

# Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik

Heft

**1099**

2013

**Forschungsberichte** aus dem Forschungsprogramm  
des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und  
der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.

## **Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope**

Dr. Stefan Balla  
Klaus Müller-Pfannenstiel  
Bosch & Partner, Herne

Rudolf Uhl  
Achim Kiebel  
Dr. Jochen Lüttmann  
FÖA Landschaftsplanung GmbH, Trier

Helmut Lorentz  
Dr. Ingo Düring  
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH und Co KG, Radebeul

PD Dr. Angela Schlutow  
Dipl.-Geogr. Thomas Schleuschner  
ÖKO-DATA GmbH, Strausberg

In Zusammenarbeit mit

Martina Förster  
Avena, Marburg

Cornelia Becker  
Wolfgang Herzog

BÖF – Büro für angewandte Ökologie und Forstplanung GmbH, Kassel

November 2013

Herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und  
Stadtentwicklung, Abteilung Straßenbau, Bonn

# Inhalt

<b>Abkürzungen</b> .....	15	4.1.3 Grundsätze der Erheblichkeits- beurteilung .....	33
<b>Glossar</b> .....	16	4.1.4 Erheblichkeitsbeurteilung am Maßstab des besten wissen- schaftlichen Kenntnisstandes .....	34
<b>1 Einleitung</b> .....	19	4.1.5 Vorbelastung und vorhabensbedingte Zusatzbelastung .....	35
<b>2 Übersicht über das Bearbeitungs- konzept</b> .....	19	4.1.6 Eingeschränkte Relevanz der Maß- stäbe des Immissionsschutzrechts/ TA Luft .....	36
<b>3 Bisheriger Stand der Berücksich- tigung von Nährstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung</b> ....	20	4.2 Rechtsprechung zur Beurteilung von Stickstoffeinträgen in der FFH- Verträglichkeitsprüfung .....	37
3.1 Bisherige nationale Ansätze zur Beurteilung von Stickstoffeinträgen in FFH-Verträglichkeitsprüfungen .....	20	4.2.1 Critical Loads als Beurteilungs- maßstab .....	37
3.1.1 LAI-Leitfaden „Ermittlung und Bewer- tung von Stickstoffeinträgen“ .....	20	4.2.2 Sonderfälle .....	38
3.1.2 Brandenburger Vollzugshilfe zur Ermittlung erheblicher und irrele- vanter Stoffeinträge in Natura-2000- Gebieten .....	22	4.2.3 Empirische oder modellierte Critical Loads .....	39
3.1.3 Bewertungskonventionen nach UHL et al. (2007/2009) .....	23	4.2.4 Konkretisierung empirischer Critical Loads .....	40
3.2 Ansätze zur Beurteilung von Stick- stoffeinträgen in FFH-Verträglich- keitsprüfungen in anderen euro- päischen Ländern .....	24	4.2.5 Erheblichkeitsbeurteilung anhand von Critical Loads .....	41
3.2.1 Überblick .....	24	4.2.6 Bagatellflächenschwellen für Stickstoffeintrag in FFH- Lebensraumtypen .....	43
3.2.2 Liste von Critical Loads für FFH- Lebensraumtypen in den Niederlanden .....	26	4.2.7 Zusammenwirken von Plänen oder Projekten (Kumulation) .....	43
3.2.3 Liste von Critical Loads für FFH- Lebensraumtypen für Groß- britannien .....	27	<b>5 Wirkungen von Stickstoffeinträgen auf FFH-Gebiete</b> .....	45
<b>4 Rechtliche und methodische Grundlagen der FFH- Verträglichkeitsprüfung</b> .....	31	5.1 Stickstoff-Eintragspfade in Ökosysteme .....	45
4.1 Allgemeine rechtliche und methodische Grundlagen .....	31	5.1.1 Einfluss des Menschen auf den Stickstoffkreislauf .....	45
4.1.1 Stufen der FFH-Verträglichkeits- prüfung von Projekten .....	31	5.1.2 Grundlagen der Stickstoff- Deposition .....	47
4.1.2 Schutzgegenstände .....	32	5.2 Boden- und Vegetationsver- änderungen durch diffusen Stickstoffeintrag .....	49
		5.3 Wirkungen diffuser Stickstoff- einträge auf die Fauna .....	57

5.4	Boden- und Vegetationsveränderungen entlang von Straßen	58	6.4.1	Einschätzung der Modellqualität	91
			6.4.2	Sinnvolle Rundung	93
<b>6</b>	<b>Bestimmung vorhabensbedingter Stickstoffeinträge (Zusatzbelastung)</b>	<b>68</b>	6.4.3	Belastbarkeit niedriger Modellwerte	93
6.1	Stickstoffhaltige Emissionen durch den Straßenverkehr	69	6.4.4	Fazit	94
6.1.1	Welche Schadstoffe sind relevant?	69	6.5	Beschreibung von für die Modellierung geeigneten Ausbreitungsmodellen	95
6.1.2	Welche Berechnungsmethoden werden derzeit angewandt und sind geeignet für die Bestimmung der Emissionen stickstoffhaltiger Substanzen?	69	6.6	Ermittlung der maximalen Reichweite relevanter N-Depositionen	96
6.1.3	Welche Änderungen ergeben sich aus der Handbuch-Aktualisierung HBEFA 3.1?	70	6.6.1	Emissionsniveaus	96
6.1.4	Welche Änderung der Emissionsfaktoren ist bis 2020/2030 zu erwarten?	72	6.6.2	Depositionsberechnungen und Eingangsdaten	99
6.1.5	Welche Relevanz haben die Eingangsparameter der Emissionsberechnung (Verkehrsstärken, Flottenzusammensetzung, Motorkonzepte, Bezugsjahre etc.)?	74	6.6.3	Ergebnisse der Berechnung	99
6.2	Abgrenzung der vorhabenbedingten Emissionen	80	6.7	Empfehlungen zur Ausbreitungsmodellierung für die FFH-Verträglichkeitsprüfung	101
6.3	Grundlagen der Stickstoffdepositionsmodellierung	81	<b>7</b>	<b>Bestimmung der Gesamtbelastung an Stickstoffeinträgen</b>	<b>102</b>
6.3.1	Depositionsgeschwindigkeiten	82	7.1	Gemessene Daten zur Vorbelastung	102
6.3.1.1	Literatur	82	7.1.1	Nasse bzw. Bulk-Deposition	102
6.3.1.2	Ansatz für landnutzungsabhängige Depositionsgeschwindigkeit	83	7.1.2	Trockene Deposition von Aerosolen und Gasen	104
6.3.2	Darstellung der relevanten Parameter bei Depositionsberechnungen	85	7.2	Modellierte Daten zur aktuellen Vorbelastung	105
6.3.2.1	Horizontales Rechengitter	85	7.3	Prognosedaten zur zukünftigen Vorbelastung	110
6.3.2.2	Berechnung der Deposition	86	7.3.1	UBA-Datensatz 2020 für Deutschland	111
6.3.2.3	Rauigkeitslänge ( $z_0$ )	86	7.3.2	EMEP-Datensatz 2025 für Europa	112
6.3.2.4	Fahrzeugerzeugte Turbulenz (TPT)	88	7.4	Empfehlung für die FFH-Verträglichkeitsprüfung	113
6.3.2.5	Oberflächenspezifische Depositionsgeschwindigkeiten	89	<b>8</b>	<b>Beurteilungsmaßstäbe für Stickstoffeinträge (Critical Loads und Critical Levels)</b>	<b>123</b>
6.3.2.6	Beitrag $NH_3$	91	8.1	Grundlegendes zum Critical-Load-Konzept	123
6.4	Zur Genauigkeit der Depositionsberechnungen	91	8.2	Empirische Critical Loads für Stickstoffeintrag	123
			8.3	Modellierte Critical Loads für (semi-)terrestrische Ökosysteme	123

8.3.1	Grundsätzliche Modelltypen zur Ermittlung von Critical Loads	123	8.4.3	Sonstige Eingangsdaten in die Critical-Loads-Berechnung	166
8.3.1.1	Dynamische Modelle	123	8.4.3.1	Immobilisierungsrate ( $N_i$ )	166
8.3.1.2	Steady-state-Modelle	124	8.4.3.2	Denitrifikationsrate ( $N_{de}$ )	168
8.3.2	Diskussion und Schlussfolgerung für die Auswahl von Modellen und Methoden im FE-Vorhaben	125	8.4.3.3	Tolerierbare N-Auswaschungsrate mit dem Sickerwasser ( $N_{le(acc)}$ )	169
8.3.3	Das SMB-Modell zur Ermittlung von Critical Loads	128	8.4.3.4	Depositionsrate basischer Kationen ( $Bc_{dep}$ )	171
8.3.3.1	Methodischer Ansatz zur Berechnung von Critical Loads für eutrophierende Stickstoffeinträge	128	8.4.3.5	Freisetzungsrates basischer Kationen durch Verwitterung des Ausgangssubstrats	172
8.3.3.2	Methodischer Ansatz zur Berechnung von Critical Loads für versauernde Stoffeinträge	129	8.4.3.6	Aufnahmerate von basischen Kationen ( $Bc_U$ ) und Stickstoff ( $N_U$ ) in die Vegetation	177
8.4	Bestimmung der Eingangsdaten für die Critical-Loads-Modellierung	134	8.5	Ergebnisse der Modellierung FFH-spezifischer Critical Loads	187
8.4.1	Das BERN-Modell als Basis für die Ermittlung von vegetations-spezifischen Eingangswerten für die Modellierung	135	8.6	Angaben zu Unsicherheiten der Modellierung und Varianzanalyse	190
8.4.1.1	Zuordnung der charakteristischen Pflanzengesellschaften der FFH-Lebensraumtypen Deutschlands zu ihren Referenz-Standorttypen	139	8.6.1	Validität der Datenbasis zu den Pflanzengesellschaften	190
8.4.1.2	Abgleich des Artenspektrums des BERN-Modells mit den FFH-relevanten Arten	147	8.6.2	Vergleich mit den empirischen Critical Loads	190
8.4.1.3	Auswahl und Abgrenzung geeigneter LRT-Standort-/Vegetationstypen für die Modellierung	148	8.6.3	Vergleich mit den Critical Loads nach van DOBBEN und van HINSBERG (2008)	192
8.4.2	Kritische Belastbarkeitsschwellen (Critical Limits) für FFH-LRT	157	8.6.4	Vergleich mit den Ergebnissen der DECOMP-Modellierung	195
8.4.2.1	Kritisches Basensättigung/C/N-Verhältnis zur Erhaltung von Pflanzenarten bzw. Pflanzengesellschaften	158	8.6.5	Varianz- und Sensitivitätsanalyse	196
8.4.2.2	Kritisches C/N-Verhältnis ( $CN_{min(geo)}$ ; $CN_{max(geo)}$ ; $CN_{crit(Phyto)}$ )	160	8.7	Hinweise für Sonderfälle	200
8.4.2.3	Kritisches Bc/N-Verhältnis ( $Bc/N_{crit}$ )	161	8.7.1	Alpine Rasen	200
8.4.2.4	Kritischer pH-Wert ( $pH_{crit}$ )	162	8.7.2	Gewässer	200
8.4.2.5	Kritische N-Konzentration ( $[N]_{crit}$ )	162	8.7.3	Ein bestimmter Standort- und Vegetationstyp ist in der Liste nicht enthalten	203
8.4.2.6	Kritisches Verhältnis von basischen Kationen zu Aluminium-Ionen ( $Bc/Al_{crit}$ )	166	8.7.4	Ein Standort unterliegt einer besonderen Stickstoffdynamik	205
			8.7.5	Ein Standort mit gutem Erhaltungszustand ist stickstoffgesättigt	206
			8.7.6	Ein LRT mit gutem Erhaltungszustand besteht auf degradiertem Standort	208
			8.7.7	Ein Standort ist bereits irreversibel geschädigt	208
			8.8	Critical Levels für Stickoxide und Ammoniak	208

<b>9</b>	<b>Beurteilung erheblicher Beeinträchtigungen</b> . . . . .	211	10.4.7	Biomasseentnahme im Wald . . . . .	250
9.1	Fachkonventionsvorschlag zur Erheblichkeitsbeurteilung . . . . .	211	10.5	Hydrologisch wirksame Maßnahmen . . . . .	251
9.2	Abschneidekriterium und Bagatellschwelle . . . . .	216	10.6	Weitere Pflege-Maßnahmen mit Bezug zum Stickstoffhaushalt . . . . .	252
9.3	Flächenbezogene Bagatellschwelle . . . . .	220	10.7	Kalkung . . . . .	252
9.3.1	Dosis-Wirkungsbeziehungen . . . . .	221	10.8	Klassische LRT-Entwicklung . . . . .	252
9.3.2	Abstufung anhand der Zusatzbelastung . . . . .	223	10.9	Reduzierung von Immissionen der Landwirtschaft . . . . .	253
9.3.3	Abstufung anhand des Reaktionsmusters einzelner FFH-Lebensraumtypen (Gefährdungsklasse) . . . . .	223	<b>11</b>	<b>Prozessdokumentation</b> . . . . .	255
9.4	Zusammenwirken mit anderen Projekten oder Plänen . . . . .	225	11.1	Betreuerkreis . . . . .	255
9.5	Verrechnung von Be- und Entlastungen im FFH-Gebiet . . . . .	229	11.2	Projektbegleitender Arbeitskreis . . . . .	255
9.6	Konsequenzen für die FFH-Ausnahmeprüfung . . . . .	229	11.3	Fachgespräche . . . . .	256
<b>10</b>	<b>Vermeidungs-, Schadensbegrenzungs- und Kohärenzmaßnahmen</b> . . . . .	230	<b>12</b>	<b>Offene Fragen und Ausblick</b> . . . . .	257
10.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	230	<b>13</b>	<b>Abbildungen</b> . . . . .	260
10.1.1	Maßnahmen zur Schadensbegrenzung . . . . .	230	<b>14</b>	<b>Tabellen</b> . . . . .	263
10.1.2	Maßnahmen zur Sicherung der Kohärenz . . . . .	235	<b>15</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	265
10.1.3	Konzeption von Maßnahmen . . . . .	236			
10.2	Emissionsminderung: Gradientenänderung/Tempolimit . . . . .	238		<b>Anhänge</b>	
10.3	Abschirmung: Immissionsschutzwände/-wälle . . . . .	238		<b>Anhang I:</b> Liste modellierter/empirischer FFH-spezifischer Critical Loads für Standort-/Vegetationstypen	
10.4	Maßnahmen zur Beeinflussung des N-Haushaltes durch Nutzung . . . . .	239		Anhang I-1a: Klimaregionaltypen in Deutschland	
10.4.1	Mahd . . . . .	245		Anhang I-1b: Hydromorphietypen nach bodenkundlicher Kartieranleitung KA5 (AG Boden 2005)	
10.4.2	Mulchen . . . . .	246		Anhang I-2: Liste der Critical Loads (CL(N)) für FFH-Lebensraumtypen	
10.4.3	Beweidung . . . . .	246		Anhang I-3: Liste der Critical Loads (CL(N)) für LRT-Standorttypen – Kurzfassung	
10.4.4	Plaggen, Schopfern . . . . .	248		Anhang I-4: Liste der Critical Loads (CL(N)) für LRT-Standort-/Vegetationstypen – Langfassung	
10.4.5	Kontrolliertes Brennen . . . . .	249		Anhang I-5: Liste der Critical Loads (CL(N)) für Anhang II-Arten	
10.4.6	Entkusseln . . . . .	249		Anhang I-6: Liste der Pflanzengesellschaften und Anzahl der im BERN-Modell genutzten Vegetationsaufnahmen	

Anhang I-7:	Liste der hochsteten Arten und der Charakterarten der Pflanzengesellschaften im BERN-Modell mit Ellenbergscher N- und R-Zahl	BVerwGE	Entscheidungssammlung des Bundesverwaltungsgerichts
		CCE	Coordination Centre for Effects
<b>Anhang II:</b>	Das DECOMP-Modell zur Ermittlung von Critical Loads	CL	Critical Load (siehe Glossar)
		CL(N)	Critical Load für versauernden und eutrophierenden Stickstoffeintrag
<b>Anhang III:</b>	Hinweise zur Ermittlung von Entwicklungszielen bei degradierten Standorten	CLemp(N)	Empirischer Critical Load
		CLnut(N)	Critical Load für eutrophierenden Stickstoffeintrag
<b>Anhang IV:</b>	Protokoll zum Fachgespräch mit externen Experten am 22./23. März 2011 beim BMVBS in Bonn	CLmax(N)	Critical Load für den versauernden Stickstoffeintrag
		CL(S+N)	Critical Load für den versauernden Schwefel- und Stickstoffeintrag
<b>Software-Tool</b>		CLe	Critical Level (siehe Glossar)
		CLe NH <sub>3</sub>	Critical Level für Ammoniak
		CLe NO <sub>x</sub>	Critical Level für Stickoxide
		C/N	Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff im Boden (C/N-Verhältnis)
		CORINE	Coordinated Information on the European Environment
<b>Abkürzungen</b>		EEA	European Environmental Agency (= Europäische Umweltagentur)
Anhang-II-Art	Pflanzen- oder Tierart gemäß Anhang II der FFH-Richtlinie	EHZ	Erhaltungszustand
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen	EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
Bc	Basische Kationen	EUNIS	European Nature Information System
BERN-Modell	Bioindication for Ecosystem Regeneration towards Natural conditions bzw. Bioindikative Ermittlung von Regenerationspotenzialen Natürlicher Ökosysteme (Modell der Firma ÖKO-DATA)	FE-Vorhaben	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
BfN	Bundesamt für Naturschutz	FFH-RL	FFH-Richtlinie oder Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie = Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen
BlmSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz	FFH-VP	FFH-Verträglichkeitsprüfung (siehe Glossar)
BlmSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung	Gg	Gigagramm (1 Gg entspricht 1.000 Tonnen)
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung		
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen		
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz		
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht		