

Ökosystemmonitoring für die EU NEC-Richtlinie in Österreich



National Emissions Ceilings Directive
(NEC, EU 2016/2284)

ÖKOSYSTEMMONITORING FÜR DIE EU NEC-RICHTLINIE IN ÖSTERREICH

*National Emissions Ceilings Directive
(NEC, EU 2016/2284)*

Thomas Dirnböck
Gerald Hochedlinger
Karl Knaebel
Dietmar Moser
Christian Nagl
Kristina Schaufler

REPORT
REP-0889

WIEN 2024

Projektleitung Thomas Dirnböck

Autor:innen Thomas Dirnböck, Gerald Hochedlinger, Karl Knaebel, Dietmar Moser, Christian Nagl, Kristina Schaufler

Lektorat Klara Brandl

Layout Doris Weismayr

Umschlagfoto © Umweltbundesamt/B. Gröger

Auftraggeber Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2024

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-730-9

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	5
1 EINLEITUNG	6
2 VORGABEN DER NEC-RL.....	7
2.1 Repräsentativität	7
2.2 Risiko	7
2.3 Kosteneffizienz	8
3 BESTEHENDES MONITORING IN ÖSTERREICH MIT RELEVANZ FÜR DIE NEC-RL.....	10
3.1 Luftgütemessstellen	10
3.2 CLRTAP Wirkungsmonitoring	11
3.3 EU Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, Water Framework Directive 2000/60/EC).....	12
3.4 EU Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL, Habitats Directive 92/43/EEC).....	13
4 DESIGN DES NEC-RL ÖKOSYSTEMMONITORING	15
4.1 Auswahl von Probeflächen der FFH-RL.....	15
4.2 Zusammenschau - Österreichisches NEC-RL Ökosystemmonitoring	15
5 AUSBLICK.....	17
5.1 Parameterabdeckung	17
5.2 Nicht erfasste Ökosystemtypen	17
6 ANHANG	19
7 LITERATUR	33

ZUSAMMENFASSUNG

Die EU-Richtlinie 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe (NEC-RL) fordert von den EU-Mitgliedsstaaten ein Monitoring von Luftschadstoffeffekten durch versauernde und eutrophierende Schwefel- und Stickstoffeinträge sowie bodennahes Ozon in Ökosystemen. Die Umsetzung in Österreich erfolgt durch die kombinierte Nutzung einer Reihe von bestehenden Monitoringsystemen. Die ausgewählten Messstellen für Gewässer, natürliche und naturnahe Wiesen, Moore sowie Waldökosysteme konnten den Risikogradienten für negative Effekte durch Stickstoffeinträge gut abdecken. Für Wald- und Gewässerstandorte wurden mehr als die Hälfte der prioritären Parameter in den Berichten der Jahre 2019 und 2023 abgedeckt. Demgegenüber war das Monitoring an den Messstandorten für Wiesen und Moore weniger umfassend und der Messumfang für Ökosystemschäden durch Ozon gering.

SUMMARY

The EU Directive on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants (NEC Directive, EU 2016/2284) requires EU member states to monitor the effects of air pollutants caused by acidifying and eutrophying sulphur and nitrogen emissions as well as ground-level ozone in ecosystems. In Austria, this was implemented by combining a number of existing monitoring systems. Due to this approach monitoring sites for rivers, natural and semi-natural meadows, bogs and forest ecosystems that cover the risk gradient for negative effects from nitrogen inputs could be selected. For forest and river sites, more than half of the priority parameters were listed in the 2019 and 2023 reports. In contrast, the measurements at the monitoring sites for meadows and bogs were not very comprehensive. The scope of measurements for ecosystem damage caused by ozone was low.

1 EINLEITUNG

Die EU-Richtlinie 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe (National Emissions Ceilings Directive, NEC-RL), fordert gemäß Artikel 9 von den EU Mitgliedsstaaten ein risikobasiertes, kosteneffizientes Monitoring von Luftschadstoffeffekten durch versauernde und eutrophierende Schwefel- und Stickstoffeinträge sowie bodennahes Ozon in Ökosystemen. Die Auswahl der Ökosystemtypen (Süßwasserökosysteme, natürliche und naturnahe Ökosysteme sowie Waldökosysteme) obliegt den Mitgliedsstaaten, muss aber repräsentativ für die länderspezifischen Ökosystemtypen und biogeografischen Regionen sein. Im Rahmen der ersten Berichtspflichten in den Jahren 2018 und 2022 für Monitoringstandorte gemäß Artikel 10 (4a) sowie 2019 und 2023 für Ökosystemdaten gemäß Artikel 10 (4b) der NEC-RL wurde ein Design entsprechend den Anweisungen der EU Kommission entwickelt (Landgrebe et al., 2022). Um langjährige Monitoring-Zeitreihen und hohe Kosteneffizienz zu erlangen, wurden existierende Einrichtungen auf ihre Nutzbarkeit für die NEC-RL geprüft und in einem Monitoring-Design zusammengefasst.

2 VORGABEN DER NEC-RL

Die Empfehlungen der EU zum Design des Ökosystem-Monitoringnetzwerks in den jeweiligen Mitgliedsstaaten berücksichtigen Repräsentativität, Risiko und Kosteneffizienz (Landgrebe et al., 2022).

2.1 Repräsentativität

Ökosystemtypen und biogeografische Regionen

Für die Auswahl repräsentativer Monitoringflächen werden zwei Methoden vorgeschlagen, die je nach den Gegebenheiten in den EU Mitgliedsstaaten auch kombiniert angewendet werden können. Beim ersten Ansatz geht man von einer Monitoringfläche für jeden Ökosystemtyp pro 150 x 150 km (50 x 50 km bei hohen Ambitionen) aus. Die Klassifizierung der Ökosystemtypen richtet sich nach dem in der EU angewandten "Mapping and assessment of ecosystems and their services" (MAES)¹ bzw. EUNIS Level 1². Alternativ werden Monitoringflächen für NEC-relevante Ökosystemtypen pro biogeografischer Region empfohlen. In Österreich umfasst das die alpine und kontinentale Region. Die Anzahl der Monitoringflächen für jeden Ökosystemtyp soll sich nach dem relativen Anteil der Ökosystemfläche richten. Tabelle 1 zeigt den Flächenanteil von NEC-RL relevanten Ökosystemtypen in Österreich.

Tabelle 1: Flächenanteile (%) von NEC-RL relevanten Ökosystemtypen an der österreichischen Staatsfläche (Quelle: MAES - Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services).

Cropland	Grassland	Heathland and Shrub	Inland wetlands	Rivers and lakes	Forest and woodland
23,5	15,7	2,3	0,3	0,9	44,4

2.2 Risiko

Luftschadstoffeinträge und Critical Loads

Ein hohes Risiko negativer Auswirkungen von Luftschadstoffen in Ökosystemen ist in Gebieten mit einem hohen Eintrag von versauernden oder eutrophierenden Schadstoffen bzw. hohen Ozonkonzentrationen zu erwarten. Darüber hinaus sind Ökosysteme unterschiedlich sensitiv gegenüber diesen Luftschadstoffen. Gleich hohe Konzentrationen bzw. Einträge bedeuten nicht ein gleich hohes Risiko. Hintergrundstandorte können niedriger Luftverschmutzung als Referenz für Gebiete mit hohen Immissionen dienen. Daher kann auch eine Auswahl der

¹ https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/77fadbae29e546bdadab8e2588077f4a

² <https://eunis.eea.europa.eu/>

Monitoringflächen entlang von Gradienten der zu erwarteten Luftverschmutzungswirkung angestrebt werden. Für die Einschätzung dieses Risikos bieten sich die Critical Loads für Versauerung und Eutrophierung und die Critical Levels für Ozon an. Eine Zuweisung der Sensitivität wird auf Ebene der EUNIS Level 3 Ökosystemtypen angestrebt. Ein zusätzliches Kriterium für die Auswahl der Monitoringflächen kann auch der Schutzstatus darstellen. Natura 2000 Europaschutzgebiete und Lebensraumtypen von europäischem Interesse gemäß der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie sind bei der Auswahl zu bevorzugen.

2.3 Kosteneffizienz

Kombination existierender Monitoringsysteme

Das NEC-RL Ökosystemmonitoring soll, wenn möglich existierende Monitoring-systeme verwenden, um einerseits kosteneffizient zu sein und andererseits den Vorteil langjähriger Daten zu nutzen. Dafür bieten sich vor allem die Monitoringstandorte der UNECE Konvention für weiträumig verfrachtete Luftschadstoffe (CLRTAP) an. Diese Standorte können Langzeitdaten zu Luftschadstoff-Effekten bereitstellen und sind im Vergleich zur NEC-RL methodisch ähnlich aufgesetzt. Zusätzlich sollen Daten von Monitoringflächen verwendet werden, die für die Berichtspflichten der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie erhoben werden. Da diese Erhebungen meist keine Daten zu Immissionen inkludieren, bieten sich die nationalen Luftgütemessnetze an, um geeignete Luftschadstoffmessungen zu erhalten. Für aquatische Ökosysteme stellt das Gewässermonitoring für die Berichtspflichten der EU Wasserrahmenrichtlinie eine mögliche Datenquelle dar. Darüber hinaus wird empfohlen Standorte von EU und nationalen Forschungsinfrastrukturen zu verwenden, beispielsweise eLTER³.

prioritäre und nicht-prioritäre Parameter

Neben der Nutzung existierender Infrastruktur, erlaubt ein unterschiedlicher Parameterumfang an den Standorten zusätzliche Flexibilität. Während Level II Standorte gemäß NEC-RL ein umfassendes Set an Parametern erfassen (sog. core (prioritäre) und non-core (nicht prioritäre) Parameter), dienen Level I Standorte gemäß NEC-RL mit einem verringerten Messumfang (ausschließlich prioritäre Parameter) der Verbesserung der räumlichen Repräsentativität (Tabelle 1). Falls gewünscht, könnten weitere, zusätzliche Standorte spezifischen Auswertungen dienen und aufgelassene Standorte mit langen Zeitreihendaten reaktiviert werden. Insgesamt ist das Monitoringprogramm der NEC-RL mit 111 prioritären und 56 nicht-prioritären Parametern an Level II Standorten sehr umfassend. An Level I Standorten reduziert sich der Messumfang auf 69 Parameter (siehe Details in Tabelle 5 und Tabelle 6).

³ <https://elter-ri.eu/>

Tabelle 2: Anzahl der Parameter in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen getrennt nach Level II und Level I Standorten.

Ökosystemtyp	Parametergruppe	Level II		Level I
		<i>prioritär</i>	<i>nicht prioritär</i>	<i>prioritär</i>
Terrestrisch	Standortsbeschreibung	5	1	5
	Bodenbeschreibung und physikalische Eigenschaften	23	0	23
	Bodenchemie und Indikatoren Versauerung/Eutrophierung	6	13	2
	Bodenwasser Versauerung/Eutrophierung	9	9	1
	Nitratverluste	2	0	0
	Vegetation	21	3	18
	Ozonschäden	3	0	3
	Ozonfluss (POD)	6	0	0
	Konzentration von Luftschadstoffen	5	0	0
	Kohlenstofffluss	2	0	0
	Deposition von Luftschadstoffen	7	1	0
	Summe	89	27	52
Aquatisch	Standortsbeschreibung	7	2	7
	chemische Wasserparameter	15	3	10
	biologische Parameter und Indikatoren	0	22	0
	Summe	22	27	17

3 BESTEHENDES MONITORING IN ÖSTERREICH MIT RELEVANZ FÜR DIE NEC-RL

3.1 Luftgütemessstellen

umfassendes Luftgütemessnetz in Österreich

Luftqualitätsmessungen zu Stickstoff, Schwefel und Ozon sind für das Ökosystemmonitoring der NEC-RL notwendig. In Österreich werden an insgesamt 143 Standorten Stickstoffoxide, an 66 Messstellen Schwefeldioxid und an 107 Messstellen Ozon gemessen. Abbildung 1 stellt das Luftgütemessnetz dar, wobei nicht an allen Standorten alle genannten Parameter gemessen werden⁴ (Umweltbundesamt, 2023b). Das Umweltbundesamt betreibt sieben Hintergrundmessstationen zur Erhebung der großräumigen Hintergrundbelastung in Österreich (Umweltbundesamt, 2023c). Eine Hintergrundmessstation, Zöbelboden, ist gleichzeitig auch ein Ökosystemmonitoringstandort (siehe Kapitel 3.2).

Seit dem Jahr 2021 wird an einigen Messstellen sowie an weiteren Messpunkten zusätzlich Ammoniak mittels Passivsammlern gemessen (Abbildung 1)⁵.

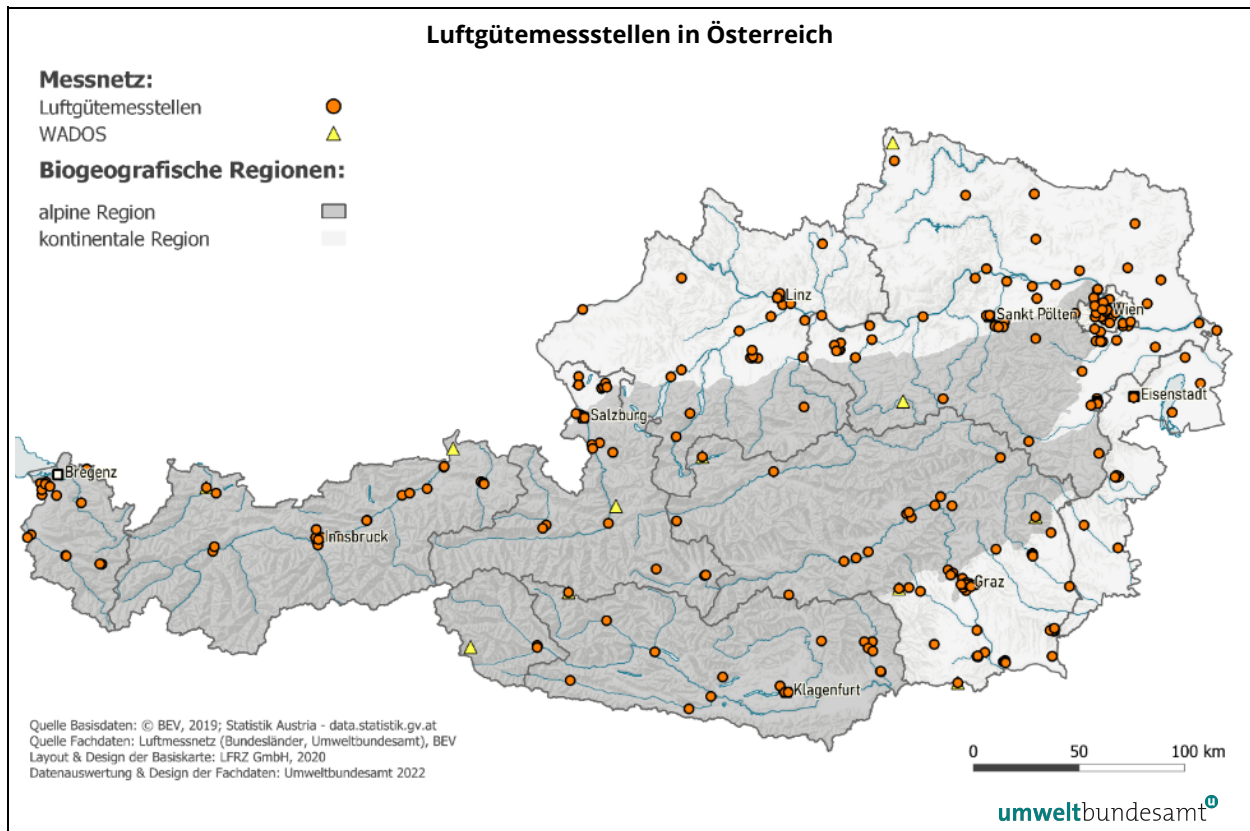
Depositionsmess- stellen

Einige Bundesländer betreiben auch ein Messnetz für nasse Deposition von Stickstoff und Schwefel (Wet and dry only sampling, sog. WADOS Messnetz), die meist in unmittelbarer Nähe von Luftgütemessstationen liegen (Abbildung 1). Insgesamt liegen Daten von zwölf Messstationen vor (Steinkogler et al., 2019).

⁴ <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/luft/messnetz>

⁵ <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/luft/luftschadstoffe/ammoniak>

Abbildung 1 Luftgütemessstellen in Österreich. Die Karte inkludiert auch das WADOS (Wet and dry only sampling) Depositionsmonitoring der Bundesländer.



3.2 CLRTAP Wirkungsmonitoring

existierendes Ökosystemmonitoring

Das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Convention on long-range transboundary air pollution, CLRTAP) der UNO-Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) umfasst ein Wirkungsmonitoring für Ökosysteme (Abbildung 2).

In Österreich sind vor allem zwei internationale Kooperationsprogramme (ICP) für die NEC-RL relevant.

- (1) Das Monitoring am österreichischen ICP Integrated Monitoring Standort Zöbelboden erfasst seit 30 Jahren alle für die NEC-RL relevanten Parameter in einem Waldökosystem in den nördlichen Kalkalpen⁶. Die Ergebnisse wurden in einem Bericht zusammengefasst (Umweltbundesamt, 2023a).
- (2) Das österreichische Waldmonitoring im Rahmen von ICP Forests erfasst ebenfalls den Großteil der für die NEC-RL relevanten Parameter an

⁶ <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/oekosystemmonitoring/zoebelboden>

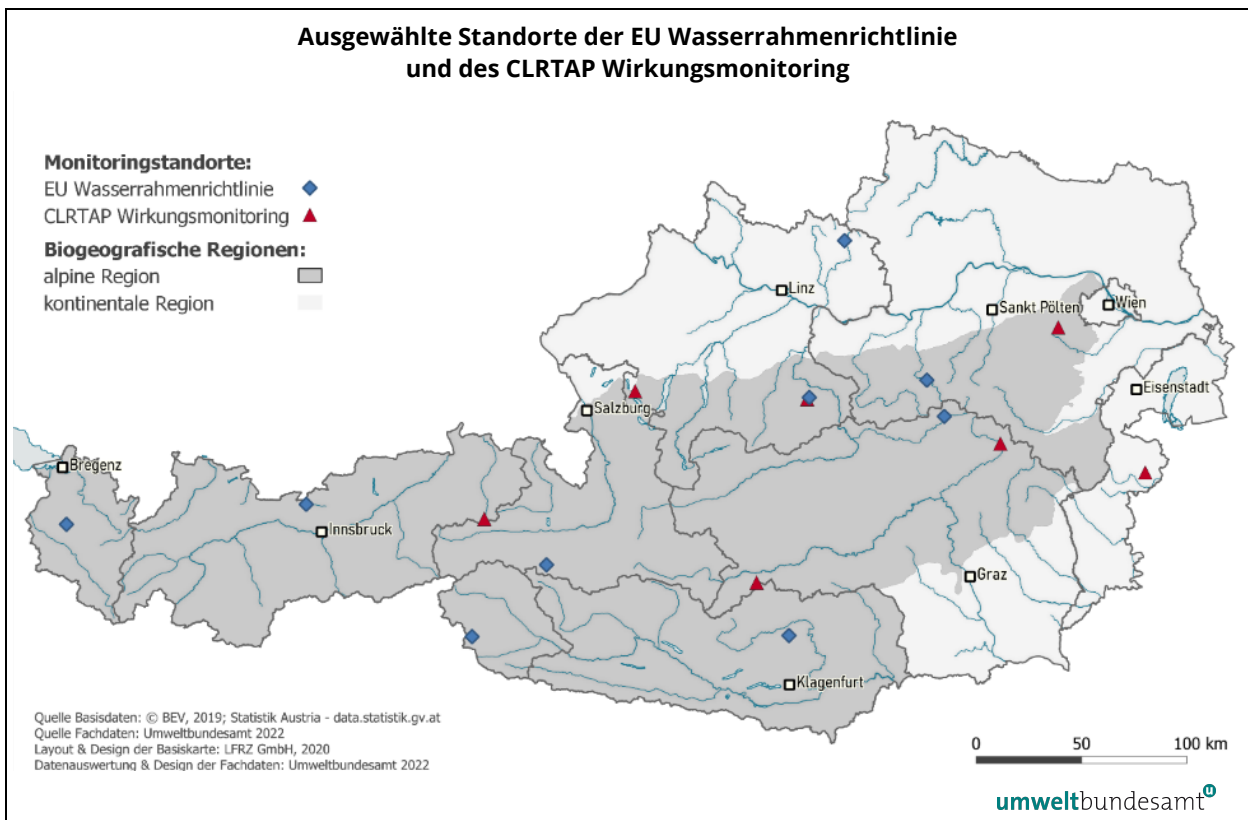
sechs Stationen⁷. Luftschadstoffkonzentrationen werden an diesen Standorten nicht gemessen (Abbildung 2).

3.3 EU Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, Water Framework Directive 2000/60/EC)

**Referenzstandorte
ohne direkte
Schadstoffeinträge**

Mit der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006, Novellierung mit BGBl. II Nr. 465/2010) wurden im Jahr 2006 die Vorgaben der WRRL zum Monitoring in Österreich umgesetzt und die bestehenden österreichischen Überwachungsprogramme angepasst⁸. Die Daten von neun Hintergrundmessstellen (Referenzmessstellen) werden für das NEC-RL Ökosystemmonitoring verwendet und umfassen einen Großteil der geforderten Parameter. Diese Messstellen sind unbeeinflusst von lokalen Einträgen wodurch sie für das Monitoring von Wirkungen von Einträgen aus der Luft (z. B. Eutrophierungseffekte durch Stickstoff) herangezogen werden können (Abbildung 2).

Abbildung 2: Monitoring im Rahmen des CLRTAP Wirkungsmonitoring und der Referenzstandorte für die EU Wasserrahmenrichtlinie.



⁷ <https://bfw.ac.at/lims/level2.daten>

⁸ <https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/wasser/wrrl>

3.4 EU Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL, Habitats Directive 92/43/EEC)

Die Vorgaben der NEC-RL, relevante Ökosystemtypen repräsentativ zu beobachten, verlangt ein Wirkungsmonitoring, das über die Wald- und Wasser-Ökosystemtypen hinausgeht. Dafür bietet sich die Überwachung des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen und Arten von europäischem Interesse nach Artikel 11 der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie an. Die Ergebnisse dieses Monitorings sind Grundlage für die Bewertung nach Artikel 17 FFH-RL, die alle sechs Jahre (zuletzt 2007, 2013 und 2019) an die Europäische Kommission zu übermitteln sind. In Vorbereitung auf den Artikel 17-Bericht der Periode 2013–2018 wurde für 31 Lebensraumtypen ein Monitoring durchgeführt (Umweltbundesamt, 2020). Zum Teil handelt es sich bereits um Folgeerhebungen, die in den Jahren 2010–2012 begonnen worden waren.

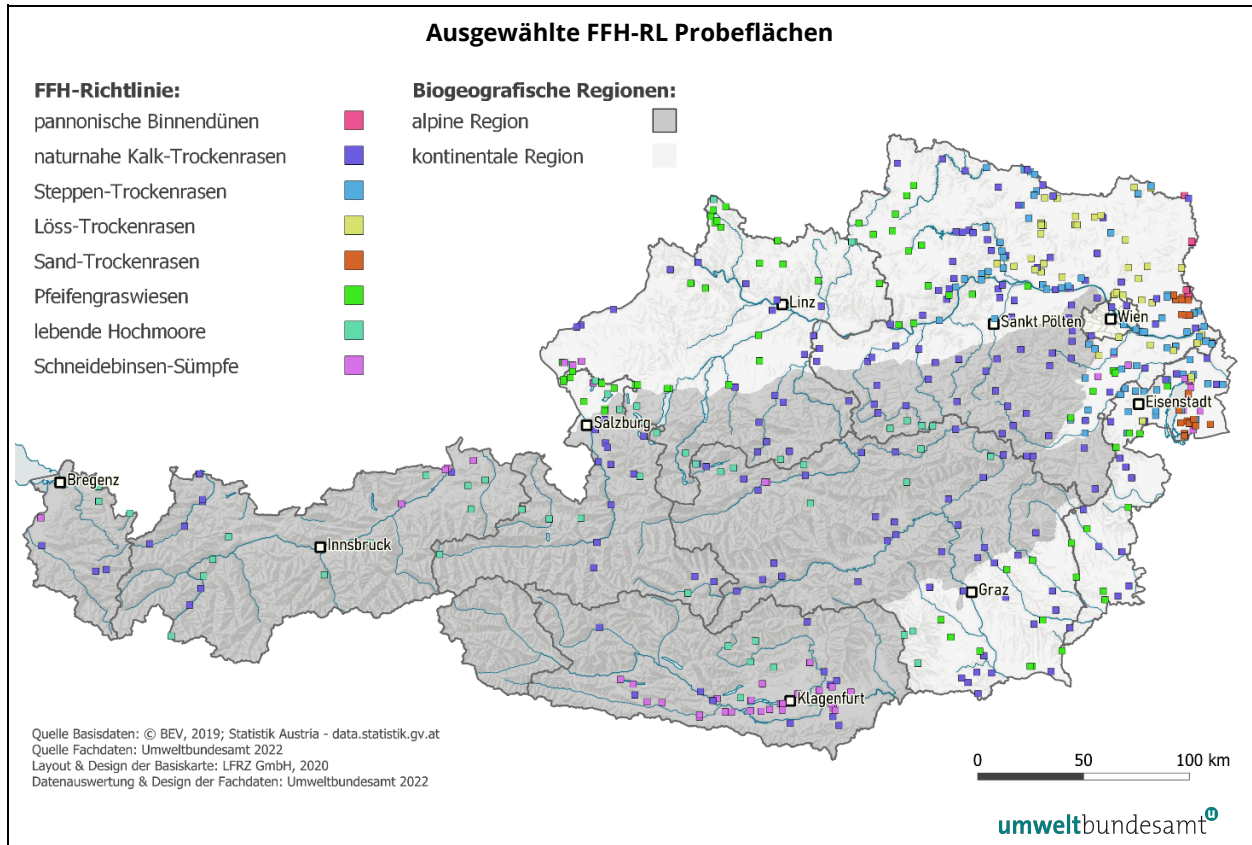
*Tabelle 3:
Monitoring von Lebensraumtypen für die FFH-RL gemäß Artikel 11 in Österreich, die für die NEC-RL relevant sind.*

FFH-Code	Anzahl an Einzelflächen	Anzahl Probeflächen
2340	pannonische Binnendünen	28
6210	naturnahe Kalk-Trockenrasen	887
6240	Steppen-Trockenrasen	232
6250	Löss-Trockenrasen	152
6260	Sand-Trockenrasen	313
6410	Pfeifengraswiesen	123
7110	lebende Hochmoore	81
7210	Schneidebinsen-Sümpfe	367

Auswahl relevanter FFH Probeflächen

Je nachdem, wie häufig ein Lebensraumtyp ist, wird eine Stichproben- oder eine Vollerhebung durchgeführt. Für das NEC-RL Ökosystemmonitoring sind vor allem die Vegetationsaufnahmen in den Probeflächen (in ein bis mehreren Untersuchungsflächen pro Probefläche) jener acht Lebensraumtypen von Interesse, die entsprechend Bobbink, Loran und Tomassen (2022) und einer Experteneinschätzung als sensitiv gegenüber Stickstoffeinträge definiert werden (Tabelle 3). Wälder wurden ausgeschlossen, da diese mit dem ICP Forests Monitoring und der ICP Integrated Monitoring Fläche Zöbelboden abgedeckt sind. Daraus ergibt sich eine Anzahl von 990 Untersuchungsflächen in 523 Probeflächen, die für das NEC-RL Ökosystemmonitoring potenziell zur Verfügung stehen (Abbildung 3).

Abbildung 3: Probeflächen des FFH Monitorings für relevante Habitate der NEC-RL in den jeweiligen biogeografischen Regionen (Stand 2023). Siehe Tabelle 3 die FFH-RL Lebensraumcodes.



4 DESIGN DES NEC-RL ÖKOSYSTEMMONITORING

4.1 Auswahl von Probeflächen der FFH-RL

Luftgütemessstellen und Critical Loads

Die Auswahl der Probeflächen, die für die FFH-RL erhoben werden, erfolgte stufenweise nach folgenden Prioritäten:

1. Nähe zu Luftgütemessstellen, die die relevanten Parameter der NEC-RL erfassen. Um ausreichend Probeflächen zu erhalten, wurde ein Abstand von <20 km herangezogen. Darüber hinaus wurde darauf geachtet, dass die Luftqualitätsmessungen von keinen lokalen Emittenten bestimmt werden. Neben den Luftgütemessstellen wurden zusätzlich benachbarte WADOS-Messstellen auf Basis einer Experteneinschätzung zugewiesen.
2. Die ausgewählten Probeflächen sollen den vorherrschenden Gradienten der Stickstoffbelastung abdecken. Dafür wurde die Überschreitung (average accumulated exceedance) der Critical Loads für Eutrophierung in drei Stufen (niedrig ≤ 1 kg/ha/Jahr, mittel > 1 kg/ha/Jahr und $\leq 5,6$ kg/ha/Jahr, hoch $> 5,6$ kg/ha/Jahr) unterteilt.
3. Pro Überschreitungsgruppe sollten mindestens zwei Probeflächen pro biogeografischer Regionen (alpin, kontinental) ausgewählt werden.

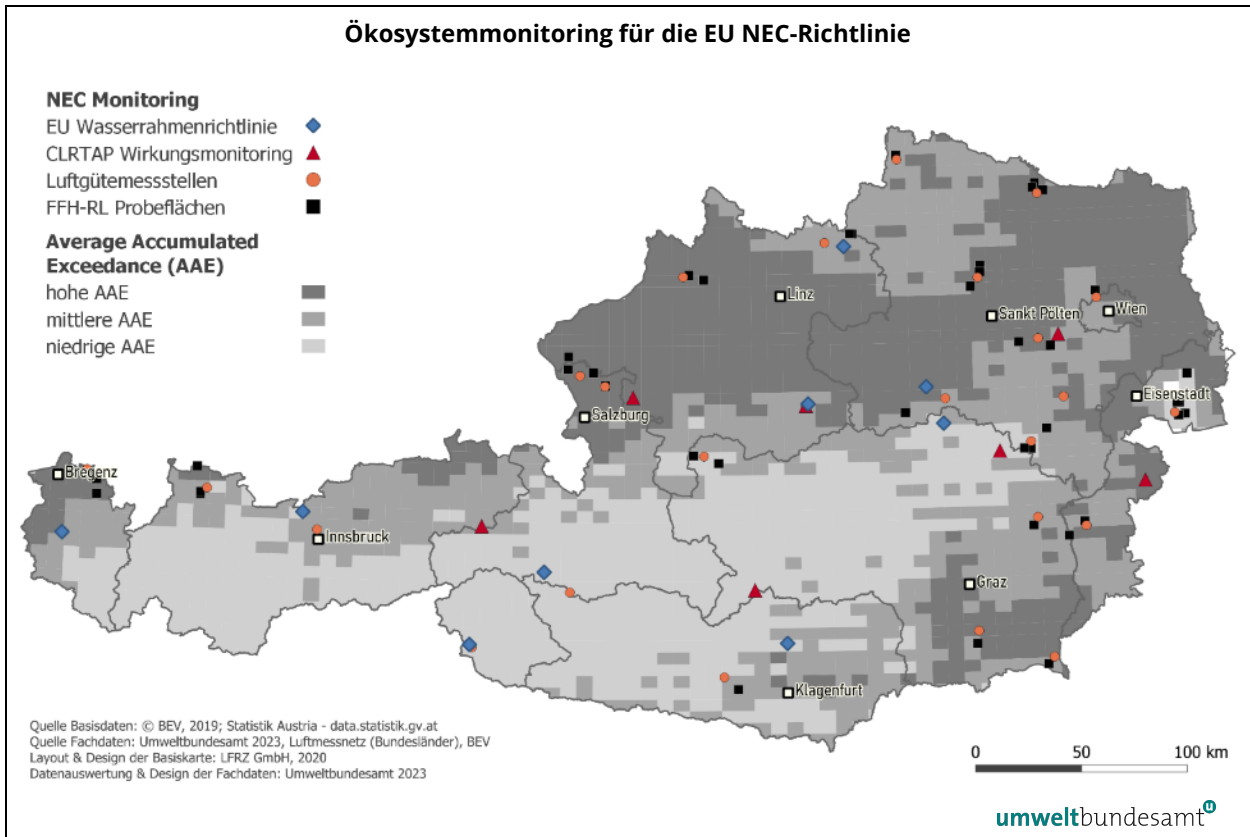
Wiesen und Moore als Teil des NEC-RL Ökosystemmonitorings

Diese Vorgaben resultierten in zwölf Probeflächen für Moore (FFH Code 7110), acht für Pfeifengraswiesen (FFH Code 6410), elf für Kalk-Trockenrasen (FFH Codes 6210) und zehn für pannonische Steppenrasen und Dünen (FFH Codes 6240, 6250, 6260). Alle übrigen Ökosystemtypen wurden nicht erfasst, weil keine Luftmessstation in ausreichender Nähe vorhanden war. Insgesamt wurden 26 Luftgütemessstationen in Verbindung mit den FFH-RL Probeflächen verwendet. Von diesen messen 21 Ozon, 17 Stickstoffoxide, 12 Schwefeldioxid und 13 Ammoniak, wobei alle diese Parameter nur an insgesamt sechs der 26 Luftgütemessstationen gleichzeitig gemessen werden. Außerdem konnte eine WADOS Messstation verwendet werden. Abbildung 4 und Tabelle 7 (siehe Anhang) liefern einen detaillierten Überblick aller für das NEC-RL Ökosystemmonitoring ausgewählter Standorte.

4.2 Zusammenschau - Österreichisches NEC-RL Ökosystemmonitoring

Durch die Kombination von einer Reihe existierender Monitoringsysteme konnte somit ein Messnetz für das NEC-RL Ökosystemmonitoring erstellt werden, das den Risikogradienten durch Stickstoffeinträge gut abbildet und sensitive Ökosystemtypen umfasst (Abbildung 4 und Tabelle 7). Dadurch ergibt sich eine wesentlich bessere Grundlage für die Bewertung von Ökosystemeffekten durch Luftschadstoffe, die bislang auf Wälder beschränkt war.

Abbildung 4: Ausgewählte Standorte für das NEC-RL Ökosystemmonitoring in Österreich, Stand 2023.



5 AUSBLICK

5.1 Parameterabdeckung

**unterschiedlicher
Messumfang**

Für die terrestrischen und aquatischen Level II Standorte konnten mehr als die Hälfte der prioritären Parameter in den Berichten der Jahre 2019 und 2023 geliefert werden. Demgegenüber sind die Messungen in den Nicht-Wald Monitoringstandorten wenig umfassend. Das FFH Artikel 11 Monitoring beinhaltet keinerlei Bodenerhebungen oder chemische Analysen zum Ernährungszustand von Pflanzen, wie sie für das NEC-RL Monitoring benötigt werden. Vor allem bodenchemische Erhebungen wären für die Bewertung der Wirkungen hoher Stickstoffeinträge wichtig.

Das neue Ammoniak-Monitoring liefert Daten seit dem Jahr 2021, ist aber nicht an allen für die NEC-RL ausgewählten Standorten vorhanden. Eine laufende Anpassung, dort wo es möglich ist, wird angestrebt.

Ozonschäden und Ozonflüsse (POD) werden zurzeit nicht erhoben und wurden demnach auch nicht berichtet.

5.2 Nicht erfasste Ökosystemtypen

**nicht alle sensiblen
Ökosysteme erfasst**

Für eine Reihe von Ökosystemtypen, die gemäß Bobbink, Loran und Tomassen (2022) Eutrophierungsrisiken ausgesetzt sind, liegen bislang keine detaillierten Erhebungen im Rahmen der FFH-RL vor. Unter der Annahme, dass aquatische Ökosysteme mit dem WRRRL Monitoring und Waldökosysteme mit den Daten des ICP Integrated Monitoring Standorts Zöbelboden und den sechs Standorten von ICP Forests abgedeckt sind, sind noch zwölf FFH-Lebensraumtypen übrig, für die ein zukünftiges Monitoring sinnvoll wäre (Tabelle 4).

Tabelle 4: Für Stickstoffeffekte relevante Lebensraumtypen, für die bislang keine FFH-RL Monitoring-Untersuchungen vorliegen. Die Tabelle beinhaltet nur Lebensraumtypen, die in Österreich vorkommen und gemäß Bobbink, Loran und Tomassen (2022) als Stickstoff-sensitiv ausgewiesen sind.

FFH-Code	Name	Name Deutsch
4030	european dry heaths	trockene europäische Heiden
4060	alpine and boreal heaths	alpine und boreale Heiden
5130	Juniperus communis formations on heaths or calcareous grasslands	Formation von Juniperus communis auf Kalkheiden und -rasen
6150	siliceous alpine and boreal grasslands	boreo-alpines Grasland auf Silikatsubstraten
6170	alpine and subalpine calcareous grasslands	alpine und subalpine Kalkrasen

FFH-Code	Name	Name Deutsch
6430	Hydrophilous tall herb fringe communities of plains and of the montane to alpine levels	feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe
6510	lowland hay meadows (Alopecurus pratensis, Sanguisorba officinalis)	magere Flachland-Mähwiesen (Alopecurus pratensis, Sanguisorba officinalis)
6520	mountain hay meadows	Berg-Mähwiesen
7130	blanket bogs (* if active bog)	Deckenmoore (* wenn naturnah)
7140	transition mires and quaking bogs	Übergangs- und Schwingrasenmoore
7230	alkaline fens	kalkreiche Niedermoore
8240	limestone pavements	Kalk-Felspflaster

6 ANHANG

Tabelle 5: Messparameter des NEC-RL Monitorings nach den Vorgaben der Europäischen Kommission für aquatische Ökosystemtypen.

GEWÄSSER					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
Physical and Site Parameters			Annual	Area of water body (lakes) or distance to spring (rivers)	km
				Water body type/hydrological type	Code
				Elevation	Meter ASL
			Annual	Average depth (lake) or width (river)	Meter
			Annual	Catchment area upstream from site	km ²
				Description regarding the presence of significant pollution sources	Text
			Weekly	Average precipitation	mm/yr
			Monthly	Average catchment runoff at the monitoring site	mm/yr
			Continuous	Average temperature	°C
	Chemical Parameters			Monthly/quarterly/seasonal	Alkalinity
			Monthly/quarterly/seasonal	Ntot	mg TN/l
			Monthly/quarterly/seasonal	S (sulphates)	Mg SO ₄ /l
			Monthly/quarterly/seasonal	NO ₃ -N	µg N/l
			Monthly/quarterly/seasonal	Cl	mg/l
			Monthly/quarterly/seasonal	DOC, TOC, Colour or PERM	mg C/l or mg O/l
			Monthly/quarterly/seasonal	max pH, min pH	n.a.
			Monthly/quarterly/seasonal	pH	n.a.
			Monthly/quarterly/seasonal	Ca	mg/l

GEWÄSSER						
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit	
			Monthly/quarterly/seasonal	Mg	mg/l	
			Monthly/quarterly/seasonal	Na	mg/l	
			Monthly/quarterly/seasonal	K	mg/l	
			Monthly/quarterly/seasonal	NH ₄ -N	mg N/l	
			Monthly/quarterly/seasonal	Specific conductivity (25°C)	mS/m	
			Monthly/quarterly/seasonal	Ptot	µg/l	
			Monthly/quarterly/seasonal	Air temperature at sampling time	°C	
			Monthly/quarterly/seasonal	Water temperature at sampling time	°C	
			Monthly/quarterly/seasonal	Alinorg (labile)	µg/l	
Acidification and eutrophication species and indicators			Seasonal/annual	Acidification index	Number	
			Seasonal/annual	Eutrophication index	Number	
			Seasonal/annual	Species diversity (Shannon-Wiener-Index for macroinvertebrates)	Number	
			Seasonal/annual	Abundance (invertebrates)	Number	
			Seasonal/annual	Acidification invertebrates	Number	
			Seasonal/annual	Acidification diatoms	Number	
			Seasonal/annual	Acidification fish	Number	
			Seasonal/annual	Assemblage composition of diatoms	Text	
			Seasonal/annual	Relative abundance of diatom taxa	%	
			Seasonal/annual	Number of EPT taxa - i.e. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera	Number	
			Seasonal/annual	Relative abundance of Chironomids	%	
			Seasonal/annual	Relative abundance of Gammarus spp	%	
			Seasonal/annual	Relative abundance of Gastropods	%	

GEWÄSSER					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
			Seasonal/annual	Relative abundance of Baetis spp	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of Daphnia spp	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of Apatania spp	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of Hydropsyche spp	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of small mussels	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of Pisidium spp	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of Corixa spp	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of Odonata	%
			Seasonal/annual	Relative abundance of Coleopterans	%

Tabelle 6: Messparameter des NEC-RL Monitorings nach den Vorgaben der Europäischen Kommission für terrestrische Ökosystemtypen.

WÄLDER; WIESEN; MOORE;					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
Physical and Site Parameters				Elevation	Meter (NN)
				Slope	Degree
				Orientation/exposition	Class or degree
				Description regarding the presence of significant pollution sources	Text
Soil horizon profile and description			weekly	Average precipitation	mm
				Plot/sample size	m ²
			10 years	Soil type/soil group (WRB)	Code
			10 years	Parent material	Code
			10 years	Humus type/Peat type	Code

WÄLDER; WIESEN; MOORE;					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
			10 years	Mean highest and mean lowest groundwater table depth	Code
			10 years	Groundwater table	Code
			10 years	Effective soil depth	cm from mineral soil surface
			10 years	Horizon number	Number
			10 years	Sampling depth	cm
			10 years	Horizon name	Code
			10 years	Upper and lower limit horizon	cm from mineral soil surface
			10 years	Horizon distinctness and topography	Code
			10 years	Structure	Code
			10 years	Moist and dry colour of the soil matrix	Munsell colour code
			10 years	Textural class	FAO (2006) code
			10 years	Clay	%
			10 years	Silt	%
			10 years	Sand	%
			10 years	Code coarse fragments	Code based on vol%
			10 years	Coarse fragments	Weight%
			10 years	Code porosity	Code
			10 years	Bulk density	kg/m ³
			10 years	Method to determine bulk density	Code/text
			10 years	Abundance classes of very fine, fine, medium and coarse roots	Code

WÄLDER; WIESEN; MOORE;					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
Soil acidity and Eutrophication - based on soil (not for Cropland)			10 years	Ctot	g/kg
			10 years	Ntot	g/kg
			10 years	CEC	cmol(+)/kg
			10 years	Acidityex (H+)	cmol(+)/kg
			10 years	Alox	mg/kg
			10 years	Gypsum content	g/kg
			10 years	Cmin (carbonates)	g/kg
			10 years	Corg	g/kg
			10 years	pH (H2O)	n.a.
			10 years	pH (CaCl2)	n.a.
			10 years	Base Saturation	%
			10 years	Cationsex	cmol(+)/kg
			10 years	Ca	mg/kg
			10 years	Mg	mg/kg
			10 years	K	mg/kg
			10 years	Na	mg/kg
		10 years	Mn	mg/kg	
		10 years	P	mg/kg	
		10 years	Feox	mg/kg	

WÄLDER; WIESEN; MOORE;					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
Soil acidity and Eutrophication - based on soil porewater			2 weeks preferred, 4 weeks min	pH	n.a.
			2 weeks preferred, 4 weeks min	NH ₄ -N	mg N/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	NO ₃ -N	mg N/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	SO ₄ -S	mg S/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Cl	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Alkalinity	µeq/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Ntot	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	DOC	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Altot	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Conductivity	µS/cm
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Ca	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Mg	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Na	mg/l
		2 weeks preferred, 4 weeks min	K	mg/l	

WÄLDER; WIESEN; MOORE;					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Allabile	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Fe	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Mn	mg/l
			2 weeks preferred, 4 weeks min	Ptot	mg/l
Nitrate Leaching			4 weeks	NO3 deepest soil layer	Kg N ha-1 yr-1
				Nitrate leaching calculation description	Text
Vegetation Parameters				Management - current	Text
				Management - change since last report	Text
			5 years	Tree top height	Meter
			5 years	Shrub top height	Meter
			5 years	Grass/forb top height	Meter
			5 years	Age class (woodland and forest)	Code
			5 years	Number of tree layers	Code
			5 years	Coverage of tree layers	5 % steps
			5 years	Canopy closure	5 % steps
			6 months	Species richness (tree)	Mean species number/m ²
			6 months	Vascular plant species richness (understorey, grassland, bog)	Number of species per 5 m x 5 m
			6 months	% cover forbs	1 % steps
			6 months	% cover grasses	1 % steps

WÄLDER; WIESEN; MOORE;					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
			6 months	% cover legumes	1 % steps
			6 months	% cover mosses	1 % steps
			6 months	% cover lichens	1 % steps
			6 months	Epiphytic lichen diversity	Number of species per 20 m x 20 m
			6 months	Plant species	Latin name
			2 years	Ctot	g/100g
			2 years	Ntot	mg/g
			2 years	P	mg/g
			2 years	Ca	mg/g
			2 years	Mg	mg/g
			2 years	K	mg/g
Ozone foliar damage				Species	Latin name
			Annual	Absent or present	n.a.
			Annual	% of leaves injured	%
			Annual	% injury for a specific leaf	%
Exceedance flux-based critical levels of ozone - PODY				Vegetation type	Eunis class
				Species	Species (Latin name)
			Annual	Exceedance of flux-based critical level of ozone based on site-specific calculation	mmol/m ² projected leaf area
			Annual	Exceedance of flux-based critical level of ozone based on modelled gridded data	mmol/m ² projected leaf area

WÄLDER; WIESEN; MOORE;					
Parametergruppe	Level 2	Level 1	Messfrequenz	Parameter	Einheit
			Annual	Calculated ozone flux based on site specific calculation	mmol/m ² projected leaf area
			Annual	Calculated ozone flux based on modelled gridded data	mmol/m ² projected leaf area
Atmospheric concentration of pollutants (eutrophication/ acidification)			4 weeks	NH ₃ concentration	µg/m ³
			4 weeks	NO ₂ concentration	µg/m ³
			4 weeks	SO ₂ concentration	µg/m ³
			2 weeks	O ₃ concentration	µg/m ³
			Hourly	AOT40	ppm.h
Carbon flux				Vegetation type	Eunis class
			5 years	Net carbon uptake	g C/m ² *yr
Atmospheric deposition			Weekly to monthly	pH	n.a.
			Weekly to monthly	Bulk precipitation	mm
			Weekly to monthly	NH ₄ -N	mg N/l
			Weekly to monthly	NO ₃ -N	mg N/l
			Weekly to monthly	SO ₄ -S	mg S/l
			Weekly to monthly	Cl	mg/l
			Weekly to monthly	P	mg/l
		Weekly to monthly	Ntot	mg/l	

Tabelle 7: Monitoringstandorte für das NEC-RL Ökosystemmonitoring in Österreich (Stand 2023).

Ökosystemtyp (MAES classification)	Biogeografische Region	Standorts-Code	Name	Monitoring Netzwerk	NEC-RL Level	Longitude	Latitude
Active raised bogs	Alpine	E4367N2716		FFH	1	10,62	47,56
Active raised bogs	Alpine	E4613N2728		FFH	1	13,89	47,60
Active raised bogs	Alpine	E4320N2708		FFH	1	9,99	47,49
Active raised bogs	Alpine	E4320N2701		FFH	1	9,99	47,43
Active raised bogs	Alpine	E4627N2622		FFH	1	14,00	46,64
Active raised bogs	Alpine	E4700N2756		FFH	1	15,07	47,81
Active raised bogs	Alpine	E4601N2731		FFH	1	13,73	47,63
Active raised bogs	Continental	E4671N2839		FFH	1	14,75	48,57
Active raised bogs	Continental	E4670N2839		FFH	1	14,74	48,57
Active raised bogs	Continental	E4552N2768		FFH	1	13,10	47,99
Active raised bogs	Continental	E4540N2775		FFH	1	12,94	48,05
Active raised bogs	Continental	E4558N2762		FFH	1	13,18	47,93
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4602N2814		FFH	1	13,80	48,38
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4595N2816		FFH	1	13,71	48,40
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4540N2769		FFH	1	12,94	48,00
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4728N2817		FFH	1	15,50	48,33

Ökosystemtyp (MAES classification)	Biogeografische Region	Standorts-Code	Name	Monitoring Netzwerk	NEC-RL Level	Longitude	Latitude
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4832N2781		FFH	1	16,85	47,93
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4780N2702		FFH	1	16,08	47,27
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4787N2709		FFH	1	16,18	47,32
Molinia meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (Molinion caeruleae)	Continental	E4739N2649		FFH	1	15,49	46,82
Pannonic loess steppic grasslands	Continental	E4760N2864		FFH	1	15,98	48,73
Pannonic sand steppes	Continental	E4832N2762		FFH	1	16,83	47,76
Pannonic sand steppes	Continental	E4829N2761		FFH	1	16,79	47,76
Pannonic sand steppes	Continental	E4828N2767		FFH	1	16,78	47,81
Pannonic sand steppes & Sub-Pannonic steppic grasslands	Continental	E4829N2767		FFH	1	16,80	47,81
Rivers and lakes	Alpine	LTER_EU_AT_003_551	Zöbelgraben	ICP Integrated Monitoring; LTER	2	14,44	47,84
Rivers and lakes	Alpine	FW21553436	Innere Wimitz	WFD	2	14,31	46,84
Rivers and lakes	Alpine	FW30900167	Vordere Tor- mäuer	WFD	2	15,20	47,91
Rivers and lakes	Alpine	FW40823016	Großer Bach oh. Anzenbach	WFD	2	14,46	47,85

Ökosystemtyp (MAES classification)	Biogeografische Region	Standorts-Code	Name	Monitoring Netzwerk	NEC-RL Level	Longitude	Latitude
Rivers and lakes	Alpine	FW51121257	Fuscherache bei Piffmoos	WFD	2	12,80	47,14
Rivers and lakes	Alpine	FW71510307	Innervillgraten	WFD	2	12,34	46,83
Rivers and lakes	Alpine	FW72200807	Scharnitz	WFD	2	11,29	47,38
Rivers and lakes	Alpine	FW80411046	Frutz, Bad La- terns	WFD	2	9,79	47,26
Rivers and lakes	Alpine	FW60800416	Ortsende Rasing	WFD	2	15,31	47,76
Rivers and lakes	Continental	FW40932016	Fraunack	WFD	2	14,70	48,52
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous sub- strates (Festuco-Brometalia) (* im- portant orchid sites)	Alpine	E4763N2706		FFH	1	15,86	47,32
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous sub- strates (Festuco-Brometalia) (* im- portant orchid sites)	Alpine	E4369N2703		FFH	1	10,64	47,44
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous sub- strates (Festuco-Brometalia) (* im- portant orchid sites)	Alpine	E4369N2704		FFH	1	10,64	47,45
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous sub- strates (Festuco-Brometalia) (* im- portant orchid sites)	Alpine	E4760N2742		FFH	1	15,85	47,64
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous sub- strates (Festuco-Brometalia) (* im- portant orchid sites)	Alpine	E4752N2792		FFH	1	15,80	48,09

Ökosystemtyp (MAES classification)	Biogeografische Region	Standorts-Code	Name	Monitoring Netzwerk	NEC-RL Level	Longitude	Latitude
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (* important orchid sites)	Alpine	E4767N2791		FFH	1	16,00	48,07
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (* important orchid sites)	Alpine	E4767N2752		FFH	1	15,96	47,72
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (* important orchid sites)	Alpine	E4757N2742		FFH	1	15,81	47,64
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (* important orchid sites)	Alpine	E4787N2818		FFH	1	16,29	48,30
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (* important orchid sites)	Continental	E4690N2877		FFH	1	15,04	48,90
Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (Festuco-Brometalia) (* important orchid sites)	Continental	E4773N2641		FFH	1	15,92	46,72
Sub-Pannonic steppic grasslands	Continental	E4756N2867		FFH	1	15,93	48,76
Sub-Pannonic steppic grasslands	Continental	E4755N2865		FFH	1	15,91	48,75
Sub-Pannonic steppic grasslands	Continental	E4732N2827		FFH	1	15,56	48,42
Sub-Pannonic steppic grasslands	Continental	E4732N2824		FFH	1	15,56	48,39

Ökosystemtyp (MAES classification)	Biogeografische Region	Standorts-Code	Name	Monitoring Netzwerk	NEC-RL Level	Longitude	Latitude
Woodland and forest	Alpine	ICP_FO_AU09	Klausen-Leopoldsdorf	ICP Forests; LTER	2	16,05	48,12
Woodland and forest	Alpine	ICP_FO_AU11	Mondsee	ICP Forests; LTER	2	13,35	47,88
Woodland and forest	Alpine	ICP_FO_AU15	Mürzzuschlag	ICP Forests; LTER	2	15,66	47,63
Woodland and forest	Alpine	ICP_FO_AU16	Murau	ICP Forests; LTER	2	14,11	47,06
Woodland and forest	Alpine	ICP_FO_AU17	Jochberg	ICP Forests; LTER	2	12,41	47,33
Woodland and forest	Alpine	LTER_EU_AT_003_IP2	Zöbelboden IP2	ICP In- tegrated Monitoring; LTER	2	14,44	47,84
Woodland and forest	Alpine	LTER_EU_AT_003_IP3	Zöbelboden IP3	ICP In- tegrated Monitoring; LTER	2	14,44	47,84
Woodland and forest	Continental	ICP_FO_AU02	Unterpullendorf	ICP Forests; LTER	2	16,56	47,49

7 LITERATUR

- BOBBINK, R., C. LORAN und H. TOMASSEN, 2022. *Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe* [online]. Dessau-Roßlau. Texte. 02/2022. ISBN 1862-4804. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- LANDGREBE, R., A. BEST, F. HAYES, U. STEIN, G. HARKER, H. SCHRITT, L. DUIN und S. DEACON, 2022. Guidance note on site selection. Support to Member States regarding the monitoring of effects of air pollution on ecosystems according to Article 9(1) of the NEC Directive (Directive (EU) [online]. Ecologic Institute. Berlin, Germany. Verfügbar unter: <https://www.ecologic.eu/18640>
- STEINKOGLER, T., A. KASPER-GIEBL, G. LAIR und W. EGGER, 2019. Nasse Deposition in Tirol im Zeitraum Oktober 2017 – September 2018. Institut für Chemische Technologien und Analytik, TU Wien und Amt der Tiroler Landesregierung. Innsbruck, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 2020. Monitoring von Lebensraumtypen und Arten von gemeinschaftlicher Bedeutung in Österreich 2016-2018 und Grundlagenerstellung für den Bericht gemäß Art. 17 der FFH-Richtlinie im Jahr 2019. Teil 1: Artikel 11-Monitoring [online]. Wien. Report. REP-0735. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2366&cHash=12aabea35b4ba8f9e37d0eafe1b09512
- UMWELTBUNDESAMT, 2023a. 30 Jahre ökosystemare Umweltbeobachtung am Standort Zöbelboden [online]. Report. REP-0857. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2475&cHash=516a4d42a96f08c469669d74789dc622
- UMWELTBUNDESAMT, 2023b. Luftgütemessungen in Österreich 2022. Jahresbericht [online]. Wien. Reports. REP-0839. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2491&cHash=825f47b124c5dc13feedf846ab868f37
- UMWELTBUNDESAMT, 2023c. Luftgütemessungen und meteorologische Messungen. Jahresbericht Hintergrundmessnetz 2022 [online]. Wien. Reports. REP-0840. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2490&cHash=e482256a73b9522f926511e0ab7e934e

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Schwefel- und Stickstoffeinträge sowie bodennahes Ozon können sich negativ auf Ökosysteme auswirken. Diese Effekte sind von den EU-Mitgliedsstaaten gemäß NEC-Richtlinie (National Emissions Ceilings Directive, NEC-RL) zu überwachen. In Österreich kommen dafür mehrere Monitoring-systeme zum Einsatz, die für das NEC Monitoring kombiniert wurden. Erhoben werden Messwerte zu Luftschadstoffen, v. a. Stickstoff, und ihren Wirkungen auf Boden, Vegetation und Wasser.

Die ausgewählten Messstellen für Gewässer, natürliche und naturnahe Wiesen, Moore sowie Waldökosysteme decken das Risiko negativer Effekte durch Stickstoffeinträge gut ab. Die Berichte aus 2019 und 2023 zeigen mehr als die Hälfte der prioritären Parameter der NEC-RL für Wald- und Gewässerstandorte. Das Monitoring an den Messstandorten für Wiesen und Moore ist weniger umfassend, der Messumfang für Ökosystems Schäden durch Ozon ist gering.