „Saubere Luft für Europa“, COM(2013) 918 final.

⁽⁵⁾ <https://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>

und die Arbeit im Rahmen der internationalen Kooperationsprogramme (ICP) zur Wirkung von Luftverunreinigungen auf Oberflächengewässer (ICP Waters), auf Wälder (ICP Forests) und die Nicht-Wald-Vegetation (ICP Vegetation) sowie des ICP zur integrierten Umweltbeobachtung (ICP Integrated Monitoring ⁽⁶⁾) gehören — und andererseits auf den Überwachungsnetzen, die zu diesem Zweck in den Gebieten der am Göteborg-Protokoll teilnehmenden Parteien eingerichtet wurden.

Angesichts der grundlegenden Bedeutung dieser Arbeit für die Ökosystemziele der EU-Luftqualitätspolitik und um die Wirksamkeit der nationalen Emissionsreduktionsverpflichtungen zu bewerten, haben die beiden Gesetzgebungsorgane in der NEC-Richtlinie Verpflichtungen zur Überwachung der Auswirkungen der Luftverunreinigung auf Ökosysteme vorgesehen. Diese verpflichtende Überwachung soll gleichzeitig auch einen Beitrag zur Arbeit im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens leisten.

Gemäß der NEC-Richtlinie unterliegen die Mitgliedstaaten im Wesentlichen folgenden Verpflichtungen:

- Die Mitgliedstaaten sorgen mithilfe eines Netzes von Überwachungsstellen, die für Süßwasserlebensräume, natürliche und naturnahe Lebensräume in Nicht-Waldzonen sowie für Waldökosysteme repräsentativ sind, für die Überwachung der negativen Auswirkungen der Luftverschmutzung auf Ökosysteme, wobei sie einen kosteneffizienten und risikobasierten Ansatz verfolgen (Artikel 9 Absatz 1 Unterabsatz 1).
- Bis zum 1. Juli 2018 und danach alle vier Jahre übermitteln die Mitgliedstaaten der Kommission und der Europäischen Umweltagentur einen Bericht über den Standort der Überwachungsstellen und die jeweiligen für die Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung verwendeten Indikatoren (Artikel 10 Absatz 4 Buchstabe a).
- Bis zum 1. Juli 2019 und danach alle vier Jahre übermitteln die Mitgliedstaaten der Kommission und der Europäischen Umweltagentur die Überwachungsdaten gemäß Artikel 9 (Artikel 10 Absatz 4 Buchstabe b).

Die Kommission ist ihrerseits verpflichtet,

- dem Europäischen Parlament und dem Rat bis zum 1. April 2020 und danach alle vier Jahre einen Bericht über die Fortschritte beim Erreichen der Ziele der Union in Bezug auf den Schutz der Artenvielfalt und der Ökosysteme gemäß dem 7. Umweltaktionsprogramm (7. UAP) ⁽⁷⁾ vorzulegen (Artikel 11 Absatz 1 Buchstabe a Ziffer iii) (für Einzelheiten siehe Abschnitt 2).

Der Aufbau eines einwandfrei funktionierenden Netzes zur Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung beruht auf schrittweisen Verbesserungen. Der vorliegende Leitfaden konzentriert sich schwerpunktmäßig auf die Fragen, die für die ersten Berichtszyklen (2018 und 2019) wichtig sind. Auf der Grundlage der übermittelten Informationen der Mitgliedstaaten gemäß Artikel 10 wird die Kommission in ihrem Bericht, der laut Artikel 11 der NEC-Richtlinie im Jahr 2020 zu veröffentlichen ist, bewerten, inwiefern die bisher eingerichteten Überwachungsnetze verstärkt werden müssen, um die Anforderungen von Artikel 9 zu erfüllen. Anhand dieser Bewertung und anderer im Zuge der Umsetzung aufgeworfener Fragen oder gewonnener Erkenntnisse wird schließlich beurteilt, ob die Überwachung weiter verbessert werden muss. Diese Verbesserungen sollen — soweit möglich — anschließend im nächsten Berichtszyklus (2022 und 2023) umgesetzt werden.

Der vorliegende Leitfaden ist wie folgt gegliedert:

- Abschnitt 2: Ziele der Ökosystemüberwachung gemäß der NEC-Richtlinie
- Abschnitt 3: Umfang und Gestaltung eines Netzes zur Überwachung der Ökosysteme
- Abschnitt 4: Zusammenspiel mit anderen Überwachungstätigkeiten
- Abschnitt 5: Berichterstattung
- Abschnitt 6: Unterstützung bei der Umsetzung
- Abschnitt 7: Fallstudien

2. Ziele der Ökosystemüberwachung gemäß der NEC-Richtlinie

Mit dem Programm zur Ökosystemüberwachung soll eine Wissensgrundlage für die Bewertung der Wirksamkeit der NEC-Richtlinie in Bezug auf den Umweltschutz geschaffen werden. Die Richtlinie (Artikel 1 und Artikel 11) bezieht sich

⁽⁶⁾ Ungekürzt: ICP für die Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Flüsse und Seen; ICP für die Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder; ICP zur Bewertung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf natürliche Vegetation und Nutzpflanzen; ICP zur integrierten Beobachtung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Ökosysteme.

⁽⁷⁾ Beschluss Nr. 1386/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2013 über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten“ (ABl. L 354 vom 28.12.2013, S. 171).

hinsichtlich des Umweltschutzes auf „die Ziele der Union in Bezug auf den Schutz der Artenvielfalt und der Ökosysteme gemäß dem 7. Umweltaktionsprogramm“, die im Zusammenhang mit der Luftverschmutzung wie folgt definiert sind: „die Luftverschmutzung und ihre Auswirkungen auf die Ökosysteme und die biologische Vielfalt [sollen] weiter verringert werden und dabei [soll] langfristig das Ziel verfolgt [werden], kritische Belastungen und Werte nicht zu überschreiten“⁽⁸⁾.

Beabsichtigt wird also eine Verbesserung des Netzes zur Ökosystemüberwachung, welches dazu dient, im Zusammenhang mit den Auswirkungen von Schwefeloxiden (SO_x), Stickstoffoxiden (NO_x), Ammoniak (NH₃) und bodennahem Ozon (d. h. Versauerung, Eutrophierung, Ozonschädigungen und Veränderungen der Artenvielfalt) den Zustand der Land- und Süßwasserökosysteme festzustellen sowie damit verbundene Veränderungen langfristig vorherzusehen. Letztlich zielt die Überwachung also darauf ab, die Informationslage zu den Auswirkungen der Luftverschmutzung auf Land- und Süßwasserökosysteme zu verbessern — und zwar auch in Bezug auf das Ausmaß der Auswirkungen und die Erholungszeit der Ökosysteme bei einer Verringerung der Auswirkungen — sowie einen Beitrag zur Überprüfung der kritischen Eintragsraten und Konzentrationen zu leisten.

Um diese Ziele zu erreichen, sollen die Mitgliedstaaten ihre Überwachungstätigkeiten gegebenenfalls mit anderen Überwachungsprogrammen abstimmen, die mit ihrem Hoheitsgebiet oder der Europäischen Union oder mit dem LRTAP-Übereinkommen in Verbindung stehen. Die Ökosystemüberwachung, die derzeit im Rahmen der Vogelschutzrichtlinie⁽⁹⁾, der Habitatrichtlinie⁽¹⁰⁾ und der Wasserrahmenrichtlinie⁽¹¹⁾ erfolgt, besteht aus einem weitreichenden Netz zur Berichterstattung über den Gesamtzustand der Ökosysteme. Die Auswirkungen der Luftverschmutzung werden im Rahmen dieser Richtlinien allerdings nicht überwacht. Die Daten zum Zustand des Ökosystems, die im Rahmen dieser breit gefassten Bewertungen erhoben werden, sind für die Ziele des Artikels 9 also nur teilweise relevant (die Frage wird in Abschnitt 4 über das Zusammenspiel mit anderen Überwachungstätigkeiten näher erläutert). Die Überwachung gemäß der NEC-Richtlinie entspricht insofern der Überwachung der Auswirkungen gemäß dem LRTAP-Übereinkommen, als dass sie sich gezielt auf die Untersuchung der belastenden Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Ökosysteme bezieht. Ziel ist es, die zugrunde liegenden Mechanismen, das Ausmaß der Auswirkungen und die Aussichten auf Erholung der Ökosysteme näher zu begreifen. Die Ökosystemüberwachung im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens ist daher von unmittelbarer Bedeutung für die Ziele der NEC-Richtlinie.

3. Umfang und Gestaltung eines Netzes zur Überwachung der Ökosysteme

3.1. Auswirkungen von Interesse

Die **Auswirkungen** der Luftverschmutzung von Interesse für die Ökosystemüberwachung sind in erster Linie jene Auswirkungen, die mit den Stoffen verbunden sind, für die es laut Anhang II der Richtlinie Reduzierungsverpflichtungen gibt (SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃ und PM_{2,5}). Konkret geht es also um Versauerung, Eutrophierung und die Schädigung des Pflanzenwachstums und der Artenvielfalt durch Ozon. Obwohl die Auswirkungen anderer Schadstoffe (z. B. von Schwermetallen) zwar ebenfalls von Bedeutung sind, ist dennoch ein schrittweiser Ansatz angemessen und es wird vorgeschlagen, den Schwerpunkt der ersten Überwachungsphase auf diese drei Auswirkungen zu legen.

3.2. Ökosystemtypen

Nach Artikel 9 Absatz 1 der NEC-Richtlinie sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, die Überwachung mithilfe „eines Netzes von Überwachungsstellen [durchzuführen], die für Süßwasserökosysteme, natürliche und naturnahe Ökosysteme sowie Waldökosysteme repräsentativ sind, [...] wobei sie einen kosteneffizienten und risikobasierten Ansatz verfolgen“.

Es gibt in ganz Europa⁽¹²⁾ verteilt zahlreiche unterschiedliche Typen von Ökosystemen, wobei erhebliche Unterschiede bei der Anzahl der Ökosystemtypen je Mitgliedstaat bestehen. Die Flächendeckung des Netzes muss zwar repräsentativ für die Ökosysteme in ihren eigenen Hoheitsgebieten sein, die Mitgliedstaaten sollten bei der Auswahl der Anzahl und der Standorte der Überwachungsstellen sowie der zu überwachenden Indikatoren aber dennoch einen kosteneffizienten und risikobasierten Ansatz verfolgen, wie in Artikel 9 Absatz 1 der NEC-Richtlinie festgelegt.

Ein Anhaltspunkt für die Ermittlung einer repräsentativen Anzahl von Ökosystemen und der zu überwachenden Lebensräume kann dabei die Anzahl der biogeografischen Regionen eines Mitgliedstaats sein. Nach der aktuellsten Klassifizierung seiner biogeografischen Gebiete besteht Europa aus den elf Regionen in *Abbildung 1* (alpine Region, anatolische Region, arktische Region, atlantische Region, Schwarzmeerregion, boreale Region, kontinentale Region, makaronesische Region, mediterrane Region, pannonische Region und Steppenregion).

Im Idealfall sollte in jeder biogeografischen Region mindestens eine Überwachungsstelle je Ökosystemtyp eingerichtet werden.

⁽⁸⁾ 7. UAP Ziffer 28 Buchstabe d.

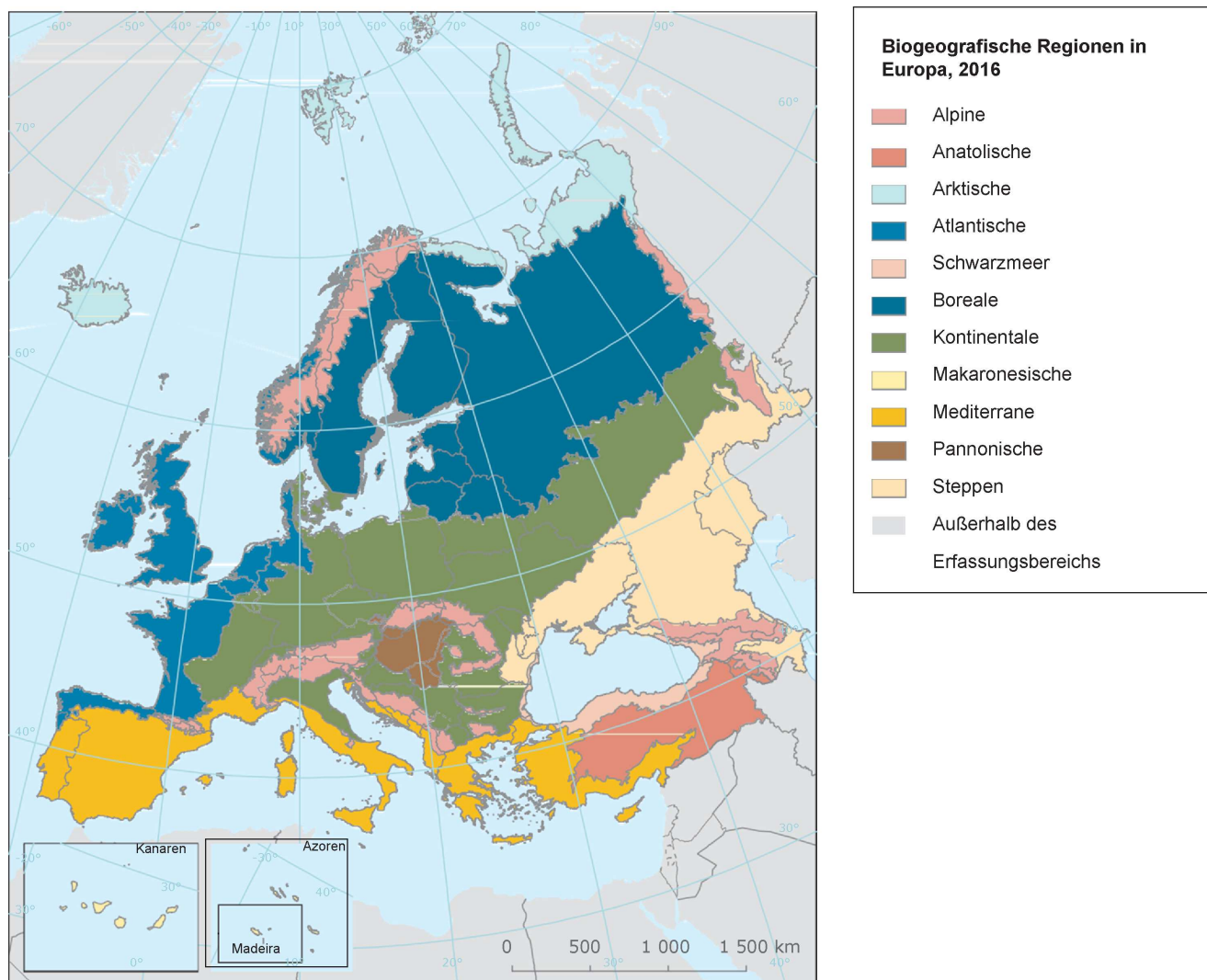
⁽⁹⁾ Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (ABl. L 20 vom 26.1.2010, S. 7).

⁽¹⁰⁾ Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen (ABl. L 206 vom 22.7.1992, S. 7).

⁽¹¹⁾ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1).

⁽¹²⁾ Siehe etwa Anhang 1 der Habitatrichtlinie 92/43/EWG.

Abbildung 1

Biogeografische Regionen in Europa ⁽¹⁾

⁽¹⁾ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/biogeographical-regions-europe-3>

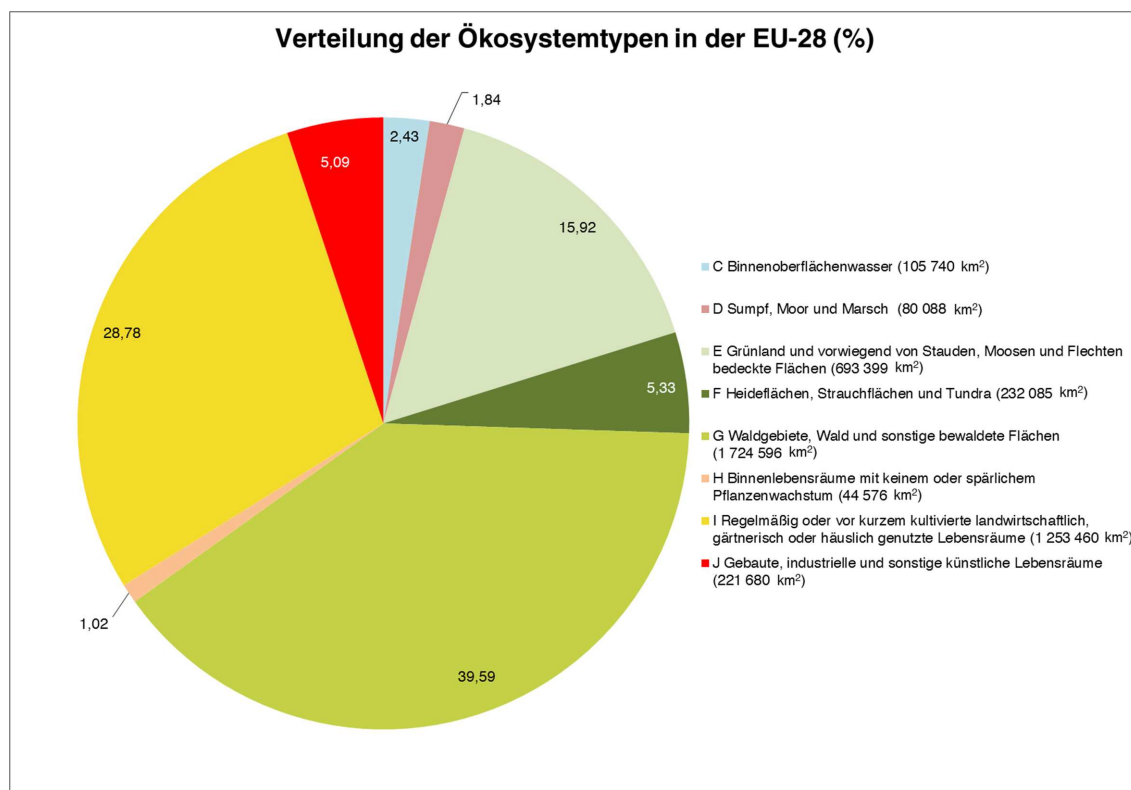
Innerhalb der einzelnen biogeografischen Regionen lassen sich die wichtigsten Ökosysteme und Lebensräume von Interesse nach den MAES ⁽¹³⁾- und EUNIS ⁽¹⁴⁾-Klassifizierungen einstufen. Beim flächenmäßigen Anteil der einzelnen MAES-Ökosystemtypen gibt es sowohl innerhalb der einzelnen Länder als auch innerhalb der EU sowie zwischen den Ländern erhebliche Unterschiede (Abbildung 2).

⁽¹³⁾ Kartierung und Bewertung von Ökosystemen und ihren Leistungen (MAES) http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf.

⁽¹⁴⁾ Europäisches Naturinformationssystem (EUNIS) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>.

Abbildung 2

Fläche und prozentueller Anteil der Land- und Süßwasserökosysteme der EU-28 nach der MAES-Typologie (MAES, 2016 ⁽¹⁾)



⁽¹⁾ Technischer Bericht 2016-095 der MAES-Arbeitsgruppe „Mapping and assessing the condition of Europe's ecosystems: Progress and challenges (Kartierung und Bewertung des Zustands der Ökosysteme Europas: Fortschritte und Herausforderungen)“, 3. Bericht final, März 2016“.

Einige Ökosystemtypen nach der MAES-Klassifizierung (im Wesentlichen städtische Ökosysteme und die meisten Gebiete mit spärlichem oder keinem Pflanzenwachstum) sind für die Zwecke der NEC-Richtlinie eindeutig nicht relevant. Was Anbauflächen betrifft, erzeugt die Luftverschmutzung im Vergleich zu Düngungs- und anderen Maßnahmen eine geringere Nährstoffbelastung. Aufgrund ihrer Ozonempfindlichkeit ist allerdings auch die Überwachung von Nutzpflanzen sinnvoll.

Auf dieser Grundlage sind für die NEC-Richtlinie sechs Hauptkategorien von Ökosystemen relevant: Grünland, Anbauflächen, Wälder und Waldflächen, Heide- und Strauchflächen, Feuchtgebiete sowie Flüsse und Seen, wie in *Tabelle 1* aufgeführt. Je nach der Verfügbarkeit von Informationen — von der allgemeinen Ebene 1 bis hin zur ausführlicheren Ebene 3 oder höher — lassen sich die genannten MAES-Kategorien mit den EUNIS-Lebensraumtypen (Ebenen 1 und 2) sowie mit den CLC-Klassen (Corine Land Cover ⁽¹³⁾) (Ebene 3) verknüpfen. Gegebenenfalls können auch spezifische Ökosysteme und Lebensräume von besonderem Interesse oder besonders bedeutungs- und wertvolle Ökosysteme und Lebensräume in das Überwachungsprogramm aufgenommen und mit diesen Kategorien verknüpft werden.

⁽¹³⁾ „Corine Land Cover“-Klassen.

Tabelle 1

Überblick der Ökosysteme und Lebensräume und deren Verknüpfung mit den MAES-Ökosystemtypen, den EUNIS-Lebensraumklassen und den CLC-Klassen

MAES-Ökosystemtyp	EUNIS-Lebensraumklassen Ebene 1	EUNIS-Lebensraumklassen Ebene 2	CLS-Klassen Ebene 3
Ackerland	I Regelmäßig oder vor kurzem kultivierte landwirtschaftlich , gärtnerisch oder häuslich genutzte Lebensräume	I1 Ackerland und Gartenanlagen I2 Landschaftsgärten und Parks	2.1.1. Nicht bewässertes Ackerland 2.1.2. Dauerhaft bewässertes Ackerland 2.1.3. Reisfelder 2.2.1. Rebanlagen 2.2.2. Obstbäume und Beerenanlagen 2.2.3. Olivenhaine 2.4.1. Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen 2.4.2. Komplexe Anbaumuster 2.4.3. Primär landwirtschaftlich genutzte Gebiete mit Flächen natürlicher Vegetation von erheblicher Größe 2.4.4. Agro-forstwirtschaftliche Flächen
Grünland	E Grünland und vorwiegend von Stauden, Moosen und Flechten bedeckte Flächen	E1 Trockenes Grünland E2 Mesophiles Grünland E3 Saisonales Feuchtgrünland und Feuchtgrünland E4 Alpines und subalpines Grünland E5 Waldrand, Lichtungen und Hochstaudenfluren E6 Binnensalzsteppen E7 Spärlich bewaldetes Grünland	2.3.1. Weiden 3.2.1. Natürliches Grünland
Waldgebiete und Wälder	G Waldgebiete, Wald und sonstige bewaldete Flächen	G1 Sommergrüne Laubwälder G2 Immergrüne Laubwälder G3 Nadelwälder G4 Mischwälder G5 Baumreihen, kleine Waldgebiete, kürzlich gefällttes Waldgebiet, Schonungen, Unterholz	3.1.1. Laubwälder 3.1.2. Nadelwälder 3.1.3. Mischwälder 3.2.4. Wald-Strauch-Übergangsstadien
Heide- und Strauchflächen	F Heideflächen , Strauchflächen und Tundra	F1 Tundra F2 Arktische, alpine und subalpine Sträucher F3 Gemäßigte und mediterrane Gebirgssträucher F4 Gemäßigte Strauch- und Heideflächen F5 Macchien, baumartige Büsche und thermo-mediterranes Unterholz	3.2.2. Moore und Heideflächen 3.2.3. Hartlaubvegetation

MAES-Ökosystemtyp	EUNIS-Lebensraumklassen Ebene 1	EUNIS-Lebensraumklassen Ebene 2	CLS-Klassen Ebene 3
		F6 Garrigue F7 Dornige mediterrane Heide F8 Thermoatlantische Trockensträucher F9 Sträucher an Flüssen und Mooren FA Hecken FB Sträucherplantagen	
Feuchtgebiete	D Sumpf , Moor und Marsch	D1 Regen- und Hochmoore D2 Talmoore, Niedermoore und Übergangsmoore D3 Aapa, Torfhügel und Polygonmoore D4 Basenmoore und Kalkquellenmoore D5 Riedgras und Röhricht, normalerweise ohne freistehendes Wasser D6 Salzhaltige und brackische Binnenmoore und Röhricht	4.1.1. Binnenmoore 4.1.2. Torfmoore
Flüsse und Seen	C Binnenoberflächenwasser	C1 Stehendes Oberflächenwasser C2 Fließendes Oberflächenwasser C3 Uferzone von Binnenoberflächengewässern	5.1.1. Gewässerläufe 5.1.2. Wasserflächen

Quelle: http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf

3.3. Auswahl der Standorte, Anzahl und Dichte

Angesichts der großen Bandbreite an Umständen, welche die verschmutzungsbedingte Luftbelastung beeinflussen, sowie der zahlreichen biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften der einzelnen Ökosysteme in der EU sollen in diesem Abschnitt vor allem qualitative Kriterien für die Standortauswahl dargelegt werden, die für jeden Ökosystemtyp relevant sind. Die Kriterien sollten die Grundlage für die Auswahl der Standorte und die Bestimmung von deren Anzahl und Dichte sein, um ein ausreichendes und durchgehendes Überwachungsnetz zu gewährleisten, das an die individuellen Umstände in den einzelnen Mitgliedstaaten angepasst ist. Dabei sollte beachtet werden, dass bei der Auswahl der Standorte mehrere Kriterien eine Rolle spielen, die sich je nach Mitgliedstaat unterscheiden können.

Soweit möglich, sollten bei der Auswahl der Überwachungsstellen folgende Grundsätze beachtet werden:

- Der Standort sollte ein typisches Beispiel für den zu überwachenden Ökosystemtyp sein.
- Es sollte möglich sein, die Auswirkungen von über die Luft erfolgenden Depositionen von anderen Belastungen zu unterscheiden.
- Der Standort sollte empfindlich gegenüber der betreffenden Belastung sein, sodass entsprechende Auswirkungen unmittelbar erkennbar sind.

Karten von Gebieten, die gegenüber bestimmten Auswirkungen empfindlich sind, können bei der Auswahl der Überwachungsstellen hilfreich sein.

Die Artenvielfalt sollte ein weiteres Auswahlkriterium für Überwachungsstellen sein, um den kausalen Zusammenhang zwischen der Verschmutzung und der Artenvielfalt anzugehen. Zwar muss nicht jede Überwachungsstelle unbedingt eine hohe Artenvielfalt aufweisen, doch insgesamt sollten Standorte, die nur minimal vom Menschen beeinflusst werden und an denen bevorzugt viele verschiedene Arten vorkommen, im Netz angemessen vertreten sein. Beispiele dafür sind etwa Natura-2000-Gebiete, national ausgewiesene Gebiete (CDDA) oder sonstige Schutzgebiete.

Grundsätzlich hängt die erforderliche Anzahl und Dichte der Stellen von der Empfindlichkeit der Ökosysteme, den betroffenen Ökosystemtypen, der Anzahl der verschiedenen Ökosystemtypen in den diversen biogeografischen Regionen (siehe Abschnitt 3.2) und von der Intensität der verschmutzungsbedingten Luftbelastung ab. Die nationalen Netze sollten so gestaltet werden, dass die Analyse von räumlichen Gradienten und kausalen Zusammenhängen ermöglicht wird und gleichzeitig Daten für die Kartierung und Modellierung kritischer Eintragsraten, Konzentrationen und Überschreitungen bereitgestellt werden. Es ist wichtiger, Überwachungsstellen in mehreren Regionen einzurichten als über mehrere Überwachungsstellen in einer Region zu verfügen. Eher unberührte Gebiete erfordern weniger Überwachungsstellen, wenn in den Regionen keine größeren Änderungen absehbar sind. Dennoch sollten sie aber nicht ausgespart werden.

Was die natürlichen ökologischen Bedingungen betrifft, sollten die wichtigsten Gradienten der Mitgliedstaaten in dem Netz abgebildet werden. Bedeutende klimatologische Parameter (Niederschlag, Temperatur), hydrologische Parameter und die Gradienten im Zusammenhang mit der Bodenalkalinität (z. B. der pH-Wert) sollten systematisch variieren. Diese Informationen sind in den einzelnen biogeografischen Regionen (siehe Abschnitt 3.2) teilweise schon von Natur aus vorhanden und können durch Karten oder eine detailliertere Klassifizierung ökologischer Schichten (z. B. Metzger et al. 2005 ⁽¹⁶⁾) näher beschrieben werden.

Was die Luftverschmutzungsparameter anbelangt, sollte jeder Mitgliedstaat mindestens Gebiete mit einer starken Deposition säurebildender und eutrophierender Stoffe (auf nationaler Ebene) sowie Gebiete mit hohen Ozonwerten in das Netz aufnehmen. Um langfristige Vergleiche anzustellen, sollten auch Referenzstellen mit geringen Depositionswerten/Konzentrationen ausgesucht werden. Es wird empfohlen, bei der Auswahl der Überwachungsstellen auch bestehende Karten heranzuziehen, die die Überschreitung kritischer Eintragsraten/Konzentrationen anzeigen.

Mit Blick auf die Ökosystemtypen sollten die Mitgliedstaaten die Überwachungsstellen entsprechend ihrer Repräsentanz innerhalb des Hoheitsgebiets wählen (siehe *Tabelle 1*). Zusätzlich kann Anhang I der Habitatrichtlinie (92/43/EWG) für die Auswahl der Lebensräume entsprechend ihrer Relevanz herangezogen werden.

Angesichts der Verteilung empfindlicher Ökosysteme und der Ressourcen, die für die Durchführung der notwendigen Messungen erforderlich sind, um die Auswirkungen der Luftverschmutzung zu bewerten, kann möglicherweise ein gestaffelter Ansatz angemessen sein, bei dem die weiträumige Überwachung einer Auswahl relativ einfacher Parameter (Ebene I) mit einer gezielteren und fundierteren Überwachung einer kleineren Auswahl komplexerer Parameter (Ebene II) kombiniert wird. Bei einigen Ökosystemen kann es angemessen sein, zur Überwachung der Stufe I eine Mindestdichte an Überwachungsstellen einzuhalten (im Rahmen des „ICP Forests“ ist für die Überwachung der Ebene I beispielsweise ein Netz auf der Grundlage eines Rasters von 16 x 16 km vorgesehen). Falls angebracht, wird in den nachstehenden Empfehlungen zu den Parametern und zur Überwachungshäufigkeit zwischen diesen beiden Ebenen unterschieden.

3.4. *Parameter und Häufigkeit der Überwachung*

In diesem Abschnitt des Leitfadens geht es um die Parameter, die sich für eine Überwachung eignen, wobei die Parameter von Anhang V der NEC-Richtlinie aufgegriffen werden, in der optionale Indikatoren für die Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung aufgeführt werden. Der Abschnitt enthält Empfehlungen zur Überwachung der Versauerung und der Eutrophierung, die auf Erfahrungswerten und den bisherigen Tätigkeiten in Verbindung mit den ICP für Wälder und Waldflächen sowie für Süßwasserökosysteme beruhen, sowie Empfehlungen zur Überwachung von Ozonschädigungen in allen Landökosystemen. Darüber hinaus verweist er auf die integrierten Überwachungsstellen der ICP, die Informationen sowohl über ökosystemspezifische Auswirkungen als auch über die Trennung luftverschmutzungsbedingter Effekte von anderen Auswirkungen liefern, vor allem in Verbindung mit Süßwasserökosystemen. In Anerkennung wissenschaftlich erprobter und angewandter Methoden sowie langfristiger Erfahrungen bei der Überwachung verschmutzungsbedingter Auswirkungen, die von der NEC-Sachverständigengruppe näher geprüft wurden, beruhen die Inhalte des vorliegenden Abschnitts hauptsächlich auf den entsprechenden Handbüchern der ICP und des LRTAP-Übereinkommens. Auch über Ökosysteme, die im Rahmen der ICP bisher nicht überwacht wurden — in erster Linie Grünland, Heideflächen und andere natürliche oder naturnahe Ökosysteme von großer Bedeutung — sollte jedoch Bericht erstattet werden. Die Gesamtliste der Parameter, die gemäß Artikel 9 der NEC-Richtlinie für die Überwachung vorgeschlagen wird, ist im Mustertext für die Berichterstattung vom 1. Juli 2018 und den dazugehörigen Dokumenten enthalten ⁽¹⁷⁾.

In den nachstehenden Abschnitten 3.4.1 bis 3.4.4 werden relevante Parameter kurz umrissen, wobei die bestehenden Überwachungssysteme der ICP entsprechend ihrer Ausgestaltung im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens als Grundlage dienen. Im Hinblick auf die Versauerung und Eutrophierung wurden solche Systeme bisher nur für Wälder und Waldflächen sowie für Süßwasser entwickelt. Bei der Überwachung der Auswirkungen von Ozon standen bisher hauptsächlich Anbauflächen im Mittelpunkt.

⁽¹⁶⁾ Metzger, M.J., Bunce, R.G.H., Jongman, R.H.G., Múcher, C.A., Watkins, J.W. 2005. A climatic stratification of the environment of Europe (Klimabezogene Stratifikation der Umwelt in Europa). *Global Ecology and Biogeography* 14: 549-563. DOI-Link: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-822x.2005.00190.x>.

⁽¹⁷⁾ Siehe <http://ec.europa.eu/environment/air/reduction/ecosysmonitoring.htm>, insbesondere <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/Technical%20Specifications%20NEC%20Article%209%20location%20and%20indicators%20final.docx> und <http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/template%20NEC%20Article%209%20location%20and%20indicators%20for%2001%20July%202018%20final.xlsx>.

In einer leicht überarbeiteten und angepassten Fassung können die nachstehenden Abschnitte als Richtschnur für die Überwachung der anderen Ökosysteme und Lebensräume dienen, die gemäß Artikel 9 der NEC-Richtlinie vorgesehen sind, wie Grünland, Heideflächen und andere natürliche oder naturnahe Ökosysteme. Natürliche und naturnahe Ökosysteme in bestimmten Gebieten wie beispielsweise in Stadt-, Stadtrand- oder Küstengebieten können dabei ebenfalls eingeschlossen werden, weil sie von besonderem Interesse für die entsprechenden politischen Maßnahmen der Mitgliedstaaten sind.

Wie in Abschnitt 4 näher erläutert, können auch Daten und Informationen von anderen Überwachungsnetzen eingebunden werden, um die Kostenwirksamkeit zu verbessern und Doppelarbeit zu vermeiden. Im Rahmen der Maßnahme 5 der Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020, nämlich der Kartierung und Bewertung der Ökosysteme und ihrer Leistungen (MAES), werden insbesondere im 5. Bericht ⁽¹⁸⁾ zusätzliche Informationen dazu geliefert, wie der Zustand der Ökosysteme gemessen und bewertet werden kann und welche Indikatoren sich dafür eignen.

3.4.1. Landökosysteme: Wälder und Waldgebiete im Rahmen der ICP

Die nachstehende Tabelle 2 zeigt die Parameter und deren Überwachungshäufigkeit für Waldökosysteme in Bezug auf Parzellen ⁽¹⁹⁾ der Ebenen I und II, und zwar in Übereinstimmung mit dem Ansatz des „ICP Forests“ und unter Berücksichtigung von Anhang V der NEC-Richtlinie. Die einzelnen Methoden zur Überwachung des Zustands von Waldökosystemen auf den Ebenen I und II sind in einem umfassenden Handbuch ⁽²⁰⁾ beschrieben. Die Verweise auf die relevanten Abschnitte des Handbuchs sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt, auch in Bezug auf die Daten, die im Rahmen der Berichterstattung angegeben werden sollten. Das Handbuch enthält darüber hinaus einen Überblick über verschiedene Erhebungen, die im Rahmen des „ICP Forests“ durchgeführt wurden, sowie die entsprechenden Parameter des Gesamtprogramms. Die Informationen stehen auch online zur Verfügung (<http://icp-forests.net/>).

Tabelle 2

Ausgewählte Indikatorenkomplexe, Parameter und Quellen für Methoden aus dem „ICP Forests“ zur Ergänzung der optionalen Indikatoren in Anhang V der NEC-Richtlinie

Messung (Indikatorenkomplex)	Parameter	Häufigkeit	Methoden
Bodenversauerung in der Bodenfestphase	Elementkonzentrationen (basische Kationen usw.) Ca, Mg, K, Na, Al _{ex} , N _{Gesamt} und C/N-Verhältnis	Alle 10-15 Jahre in Parzellen der Ebenen I und II	Teil X
Bodenversauerung in der Bodenlösung	pH, [SO _x] (*), [NO ₃], [basische Kationen (Ca, Mg, K, Na)], [Al _{ex}]	Alle 4 Wochen in Parzellen der Ebene II	Teil XI
Bodennitratauswaschung in der Bodenlösung	[NO ₃ +] in der tiefsten Bodenschicht (40-80 cm); zur Berechnung von Strömen ist ein Bodenwasserstrommodell (Wasserhaushaltsmodell) anzuwenden.	Alle 4 Wochen in Parzellen der Ebene II	Teil X, Wasserhaushaltsmodell vgl. Teil IX
C/N-Verhältnis + Gesamt-N-Gehalt des Bodens in der Bodenfestphase	C _{Vorrat} , N _{Vorrat} , C/N-Verhältnis	Alle 10-15 Jahre in Parzellen der Ebenen I und II	Teil X
Nährstoffhaushalt im Blattwerk	[N], [P], [K], [Mg] und Verhältnisse zu [N]	Alle 2 Jahre in Parzellen der Ebene II, alle 10-15 Jahre in Parzellen der Ebene I	Teil XII

(*) []: Konzentrationen

Zusätzliche Parameter in Bezug auf andere wichtige Merkmale und Eigenschaften von Waldökosystemen wie etwa das Alter der Waldbestände, vorkommende Baumarten und die Zusammensetzung und Vielfalt der Bodenvegetation, der Zustand der Baumkronen, der Blattflächenindex (BFI), die chemische Zusammensetzung des wirksamen Niederschlags, die Menge und chemische Zusammensetzung von Streufall oder die Zusammensetzung epiphytischer Flechten (an den Baumstämmen) sind von großer Bedeutung und können die optionalen Indikatoren in Anhang V der NEC-Richtlinie ergänzen. Die dazugehörigen Methoden sind ebenfalls in den entsprechenden Teilen des Handbuchs zum „ICP Forests“ enthalten.

⁽¹⁸⁾ Maes, J. et al., 2018, Analytical framework for mapping and assessing of ecosystem condition (Analyserahmen für die Kartierung und Bewertung des Zustands der Ökosysteme), http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/Brochure%20MAES.pdf.

⁽¹⁹⁾ Im Rahmen der ICP ist anstatt von „Standorten“ von „Parzellen“ die Rede.

⁽²⁰⁾ UNECE-Koordinierungszentrum für das „ICP Forests“ 2016. <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>

An einigen Überwachungsstellen im Rahmen des „ICP Forests“, aber auch an anderen Überwachungsstellen für Wald- und Landökosysteme wird die Stickstoffkonzentration von Moosen alle fünf Jahre überwacht (zusätzlich zu Schwermetallen und ausgewählten persistenten organischen Schadstoffen) und an die zuständigen Stellen des „ICP Vegetation“ weitergeleitet (das dazugehörige Handbuch ist unter <http://icpvegetation.ceh.ac.uk> abrufbar).

3.4.2. Süßwasserökosysteme: Flüsse und Seen im Rahmen des ICP

Oberflächengewässer wie Flüsse und Seen gehören oft zu den ersten Medien eines Ökosystems, die auf Versauerung und Eutrophierung reagieren. In zahlreichen Berggegenden Europas finden sich säureempfindliche Einzugsgebiete mit dünnen, stark kieselhaltigen Böden, die nur eine geringe Fähigkeit zur Speicherung von Sulfaten und Nitraten aufweisen. Fischpopulationen und andere Wasserorganismen wurden in den letzten 100 Jahren stark geschädigt. Die grenzüberschreitende Luftverschmutzung führte dazu, dass die Fischbestände in vielen Flüssen und Seen verloren gingen. Die Sulfat- und Nitratwerte, die Alkalinität, der pH-Wert und die Aluminiumkonzentration empfindlicher Gewässer reagieren schnell auf Änderungen bei den Emissionen und wirken sich in der Folge auf empfindliche Organismen und damit das gesamte Ökosystem aus. Diese Auswirkungen zeigen sich sowohl in relativer Nähe zu starken Emissionen als auch weiter davon entfernt. Mit dem Rückgang der Emissionen zu Beginn der 1980er-Jahre zeigten die wasserchemischen Indikatoren schon bald erste Anzeichen der Besserung, die biologische Erholung hinkt aber nach wie vor hinterher. Aktuelle Untersuchungen zufolge können Stickstoffdepositionen selbst in bestimmten Oberflächengewässern unberührter Gebiete, die weit entfernt von unmittelbaren menschlichen Einflüssen liegen, zu einem Düngeeffekt (Eutrophierung) führen. Die steigende Stickstoffbelastung der Atmosphäre könnte die Funktionsweise des aquatischen Nahrungsnetzes demnach verändern und zu potenziell schwerwiegenden Folgen führen. Die chemischen und biologischen Eigenschaften der Oberflächengewässer gehören zu den wichtigsten Indikatoren für die Auswirkungen der Luftverschmutzung und die Wirkung entsprechender Abhilfemaßnahmen auf die Ökosysteme in Europa.

Die Programme zur Überwachung der Auswirkungen von Schwefel- und Stickstoffdepositionen in Süßwasserkörpern sollten mindestens die in der *Tabelle 3* aufgeführten Parameter vorsehen. Die Häufigkeit der Stichprobenzüge sollte dabei die zeitliche Variation der Überwachungsstelle widerspiegeln. Stellen mit schnellerem Wasseraustausch reagieren auch schneller auf Änderungen bei den Depositionen. Laut dem internationalen Kooperationsprogramm für Oberflächengewässer sollte bei Seen und Flüssen mit raschem Wasseraustausch mindestens eine Stichprobe im Monat gezogen werden (ICP Waters, 2010). Bei Seen mit einer theoretischen Verweilzeit von mehreren Monaten können hingegen vierteljährliche oder saisonale Stichproben angemessen sein. Das Biomonitoring empfindlicher Arten oder Gemeinschaften in mindestens einigen der ausgewählten Überwachungsstellen wird dringend empfohlen (*Tabelle 4*).

Andere physikalische oder chemische Parameter wie beispielsweise die Temperatur, der Wasserdurchfluss, der Aluminiumanteil sowie der Gesamtstickstoff- und Phosphorgehalt liefern Zusatzinformationen, die je nach den lokalen Umständen hilfreich sein können, zum Beispiel um die biologischen Auswirkungen der Luftverschmutzung zu interpretieren.

Tabelle 3

Flüsse und Seen: Empfohlene Mindestparameter in Bezug auf chemische Eigenschaften im Rahmen des „ICP Waters“

Für Einzelheiten und nähere Ausführungen siehe entsprechendes Handbuch (ICP Waters, 2010). Die Verweise beziehen sich auf die jeweiligen Kapitel im Handbuch.

Messung	Parameter	Häufigkeit	Methode	Zu übermittelnde Daten
Empfindlichkeit des Seeinzugsgebiets und hydrochemische Auswirkungen der Luftverschmutzung (Versauerung)	Alkalinität, Sulfat-, Nitrat- und Chloridgehalt, pH-Wert, Calcium-, Magnesium-, Natrium- und Kaliumgehalt, gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) und spezifische Leitfähigkeit	Saisonal/vierteljährlich bis jährlich, je nach Verweilzeit	Einzelprobe der oberen Schicht (0,1-1 m) oder des Seeabflusses. Beschreibung in Kapitel 3.	Hauptionen (mg/l), Nitratgehalt ($\mu\text{g N/L}$), pH-Wert, DOC (mg C/l), Alkalinität ($\mu\text{eq/L}$) und Leitfähigkeit bei 25 °C ($\mu\text{S/cm}$)
Empfindlichkeit des Fluss- bzw. Bacheinzugsgebiets und hydrochemische Auswirkungen der Luftverschmutzung (Versauerung)	Alkalinität, Sulfat-, Nitrat- und Chloridgehalt, pH-Wert, Calcium-, Magnesium-, Natrium- und Kaliumgehalt, gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) und spezifische Leitfähigkeit	Monatlich	Einzelprobe. Beschreibung in Kapitel 3.	Hauptionen (mg/l), Nitratgehalt ($\mu\text{g N/L}$), pH-Wert, DOC (mg C/l), Alkalinität ($\mu\text{eq/L}$) und Leitfähigkeit bei 25 °C ($\mu\text{S/cm}$)

Tabelle 4

Flüsse und Seen: Empfohlene Zusatzparameter in Bezug auf biologische Eigenschaften im Rahmen des „ICP Waters“

Für Einzelheiten und nähere Ausführungen siehe entsprechendes Handbuch (ICP Waters). Die Verweise beziehen sich auf die jeweiligen Kapitel im Handbuch.

Messung	Parameter	Häufigkeit	Methode	Zu übermittelnde Daten
Biologische Indikatoren für Luftverschmutzung (Versauerung). Benthische wirbellose Fauna in Flüssen und Seen.	Vorkommen/Fehlen oder relative Häufigkeit bestimmter Gruppen/Arten	Saisonal bis jährlich	Kick-, Litoral- oder Kernproben. Siehe Kapitel 4. Die Methoden der WRRL beruhen auf den CEN- und ISO-Normen, die angemessen sind.	Qualitative oder quantitative Daten. http://www.icp-waters.no/data/submit-data/

Andere Gruppen wie Fische, Diatomeen und Periphyton können ebenfalls als Bioindikatoren für Versauerung dienen.

3.4.3. Landökosysteme: Ozonschädigungen im Rahmen des ICP

Die Überwachung von Ozonschädigungen ist mit einer Reihe besonderer Herausforderungen verbunden, die in der Natur dieses Schadstoffs liegen. Deponierte Schwefel- und Stickstoffverbindungen verbleiben sowohl in der Vegetation als auch im Boden von Süßwasser- und Landökosystemen in einer bestimmten chemischen Form erhalten, die überwacht werden kann, auch wenn es sich um Konzentrationen in Pflanzen und Moosen handelt (siehe Tabellen 3 und 4). Darüber hinaus führen Schwefel- und/oder Stickstoffdepositionen in Süßwasserkörpern und Böden zu einer Versauerung, die sich ebenfalls überwachen lässt. Ozon selbst sammelt sich in der Vegetation oder im Boden hingegen nicht an; die Schäden entstehen vielmehr aufgrund der Abbauprodukte von Ozon in den Pflanzen sowie aufgrund der Reaktionen der Pflanzen auf diese Produkte.

Die übermäßige Exposition gegenüber bodennahem Ozon hat schädliche Auswirkungen auf zahlreiche Pflanzenarten und schadet deshalb sowohl den Landökosystemen als auch ihren Leistungen (z. B. Erzeugung von Nahrungsmitteln und Holz, Kohlenstoffbindung, Regulierung der Luftqualität und des Klimas). Die Auswirkungen auf ozonempfindliche Arten umfassen beispielsweise sichtbare Blattwerkschädigungen, verringertes Wachstum, Einbußen bei der Erntequalität und -quantität von Nutzpflanzen, eine verringerte Blütenanzahl und Samenproduktion, eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber abiotischen Stressfaktoren wie Frost oder Dürre sowie eine höhere Anfälligkeit für Schädlinge, Krankheiten und andere biotische Stressfaktoren.

Die einzigen sichtbaren Schädigungen in Landökosystemen, die unmittelbar Ozon zugeschrieben werden können, sind Blattwerkschädigungen. Ozonspezifische Blattwerkschädigungen treten bei ozonempfindlichen Arten an Tagen mit hohen Konzentrationen von bodennahem Ozon auf. Es gibt allerdings keinen klaren Zusammenhang zwischen ozonbedingten Blattwerkschädigungen und den Auswirkungen auf wichtige Vegetationsparameter wie etwa das Wachstum (z. B. das Baumwachstum) oder den Ernteertrag (bei Nutzpflanzen). Bei sichtbaren Blattwerkschädigungen von Blattgemüse verringert sich deren Marktwert. Auf der Grundlage experimenteller Daten wurden die kritischen Konzentrationen von Ozon für Parameter wie die Baumbiomasse und den Ernteertrag festgelegt, da diese die kumulierten Auswirkungen der saisonalen Exposition gegenüber Ozon deutlich machen.

Die kritischen Belastungswerte von Ozon sind definiert als kumulative Expositionskonzentrationen oder kumulierte stomatare Flüsse von Luftschadstoffen, deren Überschreitung nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu unmittelbaren schädlichen Auswirkungen auf empfindliche Pflanzen führen kann. Die kritischen Belastungs- und Zielwerte von Ozon, die zum Schutz von Pflanzen in den europäischen Rechtsvorschriften (Richtlinie 2008/50/EG ⁽²¹⁾) festgelegt wurden, beruhen auf den kumulativen Ozonkonzentrationen. Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse haben ergeben, dass die kumulativen stomatären flussbasierten Zielwerte für Ozon (z. B. der Indikator POD (phytotoxische Ozondosis)) aus biologischer Sicht relevanter sind als die konzentrationsbasierten Zielwerte (z. B. AOT40), da sie eine Schätzung der Menge von Ozon ermöglichen, die in die Blattoffen (Stomata) eindringt und im Pflanzeninneren zu Schädigungen führt (Mills et al., 2011a,b). Die Berechnungsmethode für POD wurde im Rahmen des „ICP Vegetation“ mithilfe des DO₃SE-Modells entwickelt und angewendet. Die stündliche Überwachung von Ozonkonzentrationen und meteorologischen Parametern (Tabelle 5) ermöglicht die Berechnung der kumulativen stomatären Ozonflüsse für spezifische Pflanzenarten. Die Überschreitung der stomatären flussbasierten kritischen Belastungswerte weist auf das Risiko ozonbedingter Auswirkungen auf ozonempfindliche Arten am untersuchten Standort hin. Einzelheiten zur Berechnung der POD und deren Anwendung sind im Handbuch zu den Methoden und Kriterien der Modellierung und Kartierung von kritischen Eintragsraten und Konzentrationen sowie zu den Wirkungen, Risiken und Entwicklungen der Luftverschmutzung ⁽²²⁾ enthalten.

⁽²¹⁾ Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (ABl. L 152 vom 11.6.2008, S. 1).

⁽²²⁾ <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/thematic>; insbesondere https://www.icpmapping.org/Latest_update_Mapping_Manual Kapitel 3: Mapping critical levels for vegetation (Kartierung kritischer Konzentrationen für das Pflanzenwachstum), LTRAP-Übereinkommen, 2017.

Tabelle 5

Indikatoren für die Bewertung von Schädigungen des Pflanzenwachstums durch Ozon gemäß Anhang V der NEC-Richtlinie

Für Einzelheiten und nähere Ausführungen siehe entsprechendes ICP-Handbuch.

Indikator	Messung	Häufigkeit	Verweis für Methode und Datenberichterstattung
Ozonschädigungen des Blattwerks von Bäumen	Sichtbare Ozonsymptome in Blättern von Baumarten und an Bäumen und Holzpflanzen an lichtexponierten Probenahmestellen (LEPS); Baumdurchmesserwachstum.	Sichtbare Ozonsymptome: jährlich in Parzellen der Ebene II; Wachstum des Durchmessers: alle 5 Jahre.	Teil VIII (sichtbare Ozonsymptome) und Teil V (Durchmesserwachstum) des Handbuchs zum ICP Forests
Ozonbedingte Blattwerkschädigungen bei Nutzpflanzen und Nichtbaumarten	Sichtbare Ozonsymptome in Blättern; Nutzpflanzen: Ernte	Sichtbare Ozonsymptome: mindestens einmal jährlich während der Wachstumsphase, bevorzugt unmittelbar (3-7 Tage) nach einer Ozonepisode (i); Ernteertrag: jährlich	http://icpvegetation.ceh.ac.uk . Zu überarbeiten auf der Grundlage früherer Handbücher zur Anpassung an die NEC-Richtlinie (inkl. Verzeichnis ozonempfindlicher Arten)
Überschreitung flussbasierter kritischer Ozonkonzentrationen	Ozonkonzentrationen (ii), Meteorologie (iii) (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Lichtintensität, Niederschlag, Windstärke, atmosphärischer Druck) und Bodentyp (Sand, Ton oder Lehm) am Standort oder in der Nähe davon (iv). Das flussbasierte Modell DO ₃ SE kann sowohl zur Berechnung des Ozonflusses als auch zur Berechnung der Überschreitung kritischer Konzentrationen verwendet werden	Jährlich: Stündliche Daten während der Wachstumsphase (v)	Handbuch zu den Methoden der Modellierung und Kartierung, LRTAP-Übereinkommen, Kapitel 3 — „Mapping critical levels for vegetation“ (Kartierung kritischer Werte für das Pflanzenwachstum) (http://icpvegetation.ceh.ac.uk , inkl. Link zur Online-Version des DO ₃ SE-Modells (vi)).

(i) Eine Definition für „Ozonepisode“ ist unter folgendem Link abrufbar: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality/resources/glossary/ozone-episode>.

(ii) Erfordert Informationen über die Messhöhe.

(iii) Stehen keine Messdaten zur Verfügung, können modellierte stündliche Daten herangezogen werden.

(iv) Erfordert Informationen über den Breitengrad und die Höhe des Standorts sowie die biogeografische Region, in der sich der Standort befindet (siehe Abbildung 1).

(v) Erfordert stündliche Ozonkonzentrationen und meteorologische Daten zur Berechnung des stomatären Ozonflusses. Die Berechnung der Flüsse anhand geschätzter stündlicher Ozonkonzentrationen mithilfe passiver Probensammler (Sammlung von Ozon über einen Zeitraum von 1-2 Wochen) ist mit hohen Unsicherheiten verbunden.

(vi) <https://www.sei-international.org/do3se>

3.4.4. Integrierte Überwachung von Süßwasser- und Landökosystemen im Rahmen des ICP

Unter der „integrierten Überwachung von Ökosystemen“ versteht man die fundierte, gleichzeitige und kompartimentsübergreifende Messung physikalischer, chemischer und biologischer Eigenschaften eines Einzugsgebiets im Laufe der Zeit. Aufgrund ihrer Komplexität zielt die integrierte Überwachung nicht auf die Erfassung großräumiger Flächen ab, sondern vielmehr auf die Verbesserung des Verständnisses des kausalen Zusammenhangs zwischen der Luft, dem Boden, dem Wasser und der biologischen Reaktion, und zwar vorwiegend in bewaldeten Ökosystemen. So können die entsprechenden Überwachungsgebiete einerseits ökosystemspezifische Daten liefern, z. B. für Wald- und Süßwasserökosysteme, und andererseits eine bessere Unterscheidung zwischen luftverschmutzungsbedingten Auswirkungen und anderen möglichen Verschmutzungsursachen ermöglichen. Grundsätzlich verfügt jeder Mitgliedstaat über eine Reihe von Standorten, an denen diese ausführliche Überwachung erfolgt. Den Mitgliedstaaten wird empfohlen, mindestens zwei solcher Standorte einzurichten, an denen relevante klimatische und depositionsbezogene Gradienten erfasst werden. Die integrierten Überwachungsstellen sollten sich auf kleine, genau definierte Einzugsgebiete in natürlichen oder naturnahen Gebieten beziehen. Gemessen werden insbesondere meteorologische Daten, die nasse und trockene Deposition, der wirksame Niederschlag, die Bodenchemie (feste und flüssige Phase), die Oberflächenwasser- und Grundwasserchemie und die biologische Wirkung (d. h. das Pflanzenwachstum und andere biologische Aspekte). Ziel ist es, sowohl biogeochemische Entwicklungen als auch die biologische Wirkung zu überwachen und zu bewerten; durch die Überwachung natürlicher Waldökosysteme Rauschen und natürliche Abweichungen vom Signal anthropogener Störfaktoren zu trennen; und Werkzeuge (z. B. Modelle) zur regionalen Bewertung und Vorhersage langfristiger Auswirkungen zu entwickeln und anzuwenden.

In der *Tabelle 6* sind Variablen aufgeführt, die in Bezug auf Anhang V der NEC-Richtlinie und die Auswirkungen der Luftverschmutzung auf Ökosysteme relevant sind. Eine ausführliche Beschreibung der erforderlichen Ausstattung, des Aufbaus und der Methoden finden Sie im Handbuch zum „ICP Integrated Monitoring“ ⁽²³⁾. Das vollständige und umfassende Messprogramm ermöglicht außerdem eine detaillierte Modellierung, eine Analyse des kausalen Zusammenhangs zwischen Ursache und Wirkung sowie die Untersuchung von Interaktionen mit Prozessen des Klimawandels ⁽²⁴⁾ ⁽²⁵⁾ ⁽²⁶⁾.

Tabelle 6

Parameter und Häufigkeit für Überwachungsstellen im Rahmen des „ICP Integrated Monitoring“

Eine ausführliche Beschreibung und Informationen zur Methode finden Sie im Handbuch zum „ICP Integrated Monitoring“ ⁽¹⁾.

Messung (Indikatorenkomplex)	Parameter	Häufigkeit	Methode
Meteorologie	Niederschlag, Lufttemperatur, Bodentemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windstärke, Windrichtung, Global-/Nettostrahlung	Monatlich	Teil 7.1
Luftchemie	Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ozon, Sulfatpartikel, Nitrate in Aerosolen und gasförmige Salpetersäure, Ammoniak und Ammonium in Aerosolen	Monatlich	Teil 7.2
Niederschlagschemie (EMEP-Handbuch)	Sulfat, Nitrat, Ammonium, Chlorid, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Alkalinität	Monatlich	Teil 7.3
Wirksamer Niederschlag	Sulfat, Nitrat, Ammonium, Gesamt-N, Chlorid, Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, gelöster organischer Kohlenstoff und starke Säure (nach pH-Wert)	Wöchentlich bis monatlich	Teil 7.5
Bodenchemie	pH-Wert (CaCl ₂), Gesamt-S, Gesamt-P, Gesamt-N, austauschbares Ca, austauschbares Mg, Austauschbares K, austauschbares Na, austauschbares Al, TOC, austauschbare titrierbare Säure (H+Al)	Alle fünf Jahre	Teil 7.7
Bodenwasserchemie	pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Alkalinität, Gran-Titration, Gesamt-N, Ammonium, Nitrat, Gesamt-P, Ca, Mg, K, Na, Gesamtaluminium, labiles Aluminium	Viermal im Jahr	Teil 7.8
Wasserabflusschemie	Alkalinität, Sulfat, Nitrat, Chlorid, gelöster organischer Kohlenstoff, pH-Wert, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, anorganisches (labiles) Aluminium, Gesamtstickstoff, Ammonium, Fließgewässerabfluss, spezifische Leitfähigkeit	Monatlich	Teil 7.10
Blattchemie	Ca, K, Mg, Na, N, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn und TOC	Alle fünf Jahre	Teil 7.12
Streufallchemie	Ca, K, Mg, Na, N, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn und TOC	Jährlich	Teil 7.13
Vegetation (Intensivparzelle)	Boden-, Feld-, Strauch- und Baumschichtvegetation, in spezifischer Weise auf dem Boden wachsende Gefäßpflanzen, Bryophyten und Flechten. Baumdurchmesser, Kronenstruktur	Alle drei Jahre	Teil 7.17
Stammepiphyten	An lebenden Baumstämmen wachsende Flechtenarten	Alle fünf Jahre	Teil 7.20

⁽²³⁾ www.syke.fi/nature/icpim

⁽²⁴⁾ Holmberg, M., Vuorenmaa, J., Posch, M., Forsius, M., et al., 2013. Relationship between critical load exceedances and empirical impact indicators at Integrated Monitoring sites across Europe (Zusammenhang zwischen Überschreitungen kritischer Eintragsraten und empirischen Wirkungsindikatoren an Standorten der integrierten Überwachung in Europa). *Ecological Indicators* 24, 256-265.

⁽²⁵⁾ Dirnböck, T., Grandin, U., Bernhardt-Römermann, M., Beudert, B., Canullo, R., Forsius, M., Grabner, M.-T., Holmberg, M., Kleemola, S., Lundin, L., Mirtl, M., Neumann, M., Pompei, E., Salemaa, M., Starlinger, F., Staszewski, T., Uziębło, A.K., 2014. Forest floor vegetation response to nitrogen deposition in Europe (Wirkung der Stickstoffdeposition auf die Waldbodenvegetation in Europa). *Global Change Biology* 20, 429-440.

⁽²⁶⁾ Vuorenmaa, J., Augustaitis, A., Beudert, B., Clarke, N., de Wit, H.A., Dirnböck, T., Frey, J., Forsius, M., Indrikson, I., Kleemola, S., 2017. Long-term sulphate and inorganic nitrogen mass balance budgets in European ICP Integrated Monitoring catchments (Langfristige Massenbilanzuntersuchungen für Sulfat und anorganischen Stickstoff in europäischen Einzugsgebieten im Rahmen des ICP Integrated Monitoring) (1990–2012). *Ecological Indicators* 76, 15-29.

Messung (Indikatoren-komplex)	Parameter	Häufigkeit	Methode
Aerophytische Grünalgen	Anzahl der Zweige, jüngster Trieb mit Algen, dickste Algenschicht je Baum, Anzahl von Trieben mit > 50 % Nadelerhalt im Jahr, Anzahl der Triebe mit > 5 % Nadelerhalt im Jahr	Jährlich	Teil 7.21

(¹) UNECE ICP Integrated Monitoring Programme Manual 2017, http://www.syke.fi/en-US/Research_Development/Ecosystem_services/Monitoring/Integrated_Monitoring/Manual_for_Integrated_Monitoring.

4. Zusammenspiel mit anderen Überwachungstätigkeiten

Laut Artikel 9 der NEC-Richtlinie: „stimmen sich die Mitgliedstaaten mit anderen Überwachungsprogrammen ab, die im Einklang mit Rechtsvorschriften der Union, einschließlich der Richtlinie 2008/50/EG, der Richtlinie 2000/60/EG [...] und der Richtlinie 92/43/EWG [...], und gegebenenfalls im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens eingerichtet wurden, und nutzen gegebenenfalls die im Rahmen dieser Programme erhobenen Daten.“

Ziel dieser Bestimmungen ist es, die Nutzung von Daten, die im Rahmen bestehender Systeme erhoben wurden, zu maximieren, um Doppelungen zu vermeiden und Synergien auszuschöpfen. Trotzdem ist es wichtig, die betreffenden Ökosystemtypen, Standorte und Parameter zu ermitteln, die in Abschnitt 3 dargelegt wurden, um sicherzustellen, dass die Überwachung für die Zwecke der NEC-Richtlinie tatsächlich relevant ist.

4.1. Zusammenspiel mit der Überwachung gemäß EU-Rechtsvorschriften/Initiativen

Die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) sieht eine umfassende Überwachung von Süßwasserkörpern vor und die Habitatrichtlinie (92/43/EWG) die Überwachung einer großen Bandbreite von Lebensräumen. Die an die EU übermittelten Informationen sind über die entsprechenden EIONET-Datenbanken (²⁷) zugänglich, die von der Europäischen Umweltagentur koordiniert werden.

Angesichts der Zielsetzung und der Anforderungen bei der Auswahl der Standorte für die Überwachung im Rahmen der NEC-Richtlinie sind wahrscheinlich nur ein Teil der Standorte im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie für die gegenwärtigen Zwecke relevant. Um eine bestimmte Wasserqualität den Auswirkungen der Luftverschmutzung zuzuschreiben, sind vor allem Standorte in der Nähe von Quellen sowie Standorte in natürlichen Gebieten relevant. Abschnitt 7.2 enthält eine Fallstudie zur Einbindung der Überwachungstätigkeiten im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie in ein Netz zur Überwachung der Auswirkungen von Luftverschmutzung in Finnland.

Weitere wichtige Datenquellen, die in das Überwachungssystem nach Artikel 9 eingebunden werden können, wie beispielsweise zum Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt der Böden, lassen sich von der LUCAS-Erhebung zur Landnutzung und Landbedeckung (²⁸) ableiten. Die EU-Bestäuberinitiative (²⁹) und einzelne EU-Projekte zur Überwachung von Ökosystemen und der Biodiversität bieten möglicherweise zusätzliche Möglichkeiten für die Harmonisierung, Einbindung und erhöhte Effizienz bei der Datenerhebung im Rahmen der verschiedenen Überwachungsprogramme.

4.2. Zusammenspiel mit Überwachungstätigkeiten im Rahmen von Initiativen des LRTAP-Übereinkommens

Die Ökosystemüberwachungstätigkeiten der Arbeitsgruppe Wirkungen (WGE) im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens sind direkt relevant für die Umsetzung der NEC-Richtlinie, da sie dieselben Ziele verfolgen und im Laufe ihrer über 20-jährigen Geschichte zum Aufbau erheblicher technischer Referenzmaterialien geführt haben.

Aus dieser langfristigen Überwachung im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens ergibt sich daher ein erheblicher Bestand an historischen Daten, die nach anerkannten Methoden und damit nach einheitlichen Probenahme- und Analyseverfahren sowie mit einer einheitlichen Häufigkeit überwacht wurden.

Die intensiven WGE-Überwachungsnetze sind ökosystembasiert, problemorientiert (Luftverschmutzung) und langfristig konzipiert. Diese Eigenschaften ermöglichen das Erkennen von Ökosystemveränderungen, die Bewertung entsprechend beitragender Faktoren und die Ermittlung der Folgen solcher Änderungen. So liefern die Netze Informationen über den Zustand der Ökosysteme und Vorhersagen über bevorstehende Änderungen, die von politischen Entscheidungsträgern genutzt werden können.

Die Ziele der Ökosystemüberwachung gemäß der NEC-Richtlinie sind also deckungsgleich mit den Zielen der bestehenden Überwachungsnetze im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens. Diese Überwachung sollte also auch für die Zwecke der NEC-Richtlinie hilfreich sein, denn sie sieht Folgendes vor:

- Überwachung der Indikatoren für Versauerung, für Eutrophierung und für ozonbedingte Auswirkungen auf Ökosysteme (fast alle Parameter in Anhang V);
- Feststellung von Ökosystemveränderungen;

(²⁷) https://bd.eionet.europa.eu/activities/Reporting/Article_17 http://cdr.eionet.europa.eu/help/WFD/WFD_521_2016

(²⁸) https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey

(²⁹) http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/index_en.htm

- Ermittlung der Geschwindigkeit einer Veränderung oder einer Entwicklung (Zeitraumen), des Ausmaßes der Veränderung (räumlicher Umfang) sowie der Intensität der Veränderung (Stärke der Auswirkung);
- Verständnis darüber gewinnen, wie sich die Veränderungen auf den Zustand der Ökosysteme auswirken können;
- Vorhersagen und Ermittlung von Veränderungen in Verbindung mit natürlichen Prozessen und Tätigkeiten des Menschen;
- Vereinfachung der Modellierung der Dynamik von Ökosystemen und von damit verbundenen Prozessen;
- Prognosen zu potenziellen negativen Auswirkungen und damit „Frühwarnungen“;
- Ermöglichen von Bewertungen der Wirksamkeit politischer Maßnahmen.

Darüber hinaus sollte hervorgehoben werden, dass bei der problemorientierten Überwachung im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens sowohl die Gefahren als auch die Auswirkungen der Luftverschmutzung beobachtet werden, um eine ausreichende Vorhersehbarkeit zu erreichen und demnach die Politik besser zu leiten. Dadurch, dass die Entwicklungen bei der Belastung der Ökosysteme (Luftverschmutzung) sowie bei den Auswirkungen auf diese gleichzeitig beobachtet werden, können die Ergebnisse der Überwachung genauer ausgelegt werden.

4.3. *Zusammenspiel mit anderen Überwachungsnetzen*

Zur Überwachung von Ökosystemtypen, die von keinem ICP erfasst werden, kann das europäische Netz für die ökosystemare Langzeitforschung LTER-Europe (Long Term Ecosystem Research Europe) in Erwägung gezogen werden. LTER-Europe ist ein europäischer Dachverband und eine Forschungsinfrastruktur für Forschungsstellen, die sich mit der Überwachung und Erforschung von Umweltaspekten und Ökosystemen beschäftigen⁽³⁰⁾. Ein Hauptziel des Netzes besteht darin, diese Forschungsstellen in Europa so zu organisieren, dass eine Wissensdatenbank aufgebaut werden kann, mit deren Hilfe ein besseres Verständnis der Struktur und der Funktionen unserer Ökosysteme ermöglicht wird und näher beleuchtet werden kann, wie sich ökologische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Faktoren langfristig auf diese Ökosysteme auswirken.

LTER-Europe zielt in erster Linie darauf ab:

- die Faktoren zu ermitteln, die die Ökosystemveränderungen in Bezug auf europäische Umwelt- und Wirtschaftsgradienten antreiben;
- die Zusammenhänge zwischen diesen Einflussfaktoren, Auswirkungen und entwicklungsbezogenen Herausforderungen im Rahmen einer gemeinsamen Forschungsagenda und unter Bezugnahme auf harmonisierte Parameter und Methoden zu beleuchten;
- Kriterien für LTER-Standorte und LTSE⁽³¹⁾-Plattformen zu entwickeln, um durch die Bereitstellung einzigartiger In-situ-Infrastrukturen die Spitzenforschung zu unterstützen und
- die Zusammenarbeit und Synergieeffekte zwischen verschiedenen Akteuren, Interessengruppen, Netzwerken usw. zu verbessern.

Diese Ziele sollen dadurch erreicht werden, dass die Einrichtung einen Rahmen für das Projektmanagement, die konzeptionelle Arbeit, die Bildung, den Austausch von Know-how, die Kommunikation und die institutionelle Integration bereitstellt. Einige der Parameter, die für die Überwachung gemäß Artikel 9 der NEC-Richtlinie hilfreich sind, werden im Rahmen von LTER-Europe bereits beobachtet. Der Frage, ob und wie das System um weitere Parameter⁽³²⁾ ergänzt werden kann, können die Mitgliedstaaten selbst nachgehen.

Darüber hinaus können auch die Daten nationaler forstwirtschaftlicher Bestandsverzeichnisse und aus sonstigen nationalen Überwachungstätigkeiten genutzt werden. Aus Forschungsprojekten können sich ebenfalls relevante Informationen wie beispielsweise Fernerkundungsdaten ergeben, die flächengenaue Angaben zu den Auswirkungen der Luftverschmutzung auf den Zustand von Pflanzen liefern (z. B. Cotrozzi et al. (2018)⁽³³⁾).

5. *Berichterstattung*

5.1. *Berichterstattung zu Überwachungsstellen und -indikatoren (ab 1. Juli 2018 und danach alle vier Jahre)*

Die Berichte über die Standorte der Überwachungsstellen und die jeweiligen für die Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung verwendeten Indikatoren sollten gemäß Artikel 10 Absatz 4 Buchstabe a der NEC-Richtlinie folgende Angaben enthalten:

- die Koordinaten und Höhe des Standorts, den Namen und die Bezeichnung des Lebensraum-/Ökosystemtyps und Kurzbeschreibung des Standorts;
- Einzelheiten zu den Parametern, die an den einzelnen Standorten überwacht werden.

Diese Informationen sollten mit Erläuterungen darüber ergänzt werden, wie das Netz mit Blick auf die Anforderungen des Artikels 9 der NEC-Richtlinie konzipiert wurde.

⁽³⁰⁾ <http://www.lter-europe.net/>

⁽³¹⁾ Long-Term Socio-Economic Research (sozioökonomische Langzeitforschung).

⁽³²⁾ Die LTER-Standorte und ihre Messprogramme sind unter folgendem Link einsehbar: <https://data.lter-europe.net/deims/>.

⁽³³⁾ Cotrozzi, L., Townsend, P. A., Pellegrini, E., Nali, C., Couture, J. J., 2018, Reflectance spectroscopy: a novel approach to better understand and monitor the impact of air pollution on Mediterranean plants (Reflexionsspektroskopie: ein neuartiges Konzept zum besseren Verständnis der Auswirkungen von Luftverschmutzung auf mediterrane Pflanzen sowie für deren Überwachung). <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9568-2>

5.2. Datenflüsse der Berichterstattung (1. Juli 2019 und danach alle vier Jahre)

Bei der Berichterstattung der in Artikel 9 der NEC-Richtlinie genannten Überwachungsdaten sollten in Übereinstimmung mit Artikel 10 Absatz 4 Buchstabe b die folgenden Grundsätze beachtet werden:

- Die Berichterstattung sollte standardisiert erfolgen und sich so weit wie möglich an bestehenden Datenflüssen orientieren.
- Die Berichterstattung sollte im Einklang mit den Vorgaben von INSPIRE ⁽³⁴⁾ erfolgen.
- Die Berichterstattung sollte sich auf die im Rahmen der ICP festgelegten Berichterstattungssysteme stützen.

Auf dieser Grundlage haben die Kommission und die Europäische Umweltagentur im Einklang mit diesen Berichtspflichten einen Mustertext ⁽³⁵⁾ ausgearbeitet, dessen Verwendung zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit und Konsistenz der Daten sowie zur Erleichterung von deren Auswertung dringend empfohlen wird.

6. Unterstützung bei der Umsetzung

Der Informationsaustausch über die Verfahrensweisen der Mitgliedstaaten, die in den vorliegenden Leitfaden einfließen, war überaus hilfreich. Das im Rahmen des Maßnahmenpakets zur Überprüfung der Umsetzung des Umweltrechts (Environmental Implementation Review, EIR) der Kommission eingerichtete Peer-to-Peer-Instrument bietet in dem Zusammenhang die Möglichkeit, die weitere gegenseitige Unterstützung zu organisieren — sei es in Form von Partnerschaften (Twinning) oder Austausch zwischen größeren Gruppen von Mitgliedstaaten, bei denen Umsetzungsfragen und bewährte Verfahren diskutiert werden. Bei dem Tool kommt das bewährte Instrument TAIEX der Kommission zur Anwendung und auf Antrag einer (nationalen, regionalen, lokalen oder sonstigen) Behörde eines Mitgliedstaats können im Rahmen der Initiative Sachverständige aus verschiedenen Umweltbehörden eingesetzt werden, um fachliche Unterstützung zu bieten, Studienbesuche von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in anderen Mitgliedstaaten geplant werden, damit diese von ihren Kolleginnen und Kollegen lernen können, und Workshops in einzelnen oder mehreren Ländern organisiert werden. Nähere Informationen, das entsprechende elektronische Antragsformular und das Registrierungsformular für Sachverständige finden Sie auf folgender Website:

http://ec.europa.eu/environment/eir/p2p/index_en.htm

Außerdem sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen der ICP jährliche Treffen stattfinden, an denen nationale Sachverständige teilnehmen können, um ihr überwachungsspezifisches Wissen zu erweitern und sich über den Betrieb der Überwachungsstellen auszutauschen. Informationen dazu sind auf folgender Website erhältlich:

<https://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrapwelcome/meetings-and-events.html#/>

7. Fallstudien

7.1. Ozonüberwachung im Vereinigten Königreich

Das Vereinigte Königreich verfügt über eine Überwachungsstelle für die intensive Beobachtung von Ozonwerten, die von der Koordinierungsstelle des ICP Vegetation betrieben wird. An dem Standort werden stündlich Ozonkonzentrationen und meteorologische Daten überwacht, um die kumulativen stomatären Ozonflüsse (POD) für verschiedene Pflanzenarten (Nutzpflanzen, Bäume und (halb-)natürliche Vegetation) während ihrer jeweiligen Wachstumsphase zu berechnen. So lässt sich auch die Überschreitung flussbasierter kritischer Ozonkonzentrationen errechnen. Die Blattwerkschädigungen ozonempfindlicher Arten werden zwar regelmäßig überwacht, aber nur selten festgestellt, da die Umgebungskonzentrationen von Ozon an dem Standort allgemein gering ausfallen. Darüber hinaus verfügt das Vereinigte Königreich über ein Netz aus rund 20 Überwachungsstellen in ländlichen Gebieten, an denen stündlich Ozonkonzentrationen aufgezeichnet werden. In Kombination mit modellierten meteorologischen Daten lassen sich auf diese Weise die Überschreitungen flussbasierter kritischer Ozonkonzentrationen an diesen Standorten berechnen. Ozonbedingte Blattwerkschädigungen werden an diesen Standorten derzeit nicht überwacht.

7.2. Integration der Überwachung finnischer Oberflächengewässer im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), der ICP im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens und der NEC-Richtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Durchführung eines Programms zur überblicksweisen Überwachung zwecks Bereitstellung von Informationen, beispielsweise für die Bewertung langfristiger Veränderungen natürlicher Bedingungen oder langfristiger Veränderungen aufgrund ausgedehnter menschlicher Tätigkeiten. Um diese Ziele bezüglich des Überblicks zu erreichen, müssen der ökologische und der chemische Status von Oberflächengewässern in der Regel in Wasserkörpern überwacht werden, die natürliche oder halbnatürliche Referenzbedingungen und/oder einen hohen/guten ökologischen Status aufweisen. Die Überwachung der Auswirkungen der durch Schwefel und Stickstoff verursachten Luftverschmutzung auf aquatische Ökosysteme im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens sieht größtenteils die gleichen Ziele und die gleiche Gestaltung des Überblicks vor. Die Überwachung aquatischer Ökosysteme im Rahmen der ICP des LRTAP-Übereinkommens ist deshalb auch für die Überwachungstätigkeit an den Referenzstandorten für die WRRL-Überwachung relevant (und umgekehrt). Darüber hinaus sind die Ziele und Zwecke dieser Überwachungsprogramme auch für die Ökosystemüberwachung im Rahmen der NEC-Richtlinie von Bedeutung.

⁽³⁴⁾ <https://inspire.ec.europa.eu/>

⁽³⁵⁾ <http://ec.europa.eu/environment/air/reduction/ecosysmonitoring.htm>

Die WRRL-Überwachung -sowohl chemischer als auch biologischer Faktoren — an Referenzstandorten in Finnland erfolgt in erster Linie in Seen und Flüssen in geschützten oder entlegenen Gebieten oder Einzugsgebieten in anderen Gegenden ohne oder mit nur geringem direkten Einfluss des Menschen. In der Regel handelt sich es bei diesen Arten von Süßwasserkörpern in Finnland um oligotrophe bzw. dystrophe Gewässer mit größtenteils bewaldeten Landeinzugsgebieten und einer Wasserchemie, die von einer geringen oder mäßigen Ionenstärke geprägt ist. Die Auswirkungen der Luftverschmutzung können diese Wasserkörper daher beeinträchtigen. Um den ökologischen und den chemischen Status der Seen und Flüsse im Rahmen der WRRL zu überwachen, wurden die finnischen Seen und Flüsse in folgende Typen unterteilt, die repräsentativ für die Süßwasserkörper des Landes und deren natürliche und halbnatürliche Lebensräume sind (Tabelle 8):

Tabelle 8

Klassifizierung finnischer Süßwasserkörper

(http://www.ymparisto.fi/en-US/Waters/State_of_the_surface_waters/Typology_of_surface_waters).

Seentypen	Flusstypen
Kleine und mittlere humusarme Seen	Kleine Moorflüsse
Kleine humushaltige Seen	Kleine Flüsse in Regionen mit Mineralböden
Mittlere humushaltige Seen	Kleine Flüsse in Regionen mit Tonböden
Große humusarme Seen	Mittlere Moorflüsse
Große humushaltige Seen	Mittlere Flüsse in Regionen mit Mineralböden
Humusreiche Seen	Mittlere Flüsse in Regionen mit Tonböden
Seichte humusarme Seen	Große Moorflüsse
Seichte humushaltige Seen	Große Flüsse in Regionen mit Mineralböden
Seichte humusreiche Seen	Große Flüsse in Regionen mit Tonböden
Seen mit sehr kurzer Wassererneuerungszeit	Sehr große Moorflüsse
Seen in Nordlappland	Sehr große Flüsse in Regionen mit Mineralböden
Natürlich nährstoff- und calciumreiche Seen	

Unter den 12 Seentypen für die WRRL-Überwachung handelt es sich bei den „kleinen humusarmen“ und den „kleinen humushaltigen“ Seen (inkl. seichter Seen) um kleine ($A < 1 \text{ km}^2$) Quellseen im Wald, die in Nadelwäldern und Mooren borealer Regionen häufig vorkommen und in Finnland zahlreich vorhanden sind. Bei diesen Seen wurde eine Empfindlichkeit gegenüber Luftverschmutzung festgestellt und sie sind gute Indikatoren für die Auswirkungen der Luftverschmutzung. Der Typ „Seen in Nordlappland“ umfasst auch empfindliche Seen in Wald- und Berggebieten Nordfinlands, die sich aus chemischer Sicht durch eine geringe Ionenstärke und Nährstoffarmut auszeichnen. Entsprechend umfassen die Flusstypen „kleine Moorflüsse“ und „kleine Flüsse in Regionen mit Mineralböden“ kleine Flüsse in Wald- und Berggebieten, die ebenfalls größtenteils empfindlich und gute Indikatoren für die Auswirkungen der Luftverschmutzung sind.

Die Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung auf Seen und Flüsse in finnischen Wald- und Bergreferenzgebieten erfolgt im Rahmen des LRTAP-Übereinkommens (ICP Waters, ICP Integrated Monitoring) sowie nationaler Überwachungsprogramme. An den meisten Standorten wurde 1990 mit der regelmäßigen Überwachung begonnen. Gegenwärtig findet sie an 34 Standorten statt, die geografisch das ganze Land abdecken. Zur Ergänzung der WRRL-Überwachung an den Referenzstandorten wurden 18 der 34 ICP- bzw. nationalen Standorte in die WRRL-Überwachung/Berichterstattung integriert, um Informationen über langfristige Veränderungen der natürlichen Bedingungen sowie über langfristige Veränderungen bereitzustellen, die auf globale Belastungen — hauptsächlich auf die atmosphärische Deposition und auf den Klimawandel — zurückzuführen sind. Im Gegenzug dazu bietet die WRRL-Überwachung biologische Daten für bestimmte Bewertungsanforderungen auf der Grundlage des LRTAP-Übereinkommens. Bewertungen, die auf dem LRTAP-Übereinkommen und nationalen Überwachungsprogrammen beruhen, die für die Bewertung der Auswirkungen der Luftverschmutzung geeignet sind, erfüllen die Ansprüche der chemischen Analyse für die WRRL, zu denen die Messung des pH-Werts, der Alkalinität, wichtiger Anionen und Kationen, des Nährstoffgehalts und des Anteils an gelöstem organischem Kohlenstoff gehört. Die Überwachungsziele, die

Gestaltung des Überblicks (wie etwa die Einrichtung/Auswahl von Standorten, die Probenahme und chemische Analysen) und eine gemeinsame Datenbank werden von der staatlichen Umweltbehörde koordiniert, die nicht nur das finnische Umweltinstitut, sondern auch 13 Zentren für Wirtschaftsentwicklung, Verkehr und Umwelt umfasst. Das staatliche Institut für die natürlichen Ressourcen Finnlands (Luke) ist ebenfalls an der nationalen WRRL-Überwachung beteiligt und fungiert in dem Zusammenhang nicht nur als Entscheidungsinstanz, sondern auch als Fachzentrum für Fischmonitoring. Zentralisierte Tätigkeiten ermöglichen einen risikobasierten und kostenwirksamen Ansatz für die Überwachung und die Berichterstattung im Rahmen verschiedener internationaler Programme sowie bei der Planung und Umsetzung neuer Überwachungsprogramme wie etwa dem Überwachungssystem im Rahmen der NEC-Richtlinie.

