

# **Modellierung von Phosphor- und Stickstoff- einträgen in Oberflächen- und Grundwasser im Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres und Ausweisung der Belastungsschwer- punkte**

Juni 2016



**Auftraggeber:**

NLWKN  
Betriebsstelle Sulingen  
Hans-Heinrich Schuster  
Am Bahnhof 1  
27232 Sulingen

**Auftragnehmer:**

**geofluss**

Ingenieurbüro für Umweltmanagement und Gewässerschutz  
Zur Bettfedernfabrik 1  
30451 Hannover  
[www.geofluss.de](http://www.geofluss.de)

**Bearbeiter:**

Dr.-Ing. Carsten Scheer

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Bildverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 <b>Aufbau des Berichtes</b>	<b>1</b>
<b>2 Methodik</b>	<b>3</b>
2.1 <b>Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer</b>	<b>3</b>
2.2 <b>Bilanzmodell</b>	<b>5</b>
2.3 <b>Betrachteter Zeitraum und Szenarien</b>	<b>7</b>
2.4 <b>Nährstofffrachten aus Pegeldaten</b>	<b>7</b>
2.5 <b>Retention im Gewässersystem</b>	<b>8</b>
2.6 <b>Methodik zur Ausweisung der Ziel- und Maßnahmenkulissen</b>	<b>9</b>
<b>3 Stickstoff- und Phosphoreinträge in Grund- und Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres</b>	<b>12</b>
3.1 <b>Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres (IST-Zustand)</b>	<b>12</b>
3.1.1 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1	17
3.1.2 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2	19
3.1.3 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3	21
3.1.4 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4	22
3.1.5 N-Bilanzüberschüsse im EZG des Zwischenahner Meeres	24
3.2 <b>Herkunft der Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres</b>	<b>25</b>
3.2.1 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Halfsteder Bäke	25
3.2.2 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Otterbäke	25
3.2.3 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Auebach	26
3.2.4 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Rand-EZG	27
3.2.5 Übersicht zu den Stickstoffeinträgen aus den einzelnen TEZG	28
3.3 <b>Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres (IST-Zustand)</b>	<b>29</b>
3.3.1 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1	35
3.3.2 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2	36
3.3.3 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3	38
3.3.4 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4	40
3.4 <b>Herkunft der Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres</b>	<b>42</b>
3.4.1 Phosphoreinträge aus dem TEZG Otterbäke	42
3.4.2 Phosphoreinträge aus dem TEZG Halfsteder Bäke	42
3.4.3 Phosphoreinträge aus dem TEZG Rand-EZG	43
3.4.4 Phosphoreinträge aus dem TEZG Auebach	44
3.4.5 Übersicht zu den Phosphoreinträgen aus den einzelnen TEZG	45
3.5 <b>Nährstofffrachten im EZG des Zwischenahner Meeres</b>	<b>46</b>

---

3.5.1	Bewertung der Modellergebnisse zu den Nährstofffrachten im EZG des Zwischenahner Meeres _____	48
<b>3.6</b>	<b>Wasserbilanz im EZG des Zwischenahner Meeres _____</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer im EZG des Zwischenahner Meeres und dominierende Eintragspfade _____</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Vorschläge für Ziel- und Maßnahmenkulissen im EZG des Zwischenahner Meeres hinsichtlich der N-Belastung (IST-Zustand) _____</b>	<b>51</b>
4.1.1	Einfluss der Szenarienberechnungen auf die Ziel- und Maßnahmenkulissen (N-Belastung) _____	53
<b>4.2</b>	<b>Dominierende N-Eintragspfade im EZG des Zwischenahner Meeres _____</b>	<b>55</b>
<b>4.3</b>	<b>Vorschläge für Ziel- und Maßnahmenkulissen im EZG des Zwischenahner Meeres hinsichtlich der P-Belastung (IST-Zustand) _____</b>	<b>56</b>
4.3.1	Einfluss der Szenarienberechnungen auf die Ziel- und Maßnahmenkulissen (P-Belastung) _____	59
<b>4.4</b>	<b>Dominierende P-Eintragspfade im EZG des Zwischenahner Meeres _____</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung _____</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>Literatur _____</b>	<b>69</b>

## Bildverzeichnis

Bild 1: EZG des Zwischenahner Meeres: Landnutzung nach ATKIS .....	3
Bild 2: EZG des Zwischenahner Meeres: Bodentypen nach BÜK 50 .....	4
Bild 3: Unterteilung des Untersuchungsgebietes Zwischenahner Meer .....	5
Bild 4: Datenfluss und wesentliche Berechnungsschritte im Bilanzmodell .....	6
Bild 5: Schematische Darstellung der 3 modellintern berücksichtigten Retentionsansätze .....	8
Bild 6: Modellergebnisse für die N-Einträge nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer (89,8 km <sup>2</sup> ) in [t/a].....	13
Bild 7: Modellergebnisse für die diffusen N-Einträge über Zwischenabfluss (links) und für die diffusen N-Einträge über Drainageabfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [t/ha] .....	14
Bild 8: Modellergebnisse für die diffusen N-Einträge über Grundwasserabfluss (links) und für die diffusen N-Einträge über den gesamten unterirdischen Abfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [t/ha].....	15
Bild 9: Modellergebnisse für die diffusen N-Einträge über Erosion (links) und für die diffusen N- Einträge über Direkteintrag (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [t/ha] .....	15
Bild 10: Modellergebnisse für die Summe der diffusen N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha].....	16
Bild 11: Modellergebnisse für die urbanen N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha].....	17
Bild 12: Modellergebnisse für die Summe der gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha].....	17
Bild 13: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [t/a] .....	18
Bild 14: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST- Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	19
Bild 15: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [t/a] .....	20
Bild 16: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST- Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	20
Bild 17: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [t/a] .....	21
Bild 18: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST- Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	22
Bild 19: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [t/a] .....	23
Bild 20: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST- Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	24
Bild 21: N-Saldo (N-Bilanzüberschuss) im EZG des Zwischenahner Meeres in [kg/ha] .....	24
Bild 22: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Halfsteder Bäke (32,6 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [t/a].....	25
Bild 23: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Otterbäke (30,3 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [t/a].....	26
Bild 24: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Auebach (16,0 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [t/a].....	27
Bild 25: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Rand-EZG (10,9 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [t/a].....	27

Bild 26: Herkunft der N-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Modellergebnisse für die einzelnen TEZG, gesamte N-Emissionen (links) und diffuse N-Emissionen (rechts), jeweils in [%] .....	28
Bild 27: Modellergebnisse für die P-Einträge nach Pfaden für das EZG Zwischenahner Meer (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer (95,2 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [kg/a].....	30
Bild 28: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über Drainageabfluss (links) und für die diffusen P-Einträge über Grundwasserabfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [kg/ha].....	30
Bild 29: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über Zwischenabfluss (links) und für die diffusen P-Einträge über den unterirdischen Abfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [kg/ha].....	31
Bild 30: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über Erosion (links) und für die diffusen P-Einträge über Direkteintrag (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [kg/ha] .....	32
Bild 31: Modellergebnisse für die Summe der diffusen P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha].....	33
Bild 32: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über urbane Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres in [kg/ha].....	33
Bild 33: Modellergebnisse für die Summe der gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha].....	34
Bild 34: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [t/a] .....	35
Bild 35: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	36
Bild 36: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [t/a] .....	37
Bild 37: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	38
Bild 38: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [t/a] .....	39
Bild 39: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	39
Bild 40: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [t/a] .....	41
Bild 41: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [kg/ha] .....	41
Bild 42: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Otterbäke (30,3 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [kg/a].....	42
Bild 43: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Halfsteder Bäke (32,6 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [kg/a].....	43
Bild 44: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Rand-EZG (10,9 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [kg/a].....	44
Bild 45: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km <sup>2</sup> , links) und das TEZG Auebach (16,0 km <sup>2</sup> , rechts), jeweils in [kg/a].....	45
Bild 46: Herkunft der P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Modellergebnisse für die einzelnen TEZG, gesamte P-Emissionen (links) und diffuse P-Emissionen (rechts), jeweils in [%] .....	46

Bild 47: Gesamtabfluss im EZG Zwischenahner Meer: Vergleich der Modellergebnisse mit dem Gebietsabfluss für mittlere Bedingungen im Zeitraum 1981 bis 2010 .....	50
Bild 48: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer. Links Bewertung der Konzentration pro TEZG [mg/l], rechts Bewertung der Flächenbelastung pro TEZG [kg/ha] .	51
Bild 49: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung .....	52
Bild 50: N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer. Links kombinierte Bewertung der punktuellen N-Belastung, rechts kombinierte Bewertung der gesamten N-Belastung .....	52
Bild 51: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 1 .....	53
Bild 52: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 2 .....	54
Bild 53: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 3 .....	54
Bild 54: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 4 .....	55
Bild 55: Dominierender Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die diffuse N-Belastung .....	55
Bild 56: Die beiden dominierenden N-Eintragspfade im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die diffuse N-Belastung .....	56
Bild 57: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer. Links Bewertung der Konzentration pro TEZG [mg/l], rechts Bewertung der Flächenbelastung pro TEZG [kg/ha] .	57
Bild 58: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung .....	57
Bild 59: Punktuelle P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung...	58
Bild 60: Gesamte P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung .....	58
Bild 61: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 1 .....	59
Bild 62: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 2 .....	60
Bild 63: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 3 .....	60
Bild 64: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 4 .....	61
Bild 65: Gesamte P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung nach Szenario 1, rechts Bewertung nach Szenario 2 .....	61
Bild 66: Gesamte P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung nach Szenario 3, rechts Bewertung nach Szenario 4 .....	62
Bild 67: Dominierender Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG: links für die diffuse P-Belastung der TEZG, rechts für die gesamte P-Belastung der TEZG .....	62
Bild 68: Die beiden dominierenden P-Eintragspfade im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die diffuse P-Belastung .....	63
Bild 69: Die beiden dominierenden P-Eintragspfade im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die gesamte P-Belastung .....	64

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: TEZG im Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer .....	4
Tabelle 2: Wesentliche Eingangsdaten für das Bilanzmodell .....	6
Tabelle 3: Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen: erforderliche Bewertungsparameter und resultierende Bewertungsgrößen ( <b>blau</b> markiert) für das EZG des Zwischenahner Meeres.....	10
Tabelle 4: Stufeneinteilung zur Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer.....	10
Tabelle 5: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014 (IST-Zustand) .....	12
Tabelle 6: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1 (Sz 1: MQ um 50 % erhöht) .....	18
Tabelle 7: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2 (Sz 2: MQ um 100 % erhöht).....	19
Tabelle 8: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3 (Sz 3: MQ um 25 % verringert).....	21
Tabelle 9: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4 (Sz 4: MQ um 50 % verringert).....	23
Tabelle 10: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden in den TEZG im EZG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014. 28	28
Tabelle 11: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014 (IST-Zustand).....	29
Tabelle 12: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1 (Sz 1: MQ um 50 % erhöht) .....	35
Tabelle 13: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2 (Sz 2: MQ um 100 % erhöht) .....	37
Tabelle 14: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3 (Sz 3: MQ um 25 % verringert) .....	38
Tabelle 15: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4 (Sz 4: MQ um 50 % verringert) .....	40
Tabelle 16: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden in den TEZG im EZG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014. 46	46
Tabelle 17: Modellergebnisse zu den gesamten N-Immissionen pro TEZG im EZG und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014. 47	47
Tabelle 18: Modellergebnisse zu den gesamten P-Immissionen pro TEZG im EZG und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014. 47	47
Tabelle 19: Kriterien für die Bewertung der Modellergebnisse der Nährstofffrachten (nach KUNST ET AL., 2004) .....	48
Tabelle 20: Bewertung der Modellergebnisse (Nährstoffimmissionen) anhand der ermittelten mittleren Stickstoff- und Phosphorfrachten für das TEZG Halfsteder Bäke.....	48
Tabelle 21: Ergebnisse des Moduls Wasserbilanz für das EZG Zwischenahner Meer für mittlere Klima- und Abflussbedingungen (Zeitraum 1981 bis 2010) .....	49

# 1 Einleitung

Für das Zwischenahner Meer liegen bisher keine Angaben zu diffusen Nährstoffeinträgen aus dem oberirdischen Einzugsgebiet vor. Diese Wissenslücke soll durch eine Modellierung von Phosphor- und Stickstoffeinträgen in Oberflächen- und Grundwasser im Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres geschlossen werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Modellierung sollen Vorschläge für eine Ziel- und Maßnahmenkulisse abgeleitet werden. Diese sollen dem Ziel „Schutz der Oberflächengewässer vor Nährstoffausträgen aus diffusen Quellen, differenziert für P und N“ dienen.

Das diesem Vorhaben zugrundeliegende Werkzeug besteht aus einem ursprünglich im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums entwickelten Bilanzierungsmodell (SCHEER ET AL., 2007; PANCKOW, 2008). Die wesentlichen Modelleigenschaften bestehen in der kleinräumigen Berücksichtigung von eintragsrelevanten Standorteigenschaften für eine pfadnutzungsdifferenzierte Ermittlung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge zur Ausweisung von Belastungsschwerpunkten. Eine Weiterentwicklung und niedersachsenweite Anpassung des Modells im Auftrag des NLWKN wurde Anfang 2012 fertiggestellt (Bearbeiter Dr. Carsten Scheer und Dr. Nikolai Panckow - Ingenieurbüro geofluss).

Um aktuelle Erkenntnisse über die Belastungssituation insbesondere der Oberflächengewässer zu bekommen, wurde daher zunächst das Bearbeitungsgebiet des Zwischenahner Meeres mit dem LUH-Bilanzmodell modelliert. Die hierbei durch eine Analyse der pfadnutzungsspezifischen Belastungssituation der diffusen Nährstoffeinträge erzielten Ergebnisse sollen die Grundlage für die zu erfolgende Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen darstellen.

Die Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für das EZG des Zwischenahner Meeres soll dabei differenziert für N- und P-Belastungen erfolgen.

Zu beachten ist, dass bei den Modellierungen keine bereits im Untersuchungsgebiet etablierten Maßnahmen zur Verminderung von Nährstoffeinträgen in Oberflächengewässer berücksichtigt wurden.

## 1.1 Aufbau des Berichtes

Der Aufbau des vorliegenden Berichtes stellt sich wie folgt dar.

Nach einer kurzen Beschreibung des Untersuchungsgebietes (Kap. 2.1) folgen Angaben zum verwendeten Bilanzmodell, zum betrachteten Zeitraum, zu den gerechneten Szenarien, zur Ermittlung von Nährstofffrachten sowie zur Retention im Gewässersystem (Kap. 2.2 bis 2.5).

Weiterhin wird in Kap. 2.6 die entwickelte Methodik zur Ausweisung von Zielkulissen für Oberflächengewässer vorgestellt. Kap. 3 sind die Ergebnisse der Modellanwendungen für das EZG des Zwischenahner Meeres zu entnehmen. Sie werden eintragspfadspezifisch und differenziert für die verschiedenen Teileinzugsgebiete (TEZG) und Szenarien vorgestellt und eingeordnet.

Von besonderer Bedeutung für die in diesem Projekt verfolgten Ziele ist das Kap. 4. Im Sinne einer pfadnutzungsbezogenen Belastungsanalyse des betrachteten Einzugsgebietes des

Zwischenahner Meeres werden dort die mit dem Bilanzmodell ermittelten Nährstoffbelastungen einer mehrstufigen Bewertung unterzogen. Dieses Vorgehen ermöglicht eine Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für das EZG des Zwischenahner Meeres. Als räumliche Bewertungsgrößen fungieren dabei die hydrologischen Teileinzugsgebiete. Für letztere werden zudem die jeweils dominierenden Eintragspfade identifiziert und vorgestellt; diese Angabe ermöglicht es zielgerichtete Maßnahmen zur effektiven Verminderung der Nährstoffbelastung abzuleiten.

Abschließend erfolgt in Kap. 5 eine kurze Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse dieses Vorhabens.

## 2 Methodik

### 2.1 Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer

Das Untersuchungsgebiet (UG) Zwischenahner Meer gehört zum Bearbeitungsgebiet 4 (Leda-Jümme) und liegt im Nordwesten Niedersachsens im Landkreis Ammerland, ca. 15 km nordwestlich von Oldenburg und 9 km südöstlich von Westerstede. Das Zwischenahner Meer ist der drittgrößte See in Niedersachsen, er gehört zur Gemeinde Bad Zwischenahn und ist ein Zentrum für den Fremdenverkehr mit überregionaler Bedeutung.

Nach NLWKN (2010) sind die Hauptzuflüsse des Zwischenahner Meeres die Halfsteder Bäke mit den Zuläufen Bokeler- und Nutteler Bäke, die Otterbäke mit dem Zulauf Heller Bäke und der Auebach. Diese drei Zuflüsse sind als prioritäre Fließgewässer der Priorität 6 klassifiziert. Insgesamt ergibt sich zusammen mit der Seefläche von etwa 5,4 km<sup>2</sup> ein oberirdisches Gesamteinzugsgebiet von 95,3 km<sup>2</sup> für das UG Zwischenahner Meer.

Bild 1 zeigt die Landnutzung nach ATKIS DLM 3 im Untersuchungsgebiet des Zwischenahner Meeres. Deutlich zu erkennen ist die große Wasserfläche des Zwischenahner Meeres, die ca. 5,5 % des gesamten Untersuchungsgebietes (UG; inkl. der Seefläche) ausmacht. Wird dagegen nur das Einzugsgebiet (EZG; ohne Seefläche) des Zwischenahner Meeres betrachtet, zeigt sich eine recht starke landwirtschaftliche Nutzung, wobei Grünlandflächen 34,2 % und Ackerflächen 21,2 % der Gesamtfläche des EZG ausmachen. Weitere relevante Landnutzungen im EZG stellen Siedlungen mit 19,6 %, Waldflächen mit 17,4 % und Baumschulen mit 6 % dar. Die größten Siedlungen im Untersuchungsgebiet sind Bad Zwischenahn (inkl. des Ortsteils Rostrup) und Wiefelstede.

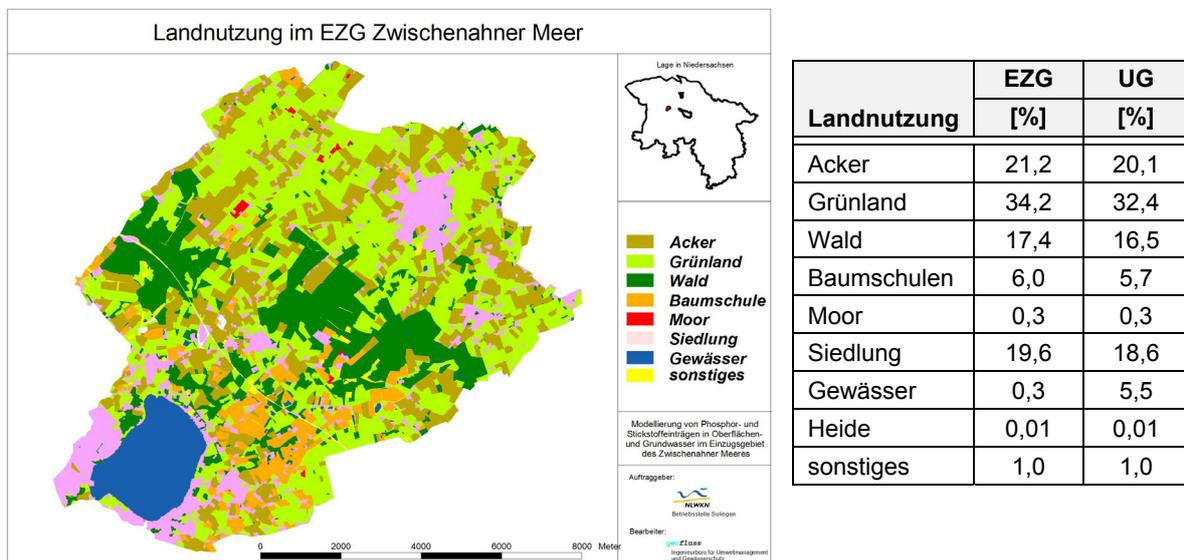


Bild 1: EZG des Zwischenahner Meeres: Landnutzung nach ATKIS

Besonders zu beachten sind im EZG des Zwischenahner Meeres die flächenmäßig bedeutenden (ehemaligen) Hochmoorflächen. Sie umfassen laut BÜK 50 ein Gebiet von etwa 8,8 km<sup>2</sup> (vgl. Bild 2 und Tabelle 1), wovon ca. 7,8 km<sup>2</sup> heute in landwirtschaftlicher Nutzung sind (zu über 85 % als Grünland). In Bild 1 sind diese Flächen als Grün- bzw. Ackerland dargestellt. Wie Tabelle 1 zu entnehmen ist, liegt der mit Abstand größte Anteil dieser ehemaligen Hochmoorflächen im TEZG Otterbäke (Otterbäks- und Hellermoor mit 654 ha, davon 599 ha in landwirtschaftlicher Nutzung, vor allem als Grünland). Aber auch im TEZG Rand-

EZG sind diese ehemaligen Hochmoore (Richtmoor) mit 157 ha (davon 128 ha landwirtschaftlich genutzt, weitgehend als Grünland) von Bedeutung. Im TEZG Auebach liegt das Wiefelsteder Moor (55 ha, davon 37 ha in landwirtschaftlicher Nutzung), im TEZG Halfsteder Bäke ein kleiner Teil des Richtmoors (knapp 18 ha, davon 11 ha in landwirtschaftlicher Nutzung).

Aufgrund der räumlich ausgeprägten landwirtschaftlichen Nutzung ist im EZG Zwischenahner Meer mit relevanten diffusen Nährstoffeinträgen zu rechnen (insbesondere - aber nicht nur - von den genannten ehemaligen Hochmoorflächen).

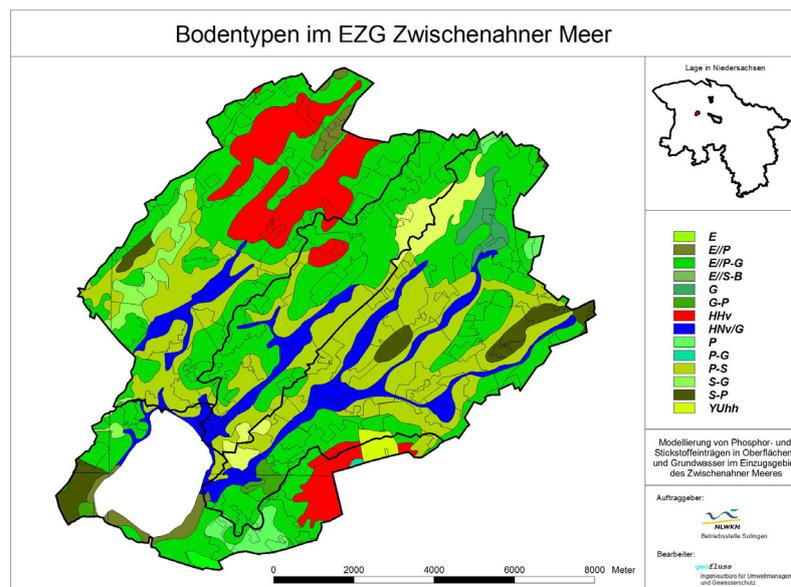


Bild 2: EZG des Zwischenahner Meeres: Bodentypen nach BÜK 50

Auf Grundlage der im Untersuchungsgebiet des Zwischenahner Meeres vorhandenen oberirdischen Teileinzugsgebiete (TEZG) wurde das Gebiet in 4 zufließende Teilgebiete unterteilt (s. Bild 3 und Tabelle 1). Die flächenmäßig größten Teilgebiete sind das TEZG Halfsteder Bäke und das TEZG Otterbäke mit 32,6 bzw. 30,4 km<sup>2</sup>. Hinzu kommen die TEZG Auebach und Rand-EZG mit 16 bzw. 10,9 km<sup>2</sup>. Somit umfasst das EZG Zwischenahner Meer insgesamt knapp 90 km<sup>2</sup>. Weiterhin ist zu beachten, dass das Zwischenahner Meer selbst mit einer Größe von 5,4 km<sup>2</sup> als Bilanzgebiet betrachtet wurde, da hier zumindest Nährstoffeinträge über atmosphärische Deposition zu erwarten sind. Inklusive des Zwischenahner Meeres ergibt sich das Untersuchungsgebiet (UG) Zwischenahner Meer, dass 95,3 km<sup>2</sup> umfasst.

Im EZG Zwischenahner Meer liegt eine Gewässergütemessstelle im Unterlauf der Halfsteder Bäke, womit zumindest für dieses TEZG auch Frachtberechnungen möglich sind (vgl. Kap. 2.4).

Tabelle 1: TEZG im Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer

Bilanzgebiet bzw. TEZG	TEZG-Nr.	Größe [ha]	Lage	Anteil HHv als LNF [ha]
Otterbäke	1	3043	im Norden des EZG	599
Auebach	2	1598	im Nordosten des EZG	37
Halfsteder Bäke	3	3260	im Osten des EZG	11
Rand-EZG	4	1090	im Süden des EZG	128
Zwischenahner Meer	-	543	im Süden des EZG	-

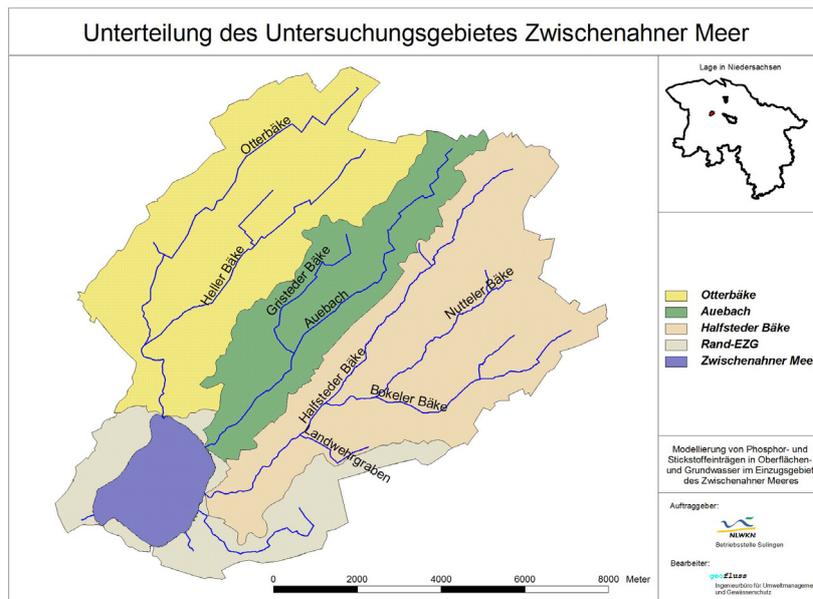


Bild 3: Unterteilung des Untersuchungsgebietes Zwischenahner Meer

## 2.2 Bilanzmodell

Das LUH-Bilanzierungsmodell wurde ursprünglich im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums entwickelt (SCHEER ET AL., 2007; PANCKOW, 2008). Eine Weiterentwicklung und niedersachsenweite Anpassung des Modells im Auftrag des NLWKN wurde Anfang 2012 fertiggestellt (Bearbeiter Dr. Carsten Scheer und Dr. Nikolai Panckow - Ingenieurbüro geofluss). Dieser Modellansatz stellt die Berechnungsgrundlage für die Bearbeitung der Fragestellung dar.

Das Bilanzmodell arbeitet auf Rasterbasis mit einer Auflösung von 1 ha und ermittelt die Stickstoff- und Phosphoreinträge sowie die Wasserflüsse für jedes Raster. Darüber hinaus wird die Retention im Gewässersystem berücksichtigt. Berechnet werden die diffusen Eintragspfade Grundwasser, Zwischenabfluss, Drainageabfluss, Erosion, Abschwemmung und Direkteintrag, welche jeweils differenziert für die verschiedenen Landnutzungen (Ackerland, Grünland, Wald, städtische Flächen usw.) abgebildet werden. Berücksichtigung finden darüber hinaus auch die Punktquellen. Sie sind für die Gesamtbilanzierung erforderlich. Für die weiterführende Analyse der Eintragungssituation sind im Bilanzmodell diverse Auswertungen implementiert. Sie erlauben es die Wasser- und Stoffflüsse nach Bilanzgebiet, Kreis, Gemeinde, Ackerschlag, Raster oder Landnutzung auszuwerten. Insgesamt ermöglichen die Bewertungsroutinen eine Ausweisung von Hot Spots und liefern somit wertvolle Grundlagen für eine effektive Maßnahmenplanung. Weiterhin ist in das Bilanzierungsmodell ein Szenarienmodul implementiert, welches es erlaubt, mit direktem räumlichen Bezug zu den Belastungsschwerpunkten und unter Berücksichtigung der jeweils relevanten Eintragspfade gezielt differenzierte Szenarien (Bewirtschaftungsmaßnahmen) zur Verminderung der Nährstoffeinträge in die Gewässer zu berechnen. Derartige Szenarien ermöglichen Prognosen über die Effektivität der Maßnahmen und über den erforderlichen Zeitraum bis zur Zielerreichung gemäß der EG-WRRL.

Die wesentlichen Modelleigenschaften bestehen in der kleinräumigen Berücksichtigung von eintragsrelevanten Standorteigenschaften für eine pfadnutzungsdifferenzierte Ermittlung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge zur Ausweisung von Belastungsschwerpunkten. Der

Datenfluss und wesentliche Berechnungsschritte im Bilanzmodell sind in Bild 4 schematisch dargestellt.

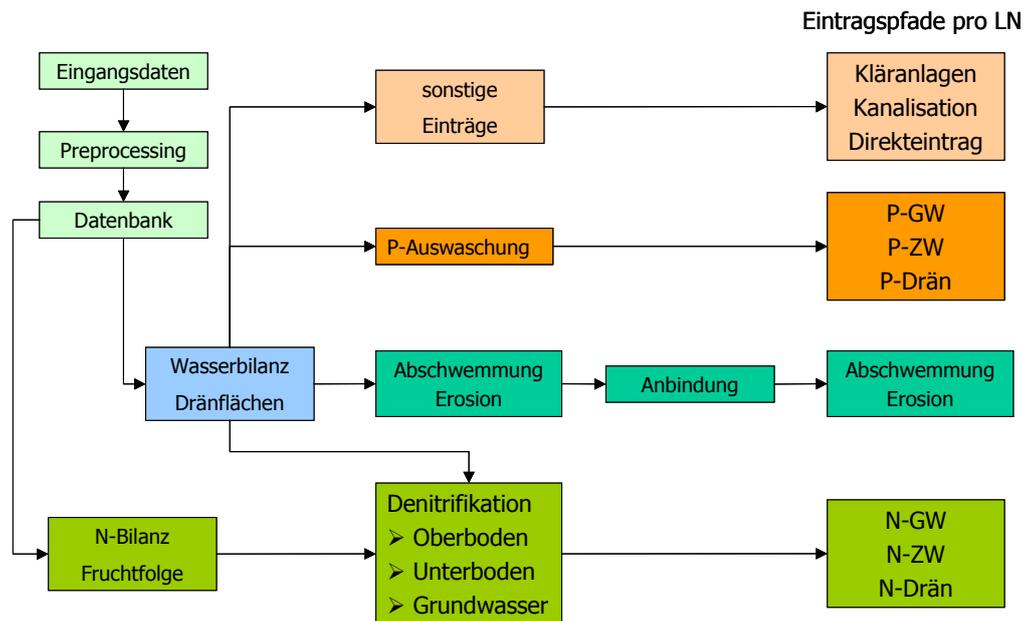


Bild 4: Datenfluss und wesentliche Berechnungsschritte im Bilanzmodell

Die Modellanwendung erfordert detaillierte Eingangsdaten in Form von digitalen Karten sowie tabellarische Daten. Eine Übersicht der für die Modellanwendung wesentlichen Eingangsdaten ist in Tabelle 2 aufgeführt. Hierzu ist anzumerken, dass die Anbauflächen der Kulturarten auf Basis von SLA-Daten der Jahre 2011 und 2013 ermittelt wurden.

Tabelle 2: Wesentliche Eingangsdaten für das Bilanzmodell

Eingangsdaten	Format
Flächenaufgelöste Boden-Datenbank nach BÜK50n u.a. mit Horizontdaten	Datenbank und Shape
Pegeldaten für das Gesamtgebiet und Teilgebiete (Lage)	Shape
Anbauflächen und Erträge der Kulturarten pro Gemeinde	Tabelle
Viehzahlen pro Gemeinde nach Viehzählung 2010	Tabelle
Gebietsgrenzen (EZG, Bundesland, Gemeinde, Kreis, TEZG, Grundwasserkörper)	Shape
Regionalisierte langjährige Klimadaten (Niederschlag, Verdunstung)	Shape
Landnutzung nach ATKIS (Objektart-Nr., VEG-Nr., FKT.-Nr.)	Shape
Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum	Shape
DGM 5 bzw. 50 (hieraus Ableitung der Ausrichtung und Hangneigung)	Shape
Angaben zu Drainageflächen (sonst modellinterne Ableitung)	(Shape)
Kenndaten der Bilanzgebiete (u.a. Lage, Gewässerlängen, Abflüsse, Seenfläche)	Shape, Tabelle
Kenndaten Gemeinde (u.a. Einwohner, Flächenanteile außerhalb des EZG)	Shape, Tabelle
Kenndaten Kläranlagen (Abwassermenge, Ablaufwerte, Lage)	Shape, Tabelle
Kenndaten Kreise (z.B. Anteil Mischkanalisation)	Tabelle
an Kläranlagen bzw. Kanalisationen angeschlossene Einwohner pro TEZG	Tabelle
Gewässernetz (Hauptgewässer, Nebengewässer und Gräben)	Shape

Mit dem LUH-Bilanzmodell steht ein anwendungsfreundliches Instrument zu Verfügung, mit dem wesentliche Anforderungen der WRRL und der wasserwirtschaftlichen Praxis erfüllt werden können.

Eine ausführliche Dokumentation der Modellgrundlagen und integrierten Berechnungsansätze ist SCHEER ET AL. (2007), PANCKOW, N. (2008) und SCHEER, C. & PANCKOW, N. (2012) zu entnehmen.

### 2.3 Betrachteter Zeitraum und Szenarien

Für das Untersuchungsgebiet des Zwischenahner Meeres wurden als Betrachtungszeitraum die Jahre 2010 bis 2014 gewählt (aus diesem Zeitraum stammen die verwendeten Agrardaten zu den Anbauflächen der Kulturarten und den Viehzahlen pro Gemeinde, vgl. Kap. 2.2). Ziel war es, die mittlere Nährstoffeintragsituation dieses Zeitraumes abzubilden.

Neben der Hauptberechnung zur Abbildung des (mittleren) IST-Zustandes wurden insgesamt 4 Szenarien berechnet, die nachfolgend aufgeführt werden:

- in **Szenario 1** wurde der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres um 50 % erhöht.
- in **Szenario 2** wurde der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres verdoppelt.
- in **Szenario 3** wurde der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres 25 % niedriger angesetzt.
- in **Szenario 4** wurde der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres halbiert.

### 2.4 Nährstofffrachten aus Pegeldata

Für das Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer liegen lediglich Abflussmessungen für den Pegel Aschhausen im TEZG Halfsteder Bäke vor. Regelmäßige Gewässergüteuntersuchungen (zumindest einmal pro Monat) wurden zudem nur an der Messstelle Halfstede im TEZG Halfsteder Bäke durchgeführt; in den TEZG Otterbäke und Auebach erfolgten dagegen in den meisten Jahren nur 6 Gewässergüteuntersuchungen.

Folglich lassen sich lediglich für das TEZG Halfsteder Bäke hinreichend genau Nährstofffrachten für einen Frachtabgleich mit den Modellergebnissen ermitteln.

Zur Bestimmung der mittleren Nährstofffracht im TEZG Halfsteder Bäke wurde dabei auf eine Methodik nach OSPAR (1996) zurückgegriffen:

$$L_{J,N,P} = \frac{Q_{TGL}}{Q_{ME\beta}} \cdot \left( \frac{1}{J} \cdot \sum_{n=1}^J CT_{N,P} \cdot Q_t \cdot U_f \right)$$

- Mit:
- $L_{J,N,P}$  = jährliche Stickstoff- bzw. Phosphorfracht [g/s],
  - $Q_{TGL}$  = mittlerer jährlicher Abfluss täglicher Durchflussmessungen [ $m^3/s$ ],
  - $Q_{ME\beta}$  = mittlerer jährlicher Abfluss für die Tage der Gütemessungen im Untersuchungszeitraum [ $m^3/s$ ],
  - $n$  = Anzahl der Messwerte pro Jahr  $J$ ,
  - $CT_{NP}$  = Stickstoff- bzw. Phosphorkonzentration zum Messzeitpunkt  $t$  [mg/l],
  - $Q_t$  = Abfluss zum Messzeitpunkt  $t$  [ $m^3/s$ ] und
  - $U_f$  = Umrechnungsfaktor vom Durchfluss- zum Gütepegel.

Diese Methode war bei einer Untersuchung von LITTLEWOOD (1995) die einzige, die weitgehend zuverlässige Ergebnisse lieferte. Diesen positiven Befund bestätigen auch BEHRENDT ET AL. (1999).

#### Abschätzung des Gebietsabflusses:

Zur Abschätzung des Gebietsabflusses im EZG Zwischenahner Meer wurde mangels konkreter Messungen auf Angaben aus dem Seebericht Zwischenahner Meer (NLWKN, 2010) zurückgegriffen. Demnach beträgt die jährliche (mittlere) Wasserfracht der Zuläufe 29.000.000 m<sup>3</sup> (Bezirksregierung Weser-Ems, 1995); hieraus ergibt sich ein Gesamtabfluss für das EZG des Zwischenahner Meeres von etwa 0,92 m<sup>3</sup>/s.

## 2.5 Retention im Gewässersystem

Der im Bilanzmodell etablierte Ansatz zur Berücksichtigung der Retention beruht im Wesentlichen auf Angaben von BEHRENDT & OPITZ (2000) und VENOHR ET AL. (2005).

Das Prinzip dieses Berechnungsansatzes für die Retention im Gewässersystem besteht darin, die hydraulische Belastung des Systems als Maß für die Retention zu verwenden.

Berücksichtigt werden hierzu die Gewässerfläche als Maß für den Reaktionsraum sowie die Abflussmenge (jeweils getrennt für Haupt- und Nebenflüsse pro Bilanzgebiet) als Maß für die Reaktionszeit.

Realisiert wurden getrennte Retentionsansätze für Haupt- und Nebenflüsse sowie für die verschiedenen Nährstoffeinträge:

- Retentionsansatz für die Hauptflüsse HF (Fracht vom oberhalb gelegenen BG und punktuelle Einträge direkt in die HF),
- Retentionsansatz für die Nebenflüsse und das Grabensystem NF (diffuse Einträge im Bilanzgebiet BG) und
- Retentionsansatz für punktuelle Einträge und urbane Einträge, die nicht direkt in die HF eingeleitet werden (MW, Mittelwert der erstgenannten Ansätze).

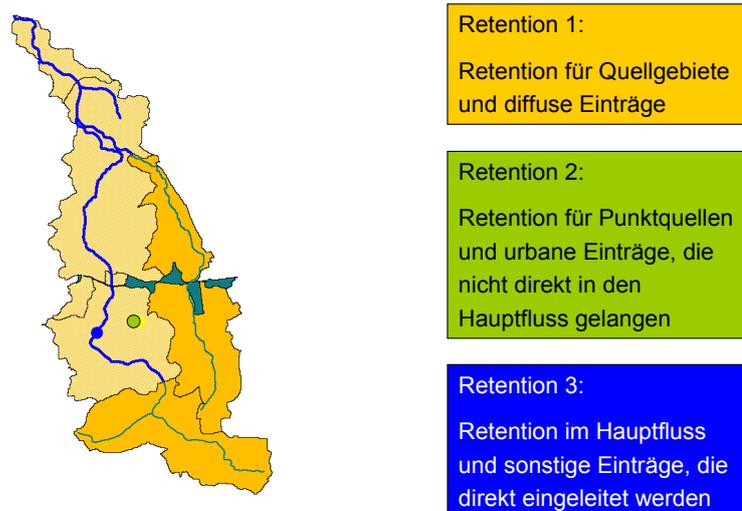


Bild 5: Schematische Darstellung der 3 modellierten berücksichtigten Retentionsansätze

Anhand von Bild 5 werden im Folgenden die verschiedenen Retentionsansätze erläutert:

Zuerst werden die Bilanzgebiete in Quellgebiete (der Hauptflüsse, dunkelorange in Bild 5) und sonstige Gebiete (hellorange in Bild 5) differenziert.

Für die Quellgebiete wird für **alle** Einträge in Anlehnung an FOGELBERG (2003) der Retentionsansatz für die Nebenflüsse verwendet. In den sonstigen Gebieten gilt dieser Ansatz nur für die diffusen Einträge.

In letzteren Gebieten werden zudem für die punktuellen Einträge je nach Herkunft 2 verschiedene Retentionsansätze verwendet: liegt der Herkunftsort direkt am Hauptfluss, wird der Retentionsansatz für den Hauptfluss verwendet; ist dies nicht der Fall, wird der Mittelwert der beiden Retentionsansätze angewendet.

Zusätzlich wird in den sonstigen Gebieten, die alle unterhalb einer Quellregion liegen, noch eine Retention der von oberhalb resultierenden Fracht im Hauptfluss durch den entsprechenden Retentionsansatz berücksichtigt. Das bedeutet, dass die Fracht aus z.B. Quellgebiet 1 in jedem flussabwärts folgenden Bilanzgebiet einer weiteren Retention ausgesetzt ist und sich umso mehr verringert, desto weiter die Fließstrecke ist.

## 2.6 Methodik zur Ausweisung der Ziel- und Maßnahmenkulissen

Die Methodik zur Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer wurde vom Auftragnehmer in enger Abstimmung mit dem NLWKN Hannover entwickelt. Als entscheidende Bewertungskriterien fungieren hierbei Zielkonzentrationen für die Parameter N-Gesamt und P-Gesamt. Diese **Zielkonzentrationen** (als Immissionen) wurden vom NLWKN für das Zwischenahner Meer mit **2,8 mg/l für N-Gesamt** und **0,05 mg/l für P-Gesamt** vorgegeben.

Auf Basis dieser Zielkonzentrationen wurden als zusätzliche Bewertungskriterien (unter Berücksichtigung der langjährigen mittleren Abflüsse sowie der Einzugsgebietsgrößen) pro Pegelinzugsgebiet **Zielfrachten** für die Parameter **N und P in kg/ha** (als Immissionen) ermittelt. Das Vorgehen hierbei ist der nachstehenden Formel zu entnehmen:

$$\text{Zielfracht [kg/ha]} = \frac{\text{Zielkonzentration [mg/l]} \cdot \text{Abfluss [l]}}{\text{EZG [ha]} \cdot 1.000.000}$$

Insgesamt stehen somit 4 Bewertungskriterien zur Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer zur Verfügung.

Um eine räumlich angemessen hohe Auflösung zu erreichen, wurden als räumliche Bewertungsgröße die hydrologischen TEZG ausgewählt.

Die räumlich differenzierte Ausweisung der Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer erfolgt auf Grundlage der im Rahmen dieses Projektes erzielten Modellergebnisse (s. Kap. 3) für die jeweiligen hydrologischen TEZG des Einzugsgebietes. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die hochaufgelöste Ausweisung der N- und P-Belastungen vom Modell jeweils als Emission erfolgt. Es war daher erforderlich, die oben vorgestellten Bewertungskriterien (die als Immissionen definiert wurden) in jeweils gebietstypische Emissionen umzurechnen. Dieses geschieht unter Berücksichtigung der vom verwendeten Modellansatz pro Bilanzgebiet ermittelten mittleren Retention (Emissionswert = Immissionswert / Retentionsfaktor, zur Methodik der Retentionsberechnung s. Kap. 2.5). Da die Retentionsfaktoren der einzelnen Bilanzgebiete innerhalb eines EZG unterschiedliche Werte aufweisen (je weiter oberhalb ein BG liegt, desto höher ist in der Regel die Retention und desto kleiner wird folg-

lich der Retentionsfaktor), ergeben sich in Abhängigkeit der Lage der Bilanzgebiete im EZG differenzierte Zielwerte für die Emissionen.

Alle erforderlichen Bewertungsparameter sind für das EZG des Zwischenahner Meeres in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen: erforderliche Bewertungsparameter und resultierende Bewertungsgrößen (**blau** markiert) für das EZG des Zwischenahner Meeres

Immission						
TEZG	Größe [ha]	Abfluss [m <sup>3</sup> /s]	Ziel Konz. N [mg/l]	Ziel Konz. P [mg/l]	Ziel Fracht N [kg/ha]	Ziel Fracht P [kg/ha]
Otterbäke	3034,2	0,339	2,8	0,05	9,86	0,18
Auebach	1597,7	0,175	2,8	0,05	9,67	0,17
Halfsteder Bäke	3259,6	0,369	2,8	0,05	10,01	0,18
Rand-EZG	1089,6	0,121	2,8	0,05	9,82	0,18
Emission						
TEZG	Retentionsfaktor N	Retentionsfaktor P	Ziel Konz. N [mg/l]	Ziel Konz. P [mg/l]	Ziel Fracht N [kg/ha]	Ziel Fracht P [kg/ha]
Otterbäke	0,8543	0,8694	<b>3,28</b>	<b>0,058</b>	<b>11,54</b>	<b>0,20</b>
Auebach	0,8839	0,9186	<b>3,17</b>	<b>0,054</b>	<b>10,94</b>	<b>0,19</b>
Halfsteder Bäke	0,8797	0,9123	<b>3,18</b>	<b>0,055</b>	<b>11,38</b>	<b>0,20</b>
Rand-EZG	0,9063	0,9484	<b>3,09</b>	<b>0,053</b>	<b>10,83</b>	<b>0,18</b>

Die abschließende Bewertung der Belastungssituation sowie die Ausweisung von (Vorschlägen für) Ziel- und Maßnahmenkulissen wurde für das EZG Zwischenahner Meer auf räumlicher Ebene der TEZG unter Berücksichtigung der Modellergebnisse, der in Tabelle 3 vorgestellten Bewertungskriterien sowie unter Verwendung der in Tabelle 4 dargestellten Stufeneinteilung durchgeführt.

Tabelle 4: Stufeneinteilung zur Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer

Stufe	Belastung	Zielkulisse	Bewertungsbereich
1	sehr gering	nein	bis Faktor 0,5 des Zielwertes
2	gering	nein	bis Faktor 1,33 des Zielwertes
3	mäßig	ja	bis Faktor 2,0 des Zielwertes
4	hoch	ja	bis Faktor 4,0 des Zielwertes
5	sehr hoch	ja	mehr als Faktor 4 des Zielwertes

Hierbei wurden zunächst (jeweils für N und P) die einzelnen Parameter Konzentration in mg/l und Flächenbelastung in kg/ha nach den oben genannten Kriterien bewertet. Zur Ausweisung der (Vorschläge für) Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer wurden abschließend die zuvor erzielten Ergebnisse der Einzelbewertungen für die Konzentration und die Flächenbelastung zu einer kombinierten Bewertung zusammengefasst, wobei die schlechtere Einzelbewertung eine erhöhte Bedeutung bekommt. Diese erhöhte Bedeutung wird anhand der folgenden Beispiele erläutert:

- die Einzelbewertungen weisen die Stufen 2 und 3 auf, die kombinierte Bewertung die Stufe 3,
- die Einzelbewertungen weisen die Stufen 2 und 5 auf, die kombinierte Bewertung die Stufe 4.

Zu beachten ist hierbei der Bewertungsbereich von Stufe 2 (geringe Belastung, noch keine Ziel- und Maßnahmenkulissen erforderlich): er reicht nicht genau bis zum Zielwert (also den vorgegebenen Ziel- bzw. Grenzkonzentrationen von 2,8 mg/l für N-Gesamt und 0,05 mg/l für P-Gesamt und den hieraus ermittelten Ziel- bzw. Grenzfrachten), sondern bis zum 1,33-fachen des Zielwertes (s. Tabelle 4). Diese Erhöhung ist folgendermaßen begründet:

- eine geringfügige Überschreitung des Zielwertes pro TEZG kann akzeptiert werden und muss nicht sofort zur Ausweisung einer Ziel- und Maßnahmenkulissen führen,
- die Ausweisung der Ziel- und Maßnahmenkulissen erfolgt auf Basis von Modellergebnissen. Es ist daher geboten gewisse Modellunsicherheiten in die Bewertung einzubeziehen.

Die für die einzelnen Betrachtungsräume vorgeschlagenen Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer sind dem Kap. 4 zu entnehmen.

### 3 Stickstoff- und Phosphoreinträge in Grund- und Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres

Nachfolgend werden die Modellergebnisse für die Stickstoff- und Phosphoreinträge in Grund- und Oberflächengewässer im Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres vorgestellt. Zu beachten ist dabei erstens, dass es sich bei den detaillierten Modellergebnissen um Emissionen (also Nährstoffeinträge) handelt (und nicht um Immissionen, also Nährstofffrachten). Zweitens werden die Modellergebnisse grundsätzlich - sofern nicht ausdrücklich anders angegeben - auf das EZG des Zwischenahner Meeres bezogen und nicht auf die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes inkl. der Wasserfläche des Zwischenahner Meeres.

#### 3.1 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres (IST-Zustand)

Die unter Verwendung der zur Verfügung gestellten Daten erzielten Ergebnisse der Quantifizierung der diffusen und punktuellen Stickstoffeinträge bei mittleren Bedingungen (IST-Zustand) für das EZG und das Untersuchungsgebiet (UG) des Zwischenahner Meeres im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014 sind Tabelle 5 zu entnehmen. Bezogen auf das EZG wurden N-Emissionen von insgesamt 233 t/a ermittelt, wovon 223 t/a den diffusen N-Einträgen zuzuordnen sind (fast 96 % aller N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer). Die restlichen 9,9 t/a werden im EZG des Zwischenahner Meeres durch punktuelle N-Einträge verursacht (urbane Einträge, also über Kanalisationen und Kleinkläranlagen). Wird dagegen das gesamte Untersuchungsgebiet (UG) betrachtet, also inkl. der Wasserfläche des Zwischenahner Meeres, zeigt sich, dass die Direkteinträge an Bedeutung zunehmen: sie betragen nun 16,8 t/a (und somit fast 7 % der gesamten N-Einträge in das Zwischenahner Meer). Verursacht wird diese Zunahme der Direkteinträge von ca. 14 t/a durch atmosphärische N-Deposition direkt auf die Seefläche des Zwischenahner Meeres.

Tabelle 5: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014 (IST-Zustand)

Eintragspfad	EZG Zwischenah. Meer		UG Zwischenah. Meer (inkl Seefläche)	
	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]
Direkteinträge	2,8	1,2	16,8	6,8
Abschwemmung	0,2	0,1	0,2	0,1
Erosion	1,5	0,7	1,5	0,6
Grundwasser	45,9	19,7	45,9	18,6
Zwischenabfluss	<b>94,8</b>	<b>40,7</b>	<b>94,8</b>	<b>38,4</b>
Dränagen	<b>77,8</b>	<b>33,4</b>	<b>77,8</b>	<b>31,5</b>
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	9,9	4,3	9,9	4,0
Summe diffus	<b>223</b>	<b>95,7</b>	<b>237</b>	<b>96,0</b>
Summe punktuell	9,9	4,3	9,9	4,0
Summe	233	100	247	100

Bild 6 zeigt die N-Einträge nach Pfaden für das EZG des Zwischenahner Meeres in t/a. Deutlich zu erkennen ist, dass die zwei schnell abfließenden unterirdischen N-Eintragspfade Zwischen- und Dränageabfluss das Eintragsgeschehen dominieren: über sie resultieren N-

Emissionen von in der Summe fast 173 t/a (Zwischenabfluss: fast 95 t/a, Drainageabfluss knapp 78 t/a); dies entspricht 74 % aller N-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres. Zusammen mit den knapp 46 t über den dritten unterirdischen Abflusspfad Grundwasser, der im Gegensatz zu den zuvor genannten (sehr) langsam abfließt, resultieren 94 % aller N-Emissionen (fast 219 t/a) über diese drei diffusen unterirdischen N-Eintragspfade. Folglich sind alle anderen diffusen N-Eintragspfade im EZG Zwischenahner Meer weitgehend unbedeutend.

Letzteres gilt auch für die punktuellen N-Einträge, die nicht einmal 10 t/a (gut 4 % aller N-Emissionen) ausmachen. Berücksichtigt sind hierbei vor allem Abschwemmungen von versiegelten Flächen, die über Kanalisationen abfließen sowie Einträge über Kleinkläranlagen (Kläranlagen sind laut Seebericht im EZG nicht vorhanden).

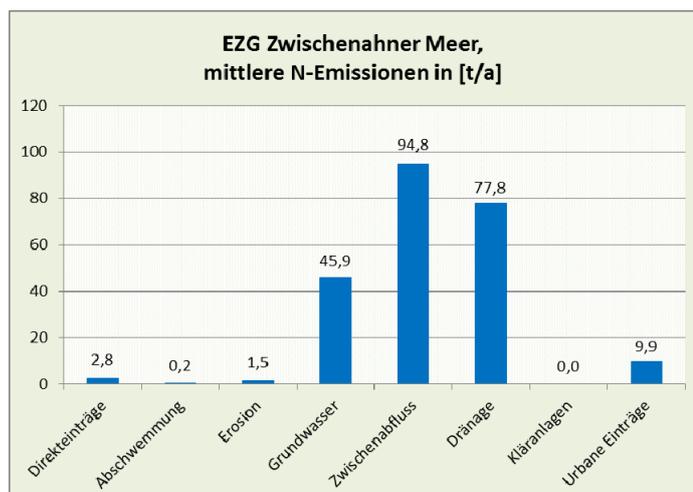


Bild 6: Modellergebnisse für die N-Einträge nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer (89,8 km<sup>2</sup>) in [t/a]

Bild 7 zeigt die räumliche Verteilung der N-Einträge über die beiden schnell abfließenden Pfade Zwischen- und Drainageabfluss im EZG des Zwischenahner Meeres bei mittleren Abflussbedingungen. In Bild 7 links sind die N-Belastungen über Zwischenabfluss dargestellt. Es ist sofort zu erkennen, dass ein Zwischenabfluss in weiten Teilen des EZG vorliegt und dass zudem die N-Belastungen über diesen Pfad insbesondere im nördlichen und nordwestlichen EZG häufig über 30 kg/ha·a liegen; derart hohe N-Einträge über Zwischenabfluss resultieren immer von landwirtschaftlichen Nutzflächen, zumeist von Grünland. Insgesamt weisen diese N-Einträge eine Spannweite von 2,4 bis etwa 48 kg/ha·a auf, wobei ca. 46 % der N-Emissionen über diesen Pfad von der LN Grünland erfolgen, weitere knapp 25 % von Ackerflächen, etwa 12 % von Waldflächen und fast 11 % von den als Baumschulen genutzten Flächen. Besonders niedrige N-Einträge über Zwischenabfluss mit meist deutlich unter 10 kg/ha·a erfolgen aus Wald- bzw. Siedlungsflächen

Bild 7 rechts sind die N-Einträge über den Eintragspfad Drainageabfluss zu entnehmen. Sie weisen eine Spannweite von 11 bis etwa 45 kg/ha·a auf, wobei 51 % der N-Emissionen über diesen Pfad von der Landnutzung (LN) Grünland erfolgen, die restlichen 49 % von Ackerflächen. Insgesamt sind auf Basis der Modellergebnisse etwa 2.550 ha dräniert (in den weiß dargestellten Bereichen in Bild 7 rechts liegen keine dränierten Flächen vor, also auch keine N-Einträge über diesen Pfad). Insbesondere im TEZG Otterbäke ist ein sehr hoher Anteil

dränierter Flächen zu verzeichnen, insgesamt fast 14 km<sup>2</sup>, was über 60 % der dortigen landwirtschaftlichen Nutzfläche entspricht.

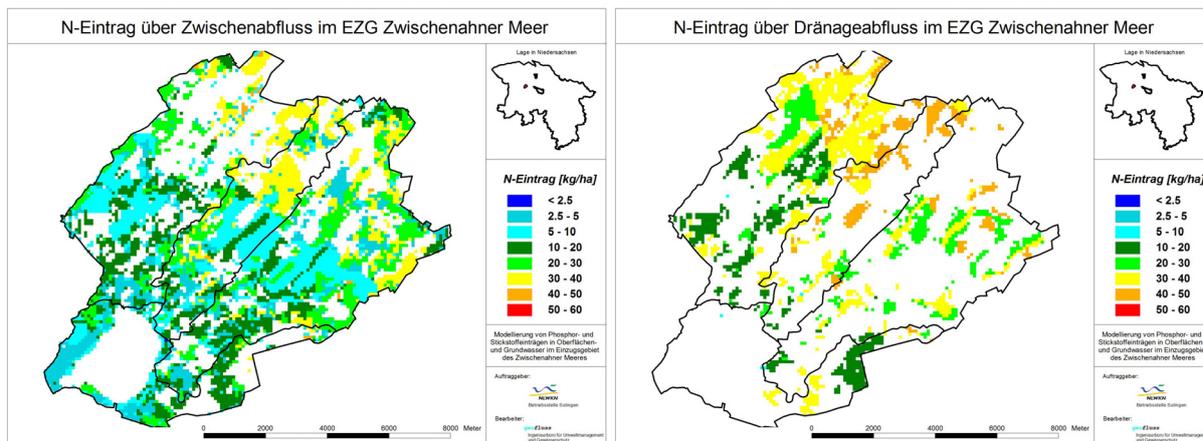


Bild 7: Modellergebnisse für die diffusen N-Einträge über Zwischenabfluss (links) und für die diffusen N-Einträge über Drainageabfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [t/ha]

Die deutlichen Unterschiede der ermittelten N-Emissionen werden weitgehend durch die drei Bilanzterme N-Bilanzüberschuss, Denitrifikation im Oberboden und Anteil des Drainage- bzw. Zwischenabflusses am Gesamtabfluss verursacht.

Bild 8 links zeigt die räumliche Herkunft der N-Einträge über den Pfad Grundwasser. Deutlich zu erkennen sind recht große Bereiche, von denen nur geringe N-Einträge von zumeist sehr deutlich unter 2,5 kg/ha-a über Grundwasserabfluss ausgehen (häufig sind die N-Einträge dort < 0,1 kg/ha-a). Hierbei handelt es sich - unabhängig von der Landnutzung - zumeist um Gebiete, die relativ weit von den grundwasserrelevanten Vorflutern entfernt liegen. Kombiniert mit den eher geringen Abstandsgeschwindigkeiten im EZG des Zwischenahner Meeres resultieren daraus relativ hohe Grundwasserverweilzeiten. Zusammen mit den guten Denitrifikationsbedingungen in den Grundwasserkörpern folgt daraus für diese Gebiete - auch bei hohen N-Emissionen Richtung Grundwasser - ein weitgehender N-Abbau. Erhöhte N-Einträge über den Pfad Grundwasser von über 10 kg/ha-a treten im EZG des Zwischenahner Meeres folglich nur von den Flächen auf, die einen erhöhten N-Bilanzüberschuss aufweisen und zudem relativ dicht an den grundwasserwirksamen Vorflutern liegen (geringe Grundwasserverweilzeit, wodurch selbst bei guten Denitrifikationsbedingungen im Grundwasser nur ein geringer Nitratabbau stattfindet). Diese Bedingungen sind auf landwirtschaftlichen Nutzflächen insbesondere direkt an den Oberläufen von Auebach, Halfsteder Bäke, Gristeder Bäke, Nutteler Bäke, Bokeler Bäke und Bokeler Schaftriftwasserzug und Aschhauer Wasserzug gegeben. Hier können, wie vor allem am Oberlauf der Halfsteder Bäke, auch deutlich höhere N-Emissionen über Grundwasser resultieren: sie erreichen auf einzelnen Flächen bis zu ca. 46 kg/ha-a (> 40 kg/ha-a: orange in Bild 8 links). Besonders in den Waldgebieten können dagegen auch geringe N-Bilanzüberschüsse ursächlich für die geringen N-Einträge über Grundwasser sein.

Bild 8 rechts zeigt die räumliche Herkunft der summierten N-Einträge über die 3 unterirdischen Eintragspfade. Demnach resultieren die höchsten unterirdischen N-Emissionen vor allem aus den Oberläufen der Zuflüsse (nördliches, nordöstliches und östliches EZG). Aufgrund der deutlichen Dominanz dieser unterirdischen N-Emissionen im EZG Zwischenahner

Meer ähnelt diese Darstellung sehr der der diffusen bzw. gesamten N-Emissionen in Bild 10 bzw. Bild 12.

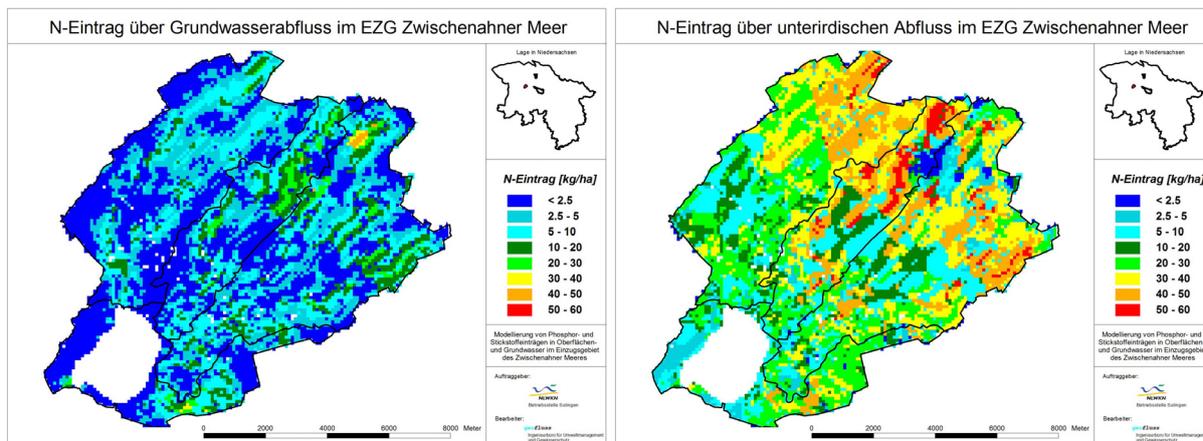


Bild 8: Modellergebnisse für die diffusen N-Einträge über Grundwasserabfluss (links) und für die diffusen N-Einträge über den gesamten unterirdischen Abfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [t/ha]

In Bild 9 sind die ermittelten N-Einträge über die Eintragspfade Erosion (links) und Direkteintrag (rechts) dargestellt. Dabei sind sowohl die erosiven Einträge als auch die Direkteinträge zumeist sehr gering. Abgesehen von einzelnen Flächen betragen die erosiven N-Emissionen zumeist (deutlich) weniger als 2,5 kg/ha·a, die Direkteinträge liegen im EZG Zwischenahner Meer (fast) immer unter 1 kg/ha·a, lediglich für das Zwischenahner Meer selbst werden N-Emissionen über atmosphärische Deposition zwischen 23 und 30 kg/ha·a ermittelt.

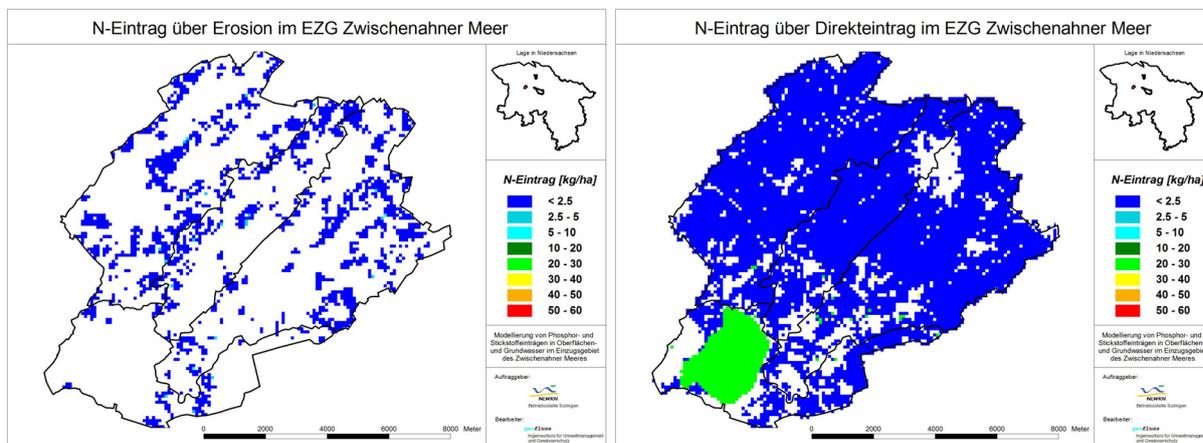


Bild 9: Modellergebnisse für die diffusen N-Einträge über Erosion (links) und für die diffusen N-Einträge über Direkteintrag (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [t/ha]

Die räumliche Verteilung der Summe der diffusen N-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres ist Bild 10 zu entnehmen. Hierbei ergibt sich eine sehr weitreichende Differenzierung der Eintragungssituation. Die Höhe der diffusen N-Einträge reicht meist von kleiner 0,1 bis etwa 59 kg/ha·a. Sowohl für die sehr niedrigen als auch für die extrem hohen N-Einträge ist eine Vielzahl von Einflussfaktoren verantwortlich. Besonders hohe N-Einträge von deutlich über 30 und z.T. über 40 kg/ha·a werden über alle 3 unterirdischen N-Eintragspfade (Zwischen-, Drainage- und Grundwasserabfluss) verursacht. In allen Fällen handelt es sich dabei um landwirtschaftliche Nutzflächen, bei denen besonders hohe N-Bilanzüberschüsse und/oder geringe Denitrifikation im Oberboden (bzw. im Grundwasser) auftreten.

Niedrige und sehr niedrige N-Einträge ergeben sich vor allem dort, wo:

- ein geringer N-Bilanzüberschuss vorherrscht (Waldgebiete und Siedlungen),
- kein Direktabfluss stattfindet,
- die Denitrifikationsverluste im Oberboden und insbesondere im Grundwasser sehr hoch sind.

Insgesamt fällt auf, dass die deutlich höchsten diffusen N-Einträge von über 50 kg/ha-a (rot in Bild 10) besonders im Oberlauf des Auebachs direkt entlang des Gewässers auftreten; wie der Abgleich mit Bild 8 links zeigt, ist in diesen Fällen zumeist ein deutlich erhöhter N-Eintrag über Grundwasser an diesen hohen N-Einträgen beteiligt (dieser Zusammenhang gilt ebenso für die entsprechend hohen N-Einträge in den anderen TEZG). Die grün dargestellten diffusen N-Einträge für die Wasserfläche des Zwischenahner Meeres sind auf atmosphärische N-Deposition zurückzuführen.

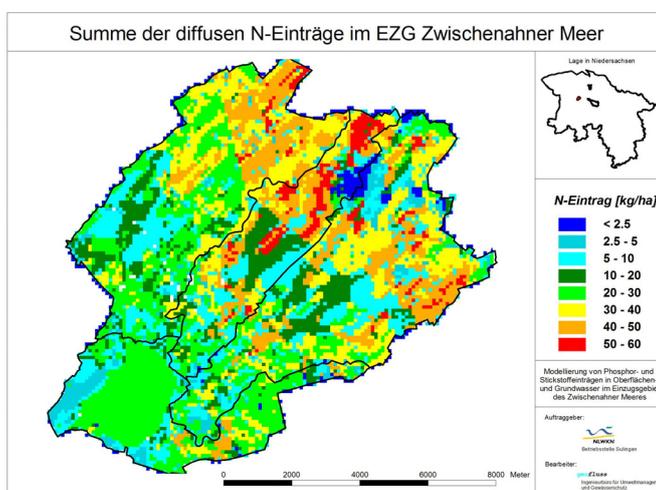


Bild 10: Modellergebnisse für die Summe der diffusen N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha]

Neben den diffusen wurden auch die punktuellen N-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres berechnet. Berücksichtigung finden hierbei die Eintragspfade Kläranlagen (im EZG Zwischenahner Meer liegen laut Seebericht keine kommunalen Kläranlagen vor und somit auch keine entsprechenden N-Einträge) und urbane Einträge. Der Pfad urbane Einträge umfasst dabei N-Einträge über Kanalisationen und von Kleinkläranlagen, die hierzu erzielten Ergebnisse sind Bild 11 zu entnehmen.

Da keine konkreten Angaben zu den Kleinkläranlagen vorlagen, wurden die entsprechenden N-Einträge auf Grundlage der vorliegenden Informationen wie z.B. „Anteil nicht an Kanalisationen angeschlossener Einwohner“ abgeschätzt. Die resultierenden Einträge werden modelltechnisch auf die gesamte EZG-Fläche verteilt und ergeben dabei N-Emissionen zwischen 0,35 und ca. 0,5 kg/ha-a (dunkelblau in Bild 11); in der Summe erfolgen N-Emissionen von etwa 3,7 t/a über Kleinkläranlagen (ca. 37 % aller urbanen N-Emissionen). Deutlich höhere N-Einträge sind dagegen überall dort zu verzeichnen, wo versiegelte Flächen sowie Kanalisationen vorliegen. Je nach Versiegelungsgrad ergeben sich hierbei N-Emissionen zwischen zumeist etwa 0,6 und 10,4 kg/ha-a. Verbreitet hohe N-Einträge über Kanalisationen zwischen zumeist 5 und 10 kg/ha-a sind erwartungsgemäß aus den Ortschaften Wiefelstede und Bad Zwischenahn (inkl. des Ortsteils Rostrup) zu verzeichnen. Die N-Emissionen über Kanalisationen summieren sich zu 6,2 t/a (etwa 63 % aller urbanen N-Emissionen).

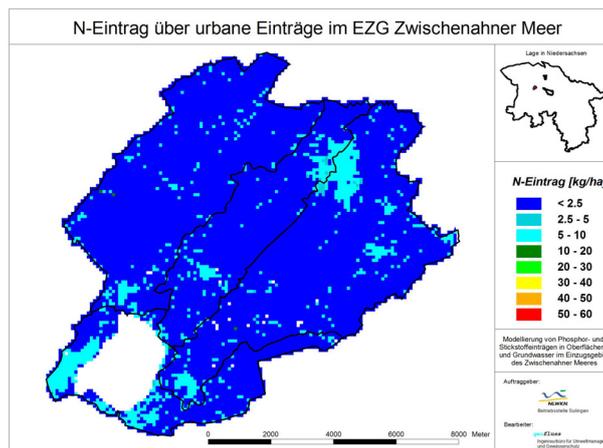


Bild 11: Modellergebnisse für die urbanen N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha]

Bild 12 zeigt die Summe der gesamten N-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres. Aufgrund der geringen Bedeutung der punktuellen N-Emissionen entspricht diese Darstellung in weiten Bereichen der der diffusen N-Belastung in Bild 10. Lediglich in den Ortslagen zeigen sich bei Bild 12 - verursacht durch die hier vorliegenden erhöhten urbanen Einträge - höhere N-Emissionen als bei den diffusen Einträgen.

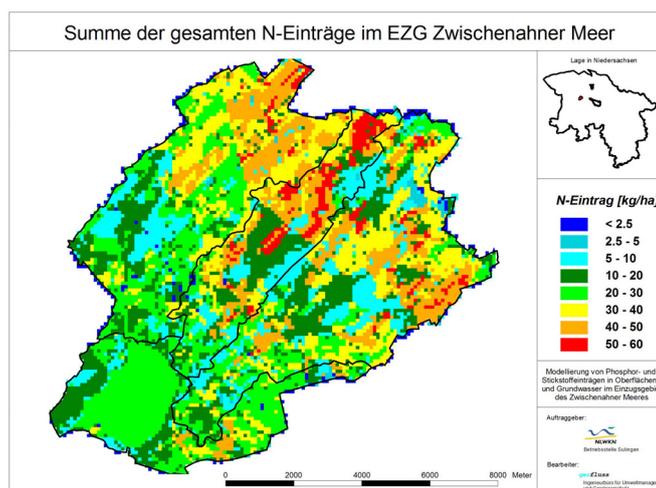


Bild 12: Modellergebnisse für die Summe der gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha]

### 3.1.1 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1

In Szenario 1 wurde für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres ein um 50 % erhöhter Abfluss angenommen. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 6 und Bild 13 sowie Bild 14 dargestellten Ergebnisse für die N-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Im Vergleich zum IST-Zustand (mittlerer Zustand, vgl. Kap. 3.1) erhöhen sich die N-Emissionen durch Szenario 1 im gesamten Einzugsgebiet um etwa 156 t/a und somit um ca. 67 %. Erwartungsgemäß nehmen besonders die N-Emissionen über die schnell abfließenden unterirdischen Abflusspfade Zwischen- und Drainageabfluss deutlich zu: sie erhöhen sich nach Szenario 1 in der Summe um ca. 144 t/a im Vergleich zum IST-Zustand (Zwischenabfluss: plus 75,5 t/a bzw. plus 80 %, Drainageabfluss plus etwa 69 t/a bzw. plus 89 %, vgl. Bild 13).

Tabelle 6: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1 (SZ 1: MQ um 50 % erhöht)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 1 (MQ + 50 %)	
	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]
Direkteinträge	2,8	1,2	2,8	0,7
Abschwemmung	0,2	0,1	0,3	0,1
Erosion	1,5	0,7	2,0	0,5
Grundwasser	45,9	19,7	54,1	13,9
Zwischenabfluss	94,8	40,7	170	43,8
Dränagen	77,8	33,4	147	37,7
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	9,9	4,3	12,6	3,3
Summe diffus	223	95,7	376	96,7
Summe punktuell	9,9	4,3	12,6	3,3
Summe	233	100	389	100

Eine weitere erwähnenswerte Zunahme ist für den Pfad Grundwasserabfluss zu verzeichnen; sie ist mit 8 t/a - ebenfalls erwartungsgemäß - erheblich geringer als bei den schnell abfließenden unterirdischen N-Eintragspfaden. Die absoluten Veränderungen bei den übrigen diffusen N-Eintragspfaden sind weitgehend unbedeutend. Zu beachten ist, dass sich auch bei den urbanen Einträgen eine deutliche Erhöhung der N-Emissionen zeigt: im Vergleich zum IST-Zustand nehmen sie um fast 3 t/a und somit um etwa 28 % zu. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

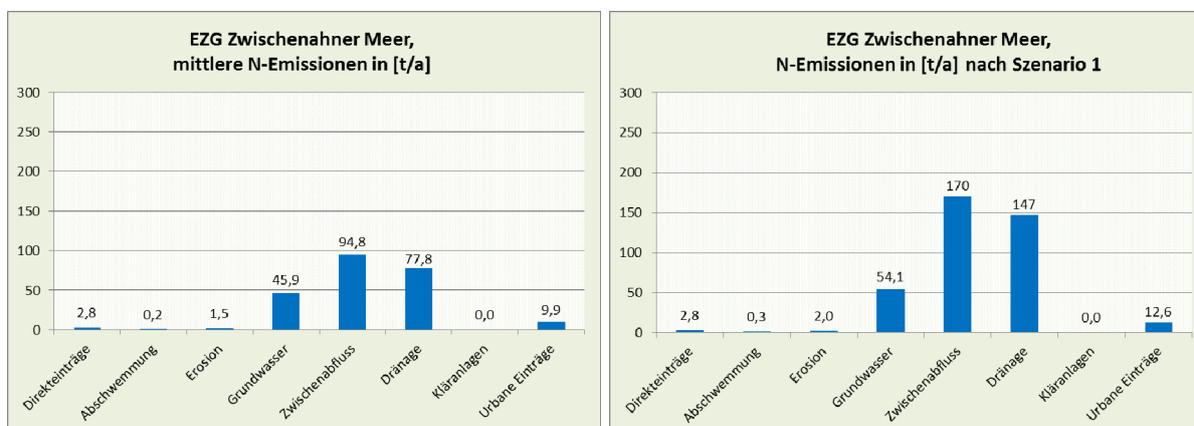


Bild 13: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [t/a]

Bild 14 zeigt die räumliche Verteilung der für Szenario 1 ermittelten gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen. Diese Darstellung veranschaulicht die deutliche Zunahme der N-Einträge durch Szenario 1; insbesondere auf landwirtschaftlichen Nutzflächen erhöhen sich die N-Emissionen sehr deutlich, im nördlichen, nordöstlichen und östlichen EZG werden gemäß Szenario 1 sehr verbreitet N-Einträge von über 60 kg/ha-a (und vereinzelt sogar über 80 kg/ha-a) erreicht.

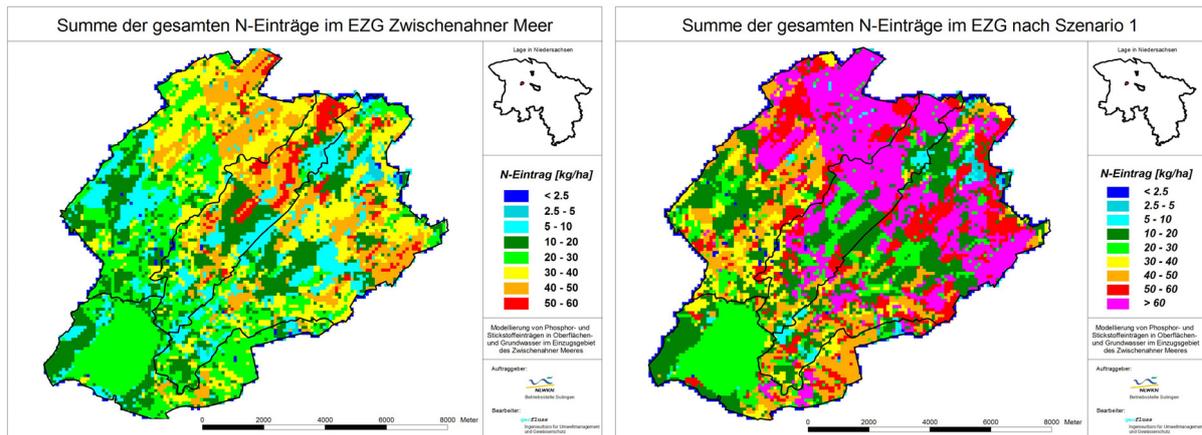


Bild 14: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.1.2 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2

In Szenario 2 wurde für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres ein im Vergleich zum mittleren Zustand verdoppelter Abfluss angenommen. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 7 und Bild 15 sowie Bild 16 dargestellten Ergebnisse für die N-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Tabelle 7: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2 (Sz 2: MQ um 100 % erhöht)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 2 (MQ+100 %)	
	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]
Direkteinträge	2,8	1,2	2,8	0,5
Abschwemmung	0,2	0,1	0,3	0,1
Erosion	1,5	0,7	2,4	0,4
Grundwasser	45,9	19,7	59,3	10,5
Zwischenabfluss	94,8	40,7	253	44,9
Dränagen	77,8	33,4	231	40,9
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	9,9	4,3	15,3	2,7
Summe diffus	223	95,7	548	97,3
Summe punktuell	9,9	4,3	15,3	2,7
Summe	233	100	564	100

Nach Szenario 2 erhöhen sich die diffusen N-Emissionen um über 325 t/a und somit um etwa 146 % im Vergleich zum IST-Zustand. Die punktuellen N-Emissionen nehmen nach Szenario 2 um gut 5,4 t/a bzw. ca. 55 % zu. In der Summe ist eine Zunahme der N-Emissionen durch Szenario 2 im gesamten Einzugsgebiet im Vergleich zum mittleren Zustand (IST-Zustand) um ca. 331 t/a bzw. 142 % zu verzeichnen.

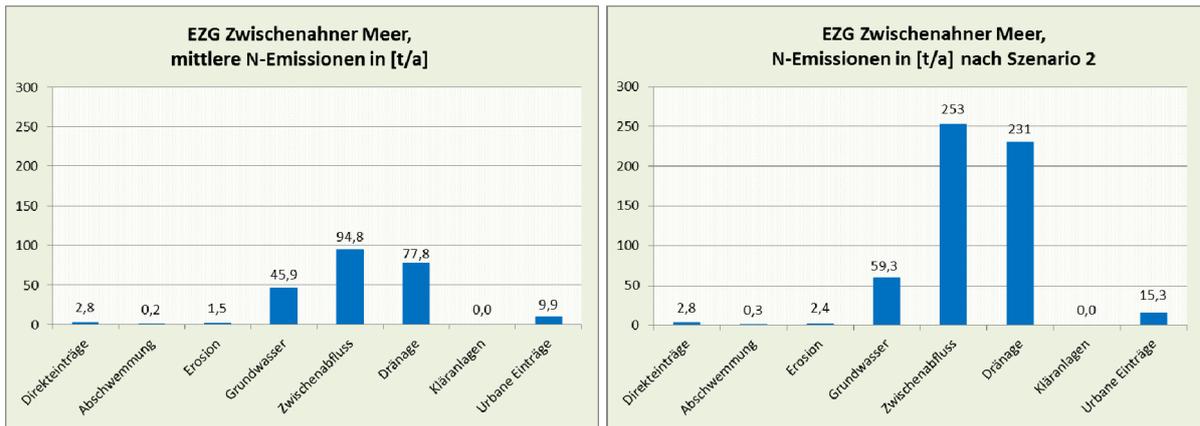


Bild 15: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [t/a]

Wie bereits bei Szenario 1 erhöhen sich durch die weiter zunehmenden Abflüsse insbesondere die N-Emissionen über die beiden schnellen unterirdischen Abflusspfade Zwischen- und Drainageabfluss (vgl. Bild 15). Über den Zwischenabfluss erfolgen nach Szenario 2 N-Einträge von gut 253 t/a und somit ca. 158 t/a mehr als beim IST-Zustand, die Zunahme beträgt etwa 167 %. Für den Drainageabfluss ergibt sich eine entsprechende Steigerung der N-Emissionen von 153 t/a, was einer Zunahme von ca. 197 % entspricht. Die N-Einträge über den Pfad Grundwasser erhöhen sich um lediglich etwa 29 % (13,3 t/a), die erosiven N-Einträge um 54 % (840 kg/a). Bei den urbanen Einträgen ist eine Zunahme von 5,4 t/a (55 %) zu verzeichnen. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

Bild 16 zeigt die räumliche Verteilung der für Szenario 2 ermittelten gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen. Es ist sehr deutlich zu erkennen, dass nun in einem großen Teil des EZG sehr hohe N-Emissionen von über 60 kg/ha-a vorliegen. Betroffen hiervon ist insbesondere der größte Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche, es werden hierbei vereinzelt sogar extrem hohe N-Emissionen von über 120 kg/ha-a erreicht.

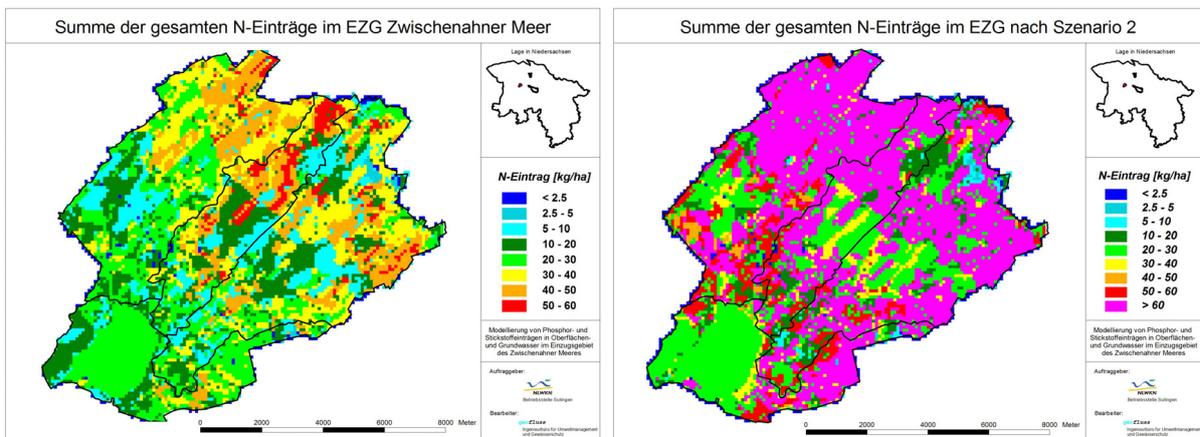


Bild 16: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.1.3 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3

In Szenario 3 wurde der Abfluss für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres im Vergleich zum mittleren Zustand um 25 % verringert. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 8 und Bild 17 sowie Bild 18 dargestellten Ergebnisse für die N-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Tabelle 8: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3 (Sz 3: MQ um 25 % verringert)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 3 (MQ - 25 %)	
	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]
Direkteinträge	2,8	1,2	2,8	1,9
Abschwemmung	0,2	0,1	0,1	0,1
Erosion	1,5	0,7	1,3	0,9
Grundwasser	45,9	19,7	35,2	24,1
Zwischenabfluss	94,8	40,7	56,0	38,3
Dränagen	77,8	33,4	42,5	29,1
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	9,9	4,3	8,4	5,7
Summe diffus	223	95,7	138	94,3
Summe punktuell	9,9	4,3	8,4	5,7
Summe	233	100	146	100

Erwartungsgemäß ergeben sich für Szenario 3 (und Szenario 4, s.u.) im Gegensatz zu den Szenarien 1 und 2 deutlich geringere N-Einträge, die unterhalb der für den IST-Zustand erzielten N-Einträge liegen. Die Ursache hierfür liegt in den erheblich reduzierten Abflüssen. Die gesamten N-Emissionen vermindern sich nach Szenario 3 um gut 37 % auf nur noch 146 t/a (minus 87 t/a), die diffusen N-Einträge verringern sich um 85 t/a (minus 38 %).

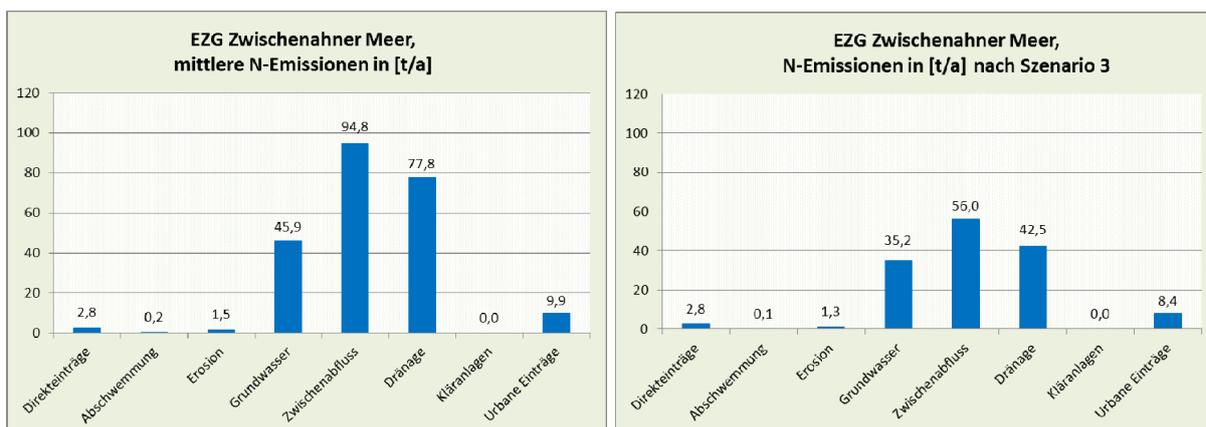


Bild 17: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [t/a]

Die mit Abstand deutlichsten Rückgänge sind erwartungsgemäß über die schnell abfließenden unterirdischen Eintragspfade Zwischen- und Drainageabfluss zu verzeichnen. Sie verringern sich um fast 39 t/a bzw. 41 % (Zwischenabfluss) bzw. etwa 35 t/a bzw. gut 45 % (Drainageabfluss, vgl. Bild 17). Dem gegenüber ist die Verminderung der N-Einträge durch Szenario 3 über den Pfad Grundwasserabfluss mit 10,7 t/a (minus 23 %) erheblich geringer. Da alle anderen diffusen N-Eintragspfade weitgehend unbedeutend sind, ergeben sich bei ihnen

durch die Bedingungen von Szenario 3 auch keine relevanten Verminderungen der N-Emissionen. Die punktuellen N-Emissionen, die ebenfalls keine relevante Rolle im EZG spielen, verringern sich durch die Bedingungen von Szenario 3 um gut 15 % auf 8,4 t/a. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

Bild 18 ist die räumliche Verteilung der für Szenario 3 ermittelten gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen zu entnehmen. Die deutlich verminderten Abflüsse nach Szenario 3 bewirken eine relevante Verminderung der N-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Dies gilt insbesondere für die landwirtschaftlichen Nutzflächen, von denen nun häufig nur noch N-Einträge zwischen 20 und 30 kg/ha-a erfolgen. Hohe N-Einträge von über 30 kg/ha-a sind dagegen vor allem im TEZG Auebach nach wie vor verbreitet, vereinzelt sind hier auch N-Einträge von über 40 kg/ha-a zu verzeichnen. In den anderen TEZG sind solch hohe N-Emissionen nach Szenario 3 dagegen eher selten.

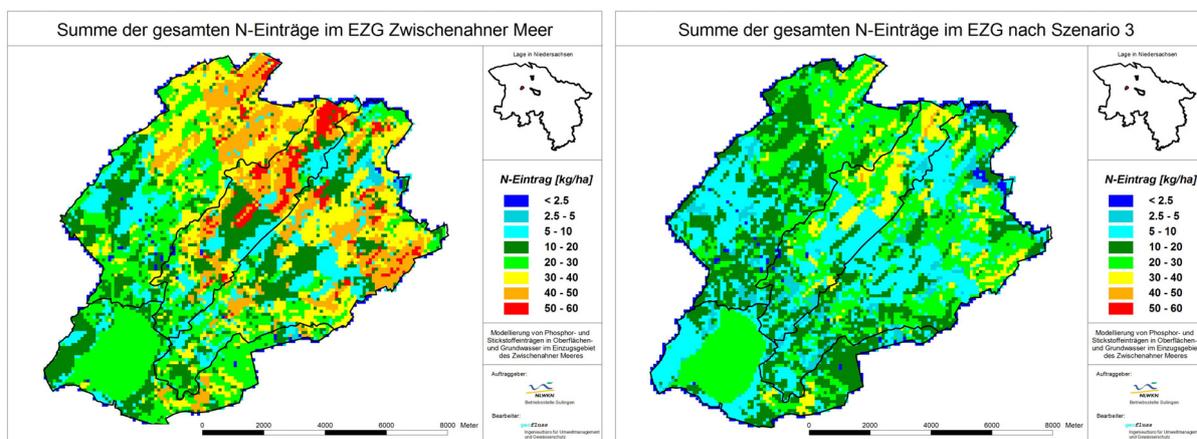


Bild 18: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.1.4 Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4

In Szenario 4 wurde angenommen, dass der Abfluss für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres im Vergleich zum mittleren Zustand halbiert ist. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 9 und Bild 19 sowie Bild 20 dargestellten Ergebnisse für die N-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Demnach vermindern sich die N-Emissionen im Einzugsgebiet durch Szenario 4 im Vergleich zum IST-Zustand und im Vergleich zu Szenario 3 weiter. Die Ursache hierfür liegt in den noch stärker reduzierten Abflüssen. Die diffusen N-Einträge verringern sich nach Szenario 4 um gut 65 % auf nur noch 84 t/a, die punktuellen um ca. 31 % auf nun 6,8 t/a. Den mit Abstand deutlichsten Rückgang zeigen erneut die dominierenden N-Eintragspfade Zwischen- und Drainageabfluss. Die N-Einträge über Zwischenabfluss vermindern sich um gut 66 t/a auf jetzt nur noch 28,5 t/a (minus etwa 70 % im Vergleich zum IST-Zustand). Prozentual noch deutlicher ist der Rückgang der N-Emissionen über Drainageabfluss: die reduzieren sich durch die Bedingungen von Szenario 4 um fast 76 % auf lediglich noch 19 t/a. Bei diesen geringen Abflüssen gewinnt der N-Eintragspfad Grundwasserabfluss an Bedeutung: zwar verringern sich die N-Einträge auch hier recht deutlich um 20 t/a (minus 43 %), jedoch

ist der Grundwasserabfluss mit gut 26 t/a jetzt der zweitwichtigste N-Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer. Die restlichen diffusen N-Eintragspfade sind eher unbedeutend. Insgesamt verringern sich die gesamten N-Einträge gemäß Szenario 4 um gut 148 t/a, was einem Rückgang von etwa 64 % im Vergleich zum IST-Zustand entspricht. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

Tabelle 9: N-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4 (Sz 4: MQ um 50 % verringert)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 4 (MQ - 50 %)	
	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]
Direkteinträge	2,8	1,2	2,8	3,3
Abschwemmung	0,2	0,1	0,1	0,1
Erosion	1,5	0,7	1,1	1,3
Grundwasser	45,9	19,7	26,1	31,0
Zwischenabfluss	94,8	40,7	28,5	33,8
Dränagen	77,8	33,4	19,0	22,6
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	9,9	4,3	6,8	8,1
Summe diffus	223	95,7	77,5	91,9
Summe punktuell	9,9	4,3	6,8	8,1
Summe	233	100	84,3	100

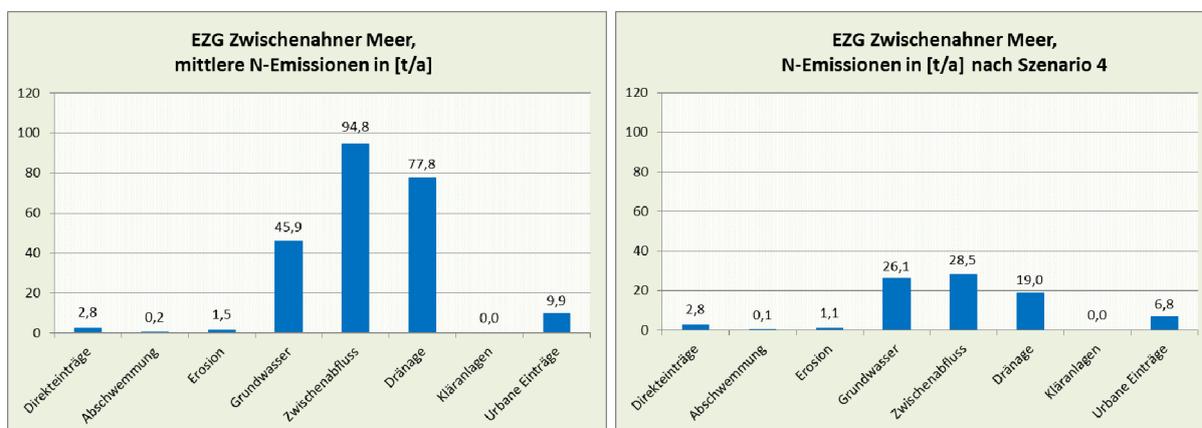


Bild 19: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [t/a]

Bild 20 zeigt die räumliche Verteilung der für Szenario 4 ermittelten gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen. Die weiter deutlich verminderten Abflüsse nach Szenario 4 bewirken eine sehr relevante Verminderung der N-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Dies gilt insbesondere für die landwirtschaftlichen Nutzflächen, von denen nun häufig nur noch N-Einträge zwischen 10 und 20 kg/ha·a erfolgen. Erhöhte N-Einträge von über 20 kg/ha·a sind dagegen vor allem in den TEZG Auebach und Rand-EZG nach wie vor verbreitet (und im Zwischenahner Meer selbst durch atmosphärische Deposition). Ganz vereinzelt sind im EZG Zwischenahner Meer nach Szenario 4 N-Einträge von über 30 kg/ha·a zu verzeichnen.

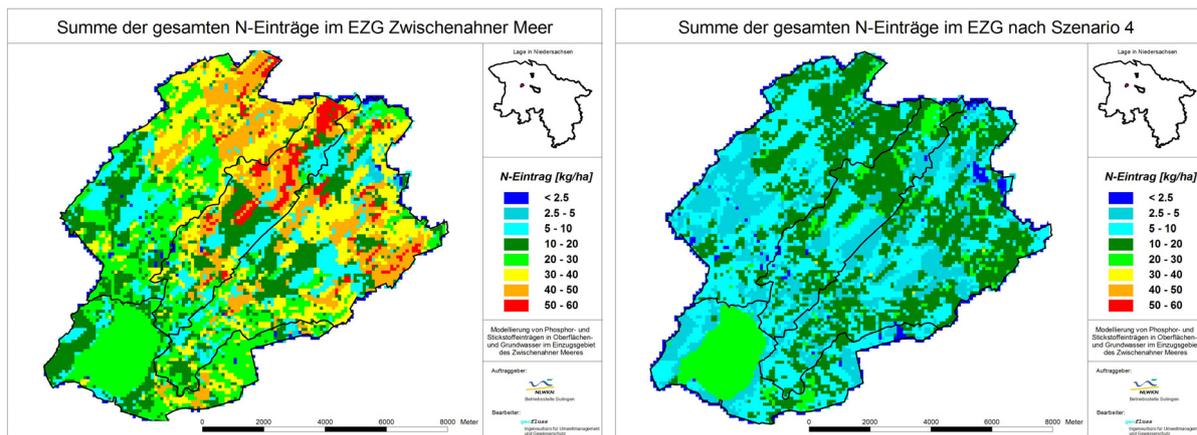


Bild 20: Modellergebnisse für die gesamten N-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.1.5 N-Bilanzüberschüsse im EZG des Zwischenahner Meeres

Als Ergänzung zu den oben dargestellten Modellergebnissen der Stickstoffeinträge in die Grund- und Oberflächengewässer werden nachfolgend die modellintern ermittelten N-Bilanzüberschüsse bzw. N-Salden vorgestellt.

Bild 21 zeigt die ermittelten N-Salden für das EZG des Zwischenahner Meeres. Demnach liegen die höchsten N-Salden erwartungsgemäß auf landwirtschaftlich genutzten Flächen vor. Insbesondere in den TEZG Auebach und Halfsteder Bäke liegen die N-Salden der landwirtschaftlichen Nutzflächen zumeist über 75 bzw. sogar über 90 kg/ha (rot und violett in Bild 21). In den TEZG Otterbäke und Rand-EZG sind die N-Salden auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen dagegen häufig geringer. Auf den restlichen Flächen liegen die N-Salden im EZG des Zwischenahner Meeres erwartungsgemäß zumeist unter 30 kg/ha; verursacht wird die N-Belastung hier über atmosphärische N-Deposition.

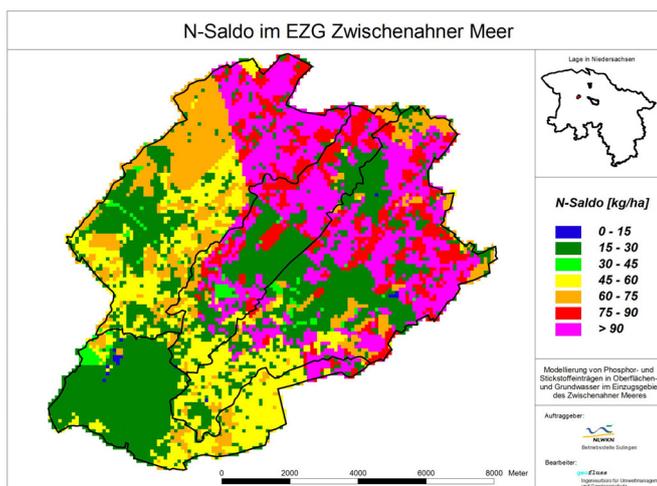


Bild 21: N-Saldo (N-Bilanzüberschuss) im EZG des Zwischenahner Meeres in [kg/ha]

### 3.2 Herkunft der Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres

Nachfolgend wird die räumliche Herkunft der Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres betrachtet. Dieses erfolgt auf Ebene der TEZG und wird in den Kap. 3.2.1 bis 3.2.4 dargelegt. Anschließend wird in Kap. 3.2.5 eine kurze Übersicht zu den N-Einträgen der einzelnen TEZG gegeben.

#### 3.2.1 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Halfsteder Bäche

Im TEZG Halfsteder Bäche resultieren auf Basis der Modellergebnisse N-Emissionen von ca. 84,1 t/a (gut 36 % der gesamten sowie 34 % der diffusen N-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres). Als Haupteintragspfad lässt sich in diesem TEZG der schnell abfließende unterirdische Abflusspfad Zwischenabfluss identifizieren (vgl. Bild 22): er ist für N-Einträge von über 39 t/a (fast 47 % aller N-Einträge in diesem TEZG) verantwortlich. Den zweitwichtigsten N-Eintragspfad im TEZG Halfsteder Bäche stellt der Grundwasserabfluss dar, über den N-Emissionen von gut 20 t/a erfolgen (24 %). Da der Anteil dräniertes landwirtschaftlicher Nutzflächen gemäß der Modellergebnisse im TEZG Halfsteder Bäche im Vergleich zu den anderen TEZG am geringsten ist (33,6 %), ist hier auch der N-Eintragspfad Drainageabfluss von vergleichsweise geringer Bedeutung: über ihn werden N-Emissionen von 19,3 t/a (fast 23 % aller N-Emissionen) ermittelt. In der Summe resultieren somit fast 79 der insgesamt 84 t/a und somit knapp 94 % der gesamten N-Emissionen in diesem TEZG über die drei unterirdischen Abflusspfade. Alle weiteren Eintragspfade sind somit eher unbedeutend, auch wenn mit 3,5 t/a fast 36 % aller urbanen N-Einträge aus dem TEZG Halfsteder Bäche stammen. Insgesamt betragen die N-Emissionen im TEZG Halfsteder Bäche im Mittel etwa 25,8 kg/ha·a.

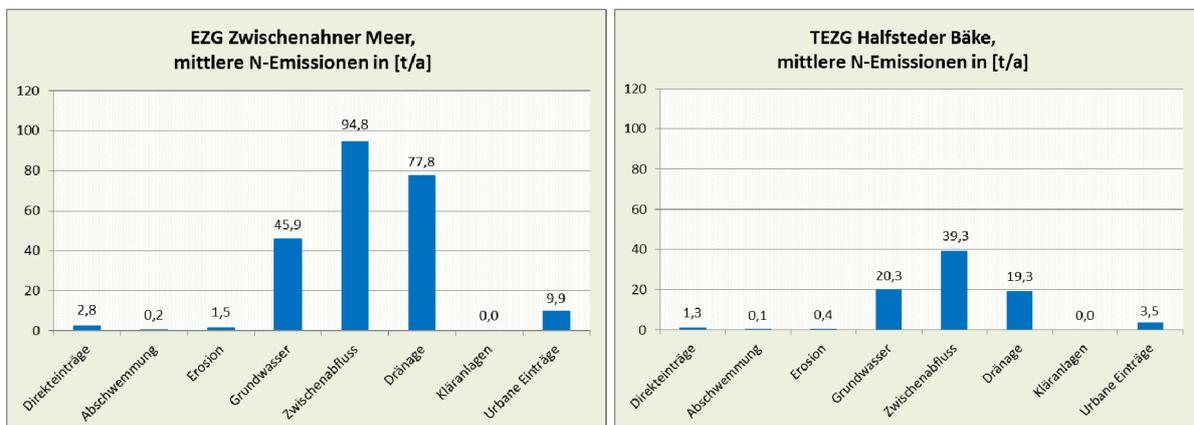


Bild 22: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Halfsteder Bäche (32,6 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [t/a]

#### 3.2.2 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Otterbäche

Auf Basis der Modellergebnisse erfolgen aus dem TEZG Otterbäche N-Emissionen von insgesamt etwa 81,2 t/a. Dies entspricht einem Anteil von knapp 35 % an den gesamten bzw. knapp über 33 % an den diffusen N-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres. Wie Bild 23 zu entnehmen ist, dominieren im TEZG Otterbäche die schnell abfließenden unterirdi-

schen N-Eintragspfade. Dominierender Pfad ist - bedingt durch den mit etwa 63 % sehr hohen Anteil dränerter landwirtschaftlicher Nutzflächen - der Drainageabfluss mit N-Emissionen von fast 40 t/a (entspricht 49% aller N-Emissionen dieses TEZG), auf den Zwischenabfluss entfallen gut 26 t/a (32 %). Somit erfolgen über 81 % der gesamten N-Emissionen über diese beiden Eintragspfade. Der dritt wichtigste N-Eintragspfad ist im TEZG Otterbäke der Grundwasserabfluss: über ihn resultieren N-Emissionen von gut 11 t/a (fast 14 % aller N-Emissionen). In der Summe resultieren somit über 77 der insgesamt gut 81 t/a und somit über 95 % der gesamten N-Emissionen in diesem TEZG über die drei unterirdischen Abflusspfade. Alle weiteren Eintragspfade sind somit eher unbedeutend. Insgesamt liegen die N-Emissionen im TEZG Otterbäke mit im Mittel etwa 26,7 kg/ha-a etwas höher als im TEZG Halfsteder Bäke.

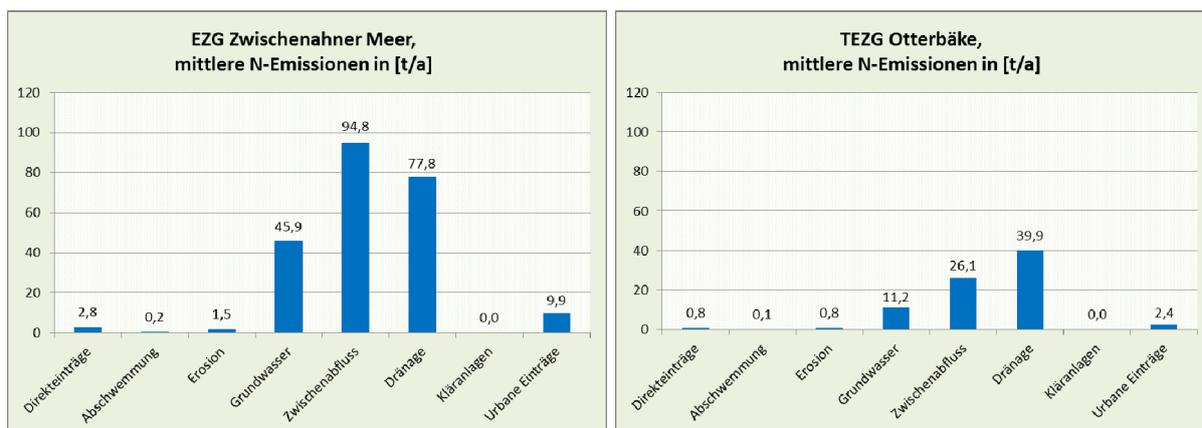


Bild 23: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Otterbäke (30,3 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [t/a]

### 3.2.3 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Auebach

Gemäß der Modellergebnisse erfolgen aus dem TEZG Auebach N-Emissionen von etwa 45,8 t/a. Damit zeichnet dieses TEZG für fast 20 % der gesamten und etwa 19 % der diffusen N-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer verantwortlich. Wie Bild 24 zeigt, ist der dominierende N-Eintragspfad im TEZG Auebach der Zwischenabfluss mit 20 t/a (fast 44 % aller N-Emissionen aus diesem TEZG), gefolgt vom Drainageabfluss mit ca. 13,4 t/a (gut 29 %). Somit sind TEZG Auebach insbesondere die schnell abfließenden unterirdischen N-Eintragspfade bedeutsam. Wie bereits im TEZG Otterbäke zuvor ist auch hier der Grundwasserabfluss der dritt wichtigste N-Eintragspfad (10 t/a, entspricht fast 22 % der N-Emissionen des TEZG). In der Summe resultieren somit über 43 der insgesamt fast 46 t/a und somit über 95 % der gesamten N-Emissionen in diesem TEZG über die drei unterirdischen Abflusspfade. Alle weiteren Eintragspfade sind somit unbedeutend. Insgesamt liegen die N-Emissionen im TEZG Auebach mit im Mittel etwa 28,7 kg/ha-a etwas höher als in den TEZG Halfsteder Bäke und Otterbäke.

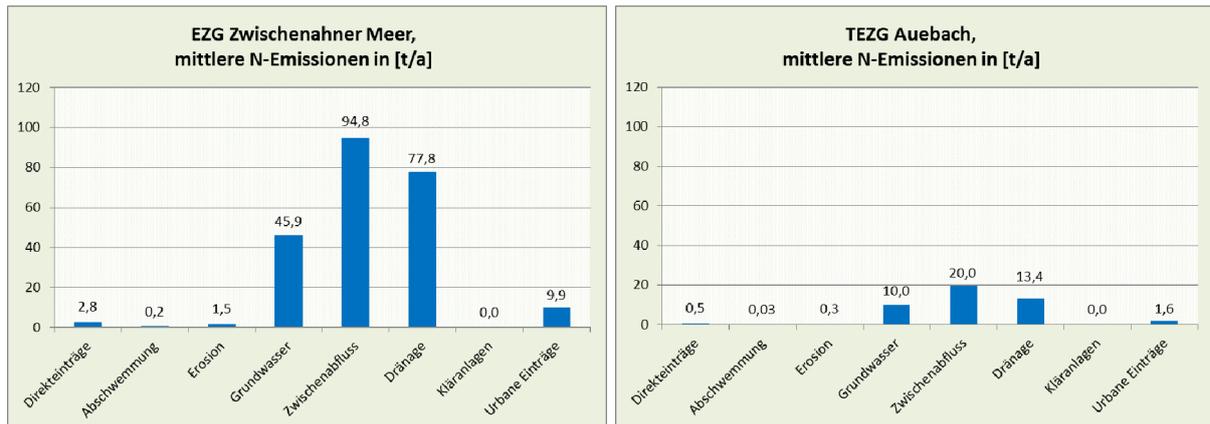


Bild 24: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Auebach (16,0 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [t/a]

### 3.2.4 Stickstoffeinträge aus dem TEZG Rand-EZG

Aus dem TEZG Rand-EZG erfolgen gemäß der Ergebnisse der Modellierung nur vergleichsweise geringe N-Emissionen. Sie betragen in der Summe etwa 21,7 t/a (über 9 % der gesamten und gut 8 % der diffusen N-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres). Bild 25 zeigt, dass im TEZG Rand-EZG der N-Eintragspfad Zwischenabfluss dominiert: durch ihn erfolgen N-Emissionen von etwa 9,4 t/a (ca. 43 % der gesamten N-Emissionen). Des Weiteren sind die N-Eintragspfade Drainageabfluss (5,2 t/a, ca. 24 %), Grundwasserabfluss (4,4 kg/a, gut 20 %) und urbane Einträge, also über Kanalisationen und Kleinkläranlagen (2,4 t/a, gut 11 %) bedeutsam. Alle anderen Eintragspfade sind im TEZG Rand-EZG gemäß der Modellergebnisse weitgehend unbedeutend. Insgesamt liegen die N-Emissionen im TEZG Rand-EZG mit im Mittel etwa 19,9 kg/ha-a deutlich niedriger als in den anderen TEZG.

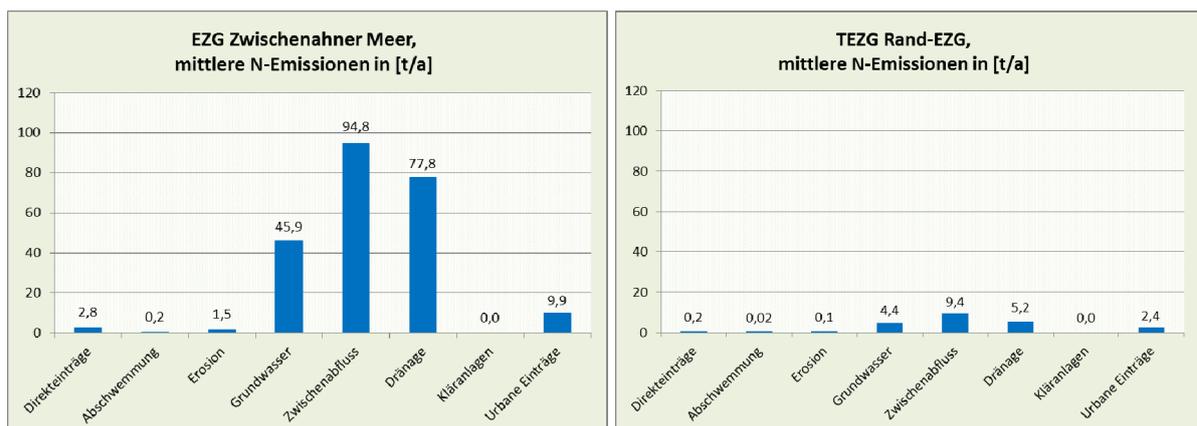


Bild 25: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Rand-EZG (10,9 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [t/a]

### 3.2.5 Übersicht zu den Stickstoffeinträgen aus den einzelnen TEZG

Bild 26 zeigt die prozentualen Anteile der gesamten bzw. diffusen N-Emissionen aus den einzelnen TEZG im EZG Zwischenahner Meer. Dabei ist sehr deutlich zu erkennen, dass sowohl die diffusen als auch die gesamten N-Emissionen besonders aus 2 TEZG resultieren: das TEZG Halfsteder Bäche ist demnach für 34 % der diffusen N-Einträge und gut 36 % der gesamten N-Emissionen verantwortlich, das TEZG Otterbäche für gut 33 % der diffusen und fast 35 % der gesamten N-Emissionen. Diese beiden TEZG verursachen demnach etwa 71 % aller N-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres. Nicht unterschätzt werden sollten jedoch die N-Emissionen aus dem TEZG Auebach: sie liegen jeweils bei etwa 20 %, wobei zu berücksichtigen ist, dass das TEZG Auebach nur etwa halb so groß wie die beiden zuvor genannten ist. Hieraus ergibt sich sogar, dass aus dem TEZG Auebach - bezogen auf die Fläche - die höchsten N-Emissionen resultieren (28,7 kg/ha·a, gegenüber 26,7 kg/ha·a im TEZG Otterbäche und 25,8 kg/ha·a im TEZG Halfsteder Bäche). Das TEZG Rand-EZG ist in Bezug auf die Summe der N-Einträge eher unbedeutend.

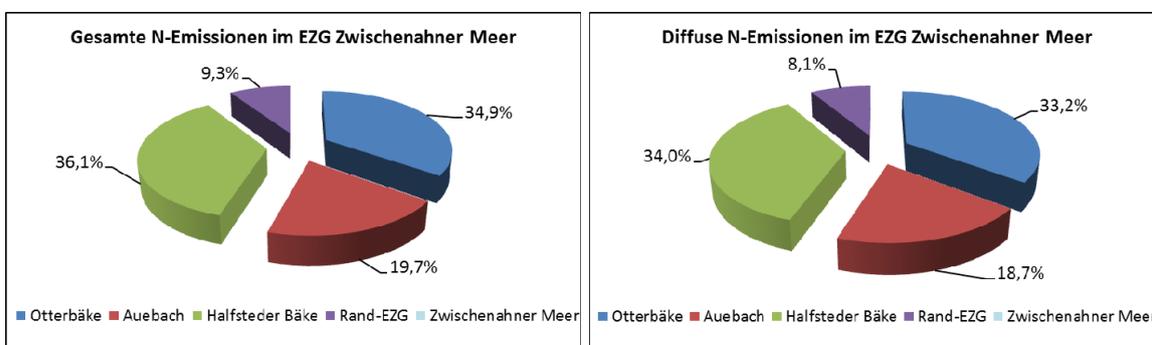


Bild 26: Herkunft der N-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Modellergebnisse für die einzelnen TEZG, gesamte N-Emissionen (links) und diffuse N-Emissionen (rechts), jeweils in [%]

Die nachfolgende Tabelle 10 zeigt die Modellergebnisse zu den N-Einträgen für die vier TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres differenziert nach Eintragspfaden.

Tabelle 10: Modellergebnisse zu den N-Einträgen nach Pfaden in den TEZG im EZG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014

Eintragspfad	Halfsteder Bäche		Otterbäche		Auebach		Rand-EZG	
	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]
Direkteinträge	1,3	1,5	0,8	0,9	0,5	1,1	0,2	1,0
Abschwemmung	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,1	0,02	0,1
Erosion	0,4	0,4	0,8	0,9	0,3	0,7	0,1	0,5
Grundwasser	20,3	24,1	11,2	13,8	10,0	21,8	4,4	20,4
Zwischenabfluss	39,3	46,8	26,1	32,1	20,0	43,6	9,4	43,1
Dränagen	19,3	22,9	39,9	49,2	13,4	29,2	5,2	23,8
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	3,5	4,2	2,4	2,9	1,6	3,4	2,4	11,1
Summe diffus	80,6	95,8	78,8	97,1	44,3	96,6	19,3	88,9
Summe punktuell	3,5	4,2	2,4	2,9	1,6	3,4	2,4	11,1
Summe	84,1	100	81,2	100	45,8	100	21,7	100

### 3.3 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres (IST-Zustand)

Die unter Verwendung der zur Verfügung gestellten Daten erzielten Ergebnisse der Quantifizierung der diffusen und punktuellen Phosphoreinträge bei mittleren Bedingungen (IST-Zustand) für das EZG und das Untersuchungsgebiet (UG) des Zwischenahner Meeres im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014 sind Tabelle 11 und Bild 27 zu entnehmen.

Für das EZG des Zwischenahner Meeres wurden demnach P-Emissionen von insgesamt 8.779 kg/a ermittelt. Hiervon sind 6.869 kg/a bzw. gut 78 % auf diffuse P-Belastungen zurückzuführen und lediglich 1.910 kg/a bzw. etwa 22 % auf punktuelle P-Belastungen. Die diffusen P-Emissionen dominieren damit deutlich das Eintragsgeschehen im EZG Zwischenahner Meer. Als dominierender P-Eintragspfad kann der Drainageabfluss identifiziert werden, über den P-Emissionen von etwa 3.200 kg/a (36,5 % der gesamten P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer) resultieren. Als zweitwichtigster P-Eintragspfad sind die urbanen Einträge (insbesondere über Kanalisationen, untergeordnet auch über Kleinkläranlagen) zu benennen: die entsprechenden P-Emissionen liegen bei 1.910 kg/a (21,8 %). Knapp dahinter rangieren die P-Emissionen über Grundwasserabfluss (1.871 kg/a bzw. 21,3 %). Von deutlich geringerer Bedeutung sind die P-Eintragspfade Zwischenabfluss und Erosion, über die gemäß der Modellergebnisse P-Emissionen von 691 bzw. 674 kg/a zu verzeichnen sind (7,9 bzw. 7,7 %).

Alle anderen P-Eintragspfade spielen im EZG des Zwischenahner Meeres eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 11: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014 (IST-Zustand)

Eintragspfad	EZG Zwischenah. Meer		UG Zwischenah. Meer (inkl. Seefläche)	
	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]
Direkteinträge	382	4,3	479	5,4
Abschwemmung	52	0,6	52	0,6
Erosion	674	7,7	674	7,6
Grundwasser	1.871	21,3	1.871	21,1
Zwischenabfluss	691	7,9	691	7,8
Dränagen	3.201	36,5	3.201	36,1
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	1.910	21,8	1.910	21,5
Summe diffus	6.869	78,2	6.967	78,5
Summe punktuell	1.910	21,8	1.910	21,5
Summe	8.779	100	8.876	100

Wird das gesamte Untersuchungsgebiet (UG) - also inklusive der Wasserfläche des Zwischenahner Meeres - betrachtet, nehmen die P-Emissionen über Direkteintrag um fast 100 kg/a zu. Die Ursache hierfür liegt in den P-Einträgen über atmosphärische Deposition direkt in das Zwischenahner Meer. Diese P-Einträge wurden in Absprache mit dem Auftraggeber modellintern auf 0,18 kg/ha angesetzt; Grundlage hierfür waren vorliegende Messwerte aus dem EZG des Dümmers. Bezogen auf die Summe der P-Emissionen von fast 9 t/a spielt dieser direkte P-Eintrag eine untergeordnete Rolle. Nachfolgend werden daher ausschließlich die P-Emissionen aus dem EZG des Zwischenahner Meeres betrachtet.

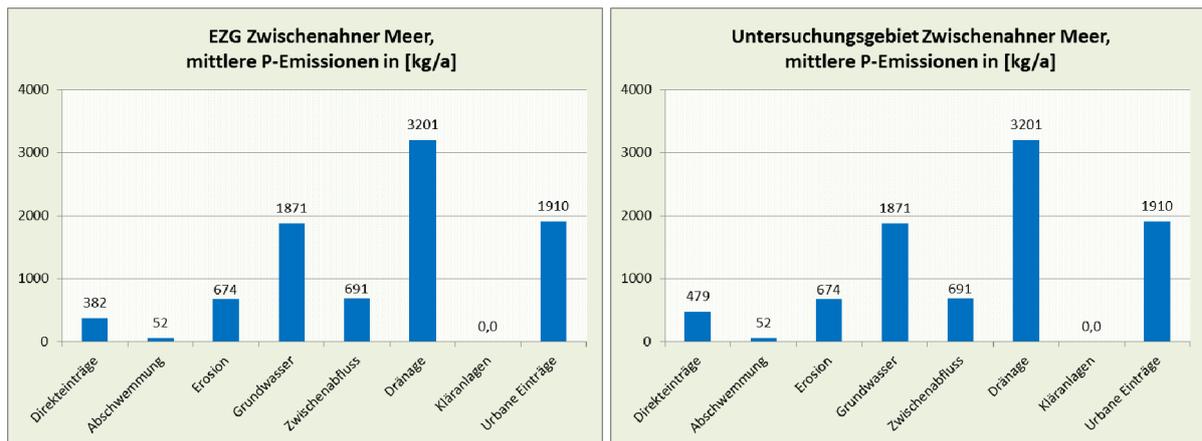


Bild 27: Modellergebnisse für die P-Einträge nach Pfaden für das EZG Zwischenahner Meer (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer (95,2 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [kg/a]

Bild 28 zeigt die räumliche Verteilung der P-Einträge über die beiden wichtigsten diffusen P-Eintragspfade Drainage- (links) bzw. Grundwasserabfluss (rechts). Besonders auffallend sind hierbei die flächig auftretenden sehr bis extrem hohen P-Emissionen über Drainageabfluss von über 2 bzw. sogar sehr deutlich über 4 kg/ha·a (rot bzw. pink in Bild 28, links). Verursacht werden diese sehr bis extrem hohen P-Emissionen durch landwirtschaftliche Nutzung auf ehemaligen Hochmoorflächen. Diese Flächen liegen insbesondere im nördlichen EZG im TEZG Otterbäke (Otterbäk- und Hellermoor) bzw. im TEZG Auebach (Wiefelsteder Moor), aber auch im südlichen EZG (Richtmoor, vor allem im TEZG Rand-EZG). Weiterhin sind hohe P-Emissionen über Dränagen von 1 - 1,5 kg/ha·a von Grünlandflächen auf dem Bodentyp „Gley mit Erd-Niedermoorauflage“ zu verzeichnen (gelb in Bild 28, links). Bei landwirtschaftlicher Nutzung auf den anderen mineralischen Böden liegen die P-Einträge über Drainageabfluss immer unter 1 kg/ha·a.

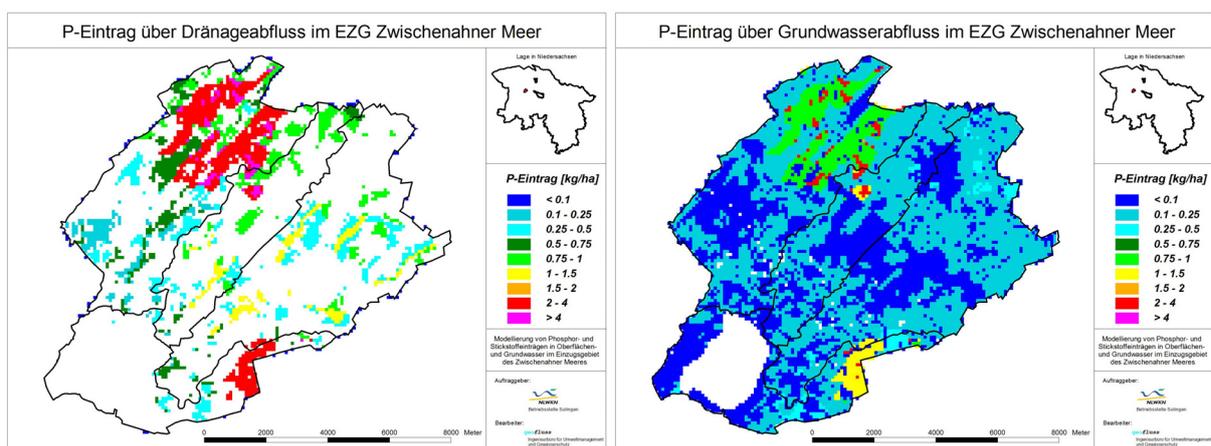


Bild 28: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über Drainageabfluss (links) und für die diffusen P-Einträge über Grundwasserabfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [kg/ha]

P-Emissionen über den Pfad Grundwasserabfluss (Bild 28, rechts) sind sehr häufig sehr gering. Unter Wald- und Siedlungsflächen ergeben sich P-Emissionen von < 0,1 kg/ha·a, und auch unter landwirtschaftlicher Nutzung auf mineralischen Böden sind sie mit zumeist (sehr deutlich) unter 0,2 kg/ha·a gering. Vereinzelt treten hier bereits erhöhte Werte von über 0,25 kg/ha·a auf. Ganz anderes ist dagegen die Situation auf den landwirtschaftlich genutzten

Hochmoorböden: hier sind hohe bis sehr hohe P-Emissionen über Grundwasserabfluss zu verzeichnen (etwa 0,8 bis 2,5 kg/ha·a, hellgrün, gelb oder rot in Bild 28, rechts).

In Bild 29 ist die räumliche Verteilung der P-Einträge über den Pfad Zwischenabfluss (links) sowie als Summe der unterirdischen P-Einträge (rechts) für das EZG des Zwischenahner Meeres dargestellt. Die P-Emissionen über Zwischenabfluss von Wald- und Siedlungsflächen sind sehr gering und liegen unter 0,1 kg/ha·a. Aber auch von landwirtschaftlich genutzten mineralischen Böden sind die P-Emissionen über Zwischenabfluss eher gering und betragen zumeist unter 0,25 kg/ha·a. Lediglich von einzelnen Flächen des Bodentypen „Gley mit Erd-Niedermoorauflage“ sind erhöhte P-Emissionen um 0,5 kg/ha·a zu verzeichnen. Weiterhin weisen einzelne Raster sehr hohe P-Emissionen über Zwischenabfluss von über 2 bzw. über 4 kg/ha·a. Hierbei handelt es sich um landwirtschaftlich genutzte ehemalige Hochmoorflächen.

Bei der Summe der unterirdischen P-Emissionen (Bild 29, rechts) sind vor allem die besonders hohen P-Emissionen des Eintragspfades Drainageabfluss für die Belastungsschwerpunkte insbesondere in den heute landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Hochmoorflächen (s.o.) verantwortlich (Otterbäksmoor, Hellermoor, Wiefelsteder Moor und Richtmoor, über 3 bis vereinzelt sogar über 8 kg/ha·a). Aber auch die hohen P-Emissionen von etwa 1,25 kg/ha·a von Grünlandflächen auf dem Bodentyp „Gley mit Erd-Niedermoorauflage“ (gelb in Bild 29, rechts) sind überwiegend auf den Drainageabfluss zurückzuführen (vorkommend in den TEZG Halfsteder Bäke und Auebach). Insgesamt wird deutlich, dass einerseits verbreitet sehr geringe unterirdische P-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres vorliegen (< 0,1 kg/ha·a, von Wald- und Siedlungsflächen), andererseits auf den landwirtschaftlich genutzten (und zumeist drainierten) Flächen verbreitet erhöhte oder sogar hohe bis extrem hohe unterirdische P-Emissionen auftreten.

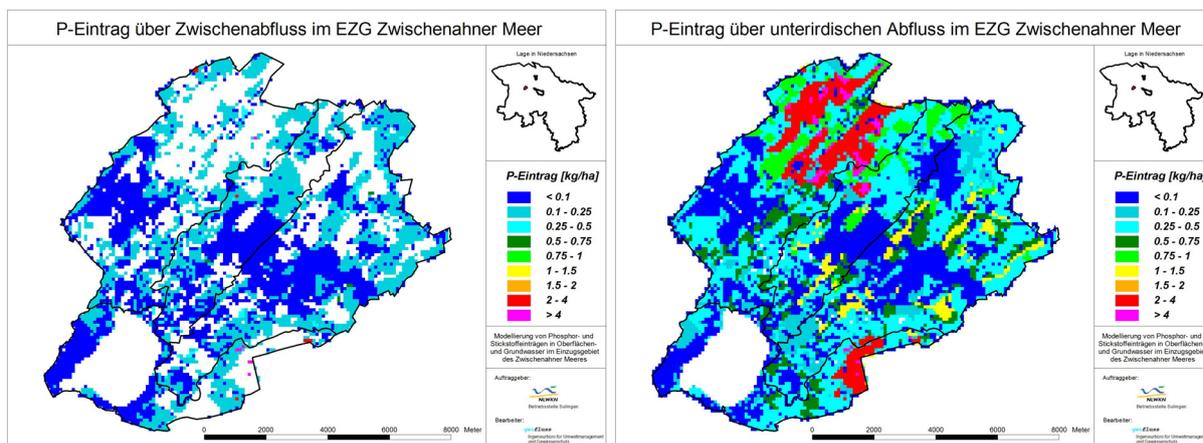


Bild 29: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über Zwischenabfluss (links) und für die diffusen P-Einträge über den unterirdischen Abfluss (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [kg/ha]

Die räumliche Verteilung der erosiven P-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres ist Bild 30 (links) zu entnehmen. Deutlich zu erkennen ist dabei, dass aufgrund der verbreitet geringen Hangneigungen nur auf relativ wenigen Ackerflächen hohe erosive P-Einträge von mehr als 1 kg/ha·a zu verzeichnen sind; diese Ackerflächen liegen jedoch alle in unmittelbarer Nähe eines Gewässers (modellintern wird die Distanz der Ackerflächen zu einem Gewässer berücksichtigt; ist kein Gewässer in der Nähe, werden auch keine erosiven Einträge ausgewiesen). Zu beachten ist, dass möglicherweise im EZG etablierte Erosionsschutzmaßnahmen

nicht berücksichtigt wurden, da hierzu keine Daten vorlagen. Insgesamt ist dieser P-Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer trotz lokaler Relevanz erwartungsgemäß von eher geringer Bedeutung.

Bild 30 (rechts) zeigt die P-Emissionen über Direkteintrag in die Gewässer (zu diesem Eintragspfad zählen z.B. Einträge über atmosphärische Deposition, über Waldstreu und über weidendes Vieh (Weidewirtschaft, nur für LN Grünland)). Abgesehen vom Zwischenahner Meer selbst sowie für viele Grünlandflächen betragen diese P-Einträge häufig deutlich unter 0,05 kg/ha-a. Für die relativ große Wasserfläche des Zwischenahner Meeres wurde der P-Eintrag über atmosphärische Deposition auf 0,18 kg/ha festgelegt (s.o.).

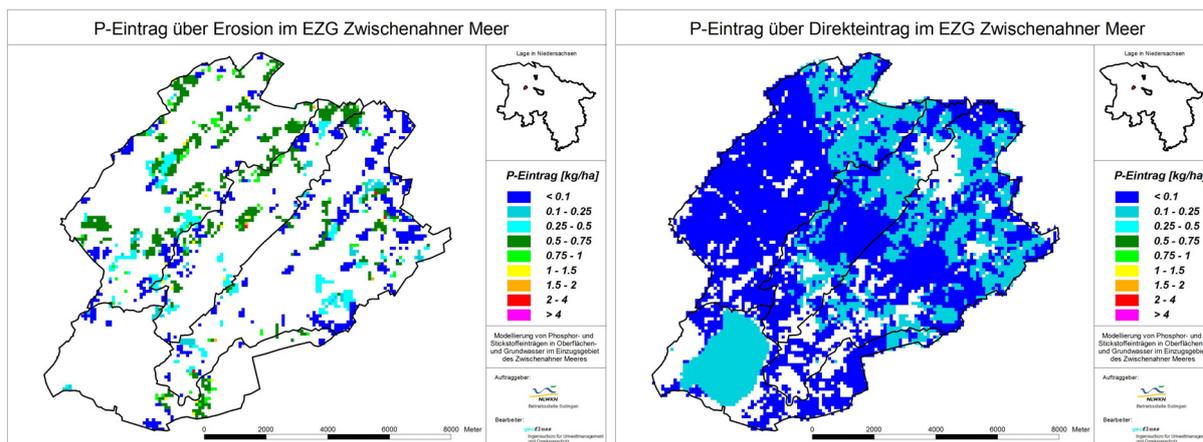


Bild 30: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über Erosion (links) und für die diffusen P-Einträge über Direkteintrag (rechts) im EZG Zwischenahner Meer, jeweils in [kg/ha]

Bild 31 zeigt die Summe der diffusen P-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres. Die besonders hohen diffusen P-Einträge von über 3 und vereinzelt z.T. sogar über 8 kg/ha-a erfolgen weitestgehend über Drainage- bzw. Drainage- und Grundwasserabfluss aus den heute landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Hochmoorflächen (Otterbäks- und Hellermoor im nördlichen TEZG Otterbäke (sowie kleinräumig im mittleren TEZG Auebach), das deutlich kleinere Richtmoor im östlichen TEZG Rand-EZG (sowie kleinräumig im südlichen TEZG Halfsteder Bäke) sowie das kleine Wiefelsteder Moor im mittleren TEZG Auebach). Insgesamt wird die Summe der diffusen P-Emissionen überwiegend durch die unterirdischen P-Einträge bestimmt. Auf einigen Ackerflächen tragen zudem erosive P-Emissionen zu erhöhten oder gar hohen P-Einträgen bei; für diese Bereiche sind in Bild 31 höhere P-Emissionen als in Bild 29 (rechts) zu verzeichnen. Insgesamt lässt sich festhalten, dass im EZG Zwischenahner Meer neben den genannten Flächen mit sehr hohen P-Einträgen verbreitet (landwirtschaftlich genutzte) Flächen mit erhöhten P-Emissionen von über 0,5 kg/ha-a auftreten. In einem Großteil des EZG liegen die diffusen P-Emissionen aber zumeist deutlich unter 0,3 kg/ha-a.

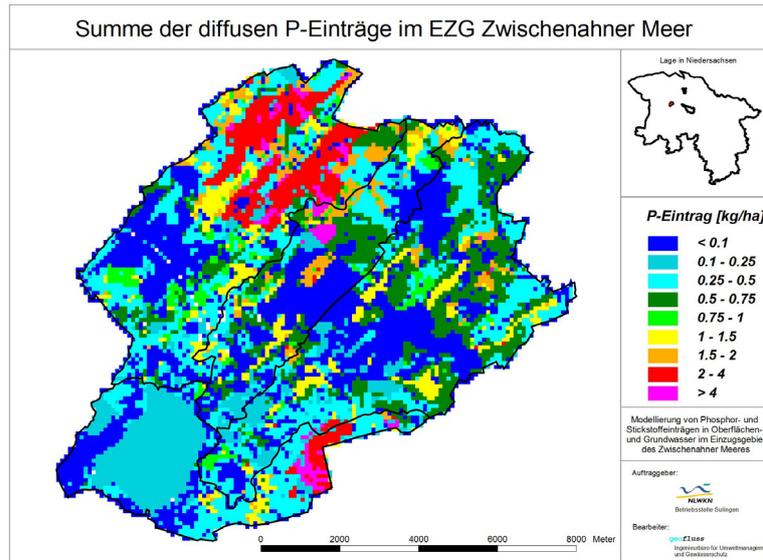


Bild 31: Modellergebnisse für die Summe der diffusen P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha]

In Bild 32 sind die punktuellen P-Einträge über urbane Einträge (Kanalisationen und Kleinkläranlagen) dargestellt. Da keine konkreten Angaben zu den Kleinkläranlagen vorlagen, wurden die entsprechenden P-Einträge auf Grundlage vorliegender Informationen wie z.B. „Anteil nicht an Kanalisationen angeschlossener Einwohner“ abgeschätzt. Die resultierenden Einträge werden modelltechnisch auf die gesamte Einzugsgebietsfläche verteilt und ergeben bei P-Emissionen von (deutlich) < 0,1 kg/ha·a in der Summe etwa 500 kg/a (ca. 25 % aller urbanen P-Emissionen). Deutlich höhere P-Einträge sind dagegen überall dort zu verzeichnen, wo versiegelte Flächen sowie Kanalisationen vorliegen. Je nach Versiegelungsgrad ergeben sich hierbei P-Emissionen zwischen zumeist etwa 0,1 und 1,5 kg/ha·a, auf einigen Flächen sogar bis über 2 kg/ha·a. Verbreitet hohe P-Einträge über Kanalisationen zwischen zumeist 1 und 1,5 kg/ha·a sind erwartungsgemäß aus den Ortschaften Wiefelstede und Bad Zwischenahn (inkl. des Ortsteils Rostrup) zu verzeichnen; sie stellen damit weitere Belastungsschwerpunkte für P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer dar.

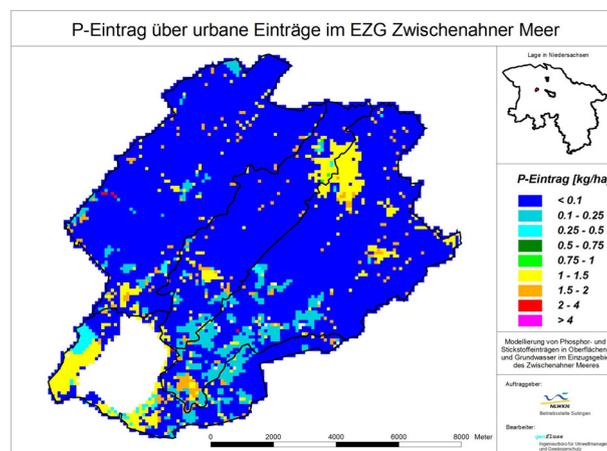


Bild 32: Modellergebnisse für die diffusen P-Einträge über urbane Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres in [kg/ha]

Bild 33 zeigt die Summe der gesamten P-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres. Relevante Unterschiede zu den diffusen P-Einträgen (vgl. Bild 31) bestehen vor allem in den

Ortschaften, in denen deutlich erhöhte punktuelle P-Emissionen über Kanalisationen zu verzeichnen sind (vgl. Bild 32) und folglich auch hohe gesamte P-Einträge vorliegen. Ansonsten sind auch bei der Darstellung der gesamten P-Emissionen sehr deutlich die durch diffuse P-Einträge verursachten Belastungsschwerpunkte in den ehemaligen Hochmoorgebieten zu erkennen (s.o.). Zudem sorgen die sehr geringen punktuellen P-Einträge über Kleinkläranlagen, die methodisch bedingt auf die gesamte Landfläche des EZG verteilt werden und unter 0,075 kg/ha-a liegen dafür, dass die P-Belastungsstufe < 0,1 kg/ha-a bei den gesamten P-Emissionen im Gegensatz zu den diffusen Einträgen (dunkelblau in Bild 31) fast nicht mehr auftreten.

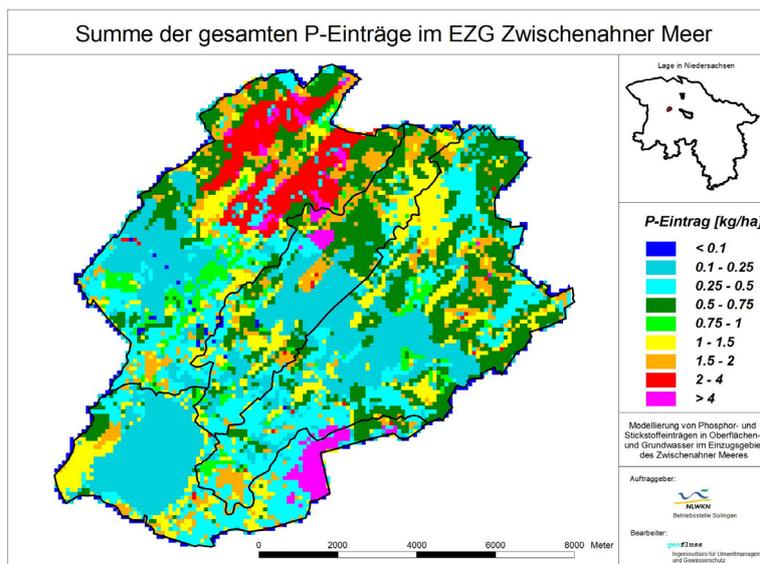


Bild 33: Modellergebnisse für die Summe der gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer in [kg/ha]

Insgesamt sollte hinsichtlich der P-Belastung im EZG Zwischenahner Meer folgendes beachtet werden:

- Die landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Hochmoorflächen stellen die wesentlichen P-Belastungsschwerpunkte im EZG Zwischenahner Meer dar; von ihnen erfolgen P-Emissionen von etwa 3.100 kg P/a und somit gut 35 % der gesamten und 45 % der diffusen P-Belastung im EZG Zwischenahner Meer.
- Von etwa 1.000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (mineralische Böden) sind hohe bis sehr hohe P-Emissionen von über 1 kg/ha-a und vereinzelt über 2 kg/ha-a zu verzeichnen; sie werden durch unterschiedliche P-Eintragspfade verursacht und summieren sich zu 1.460 kg P/a. Somit betragen sie 16,6 % der gesamten und 21,3 % der diffusen P-Belastung im EZG Zwischenahner Meer.
- Aus den Siedlungsbereichen resultieren relevante punktuelle P-Emissionen von häufig über 1 kg/ha-a über Kanalisationen.

Auf den genannten Flächen - die sehr verteilt im EZG Zwischenahner Meer liegen - lassen sich die P-Belastungen durch jeweils geeignete Maßnahmen effektiv vermindern.

### 3.3.1 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1

In Szenario 1 wurde für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres ein um 50 % erhöhter Abfluss angenommen. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 12 und Bild 34 sowie Bild 35 dargestellten Ergebnisse für die P-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Tabelle 12: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 1 (Sz 1: MQ um 50 % erhöht)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 1 (MQ + 50 %)	
	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]
Direkteinträge	382	4,3	382	2,6
Abschwemmung	52	0,6	77	0,5
Erosion	674	7,7	862	5,9
Grundwasser	1.871	21,3	2.255	15,6
Zwischenabfluss	691	7,9	1.192	8,2
Dränagen	3.201	36,5	7.179	49,5
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	1.910	21,8	2.552	17,6
Summe diffus	6.869	78,2	11.948	82,4
Summe punktuell	1.910	21,8	2.552	17,6
Summe	8.779	100	14.500	100

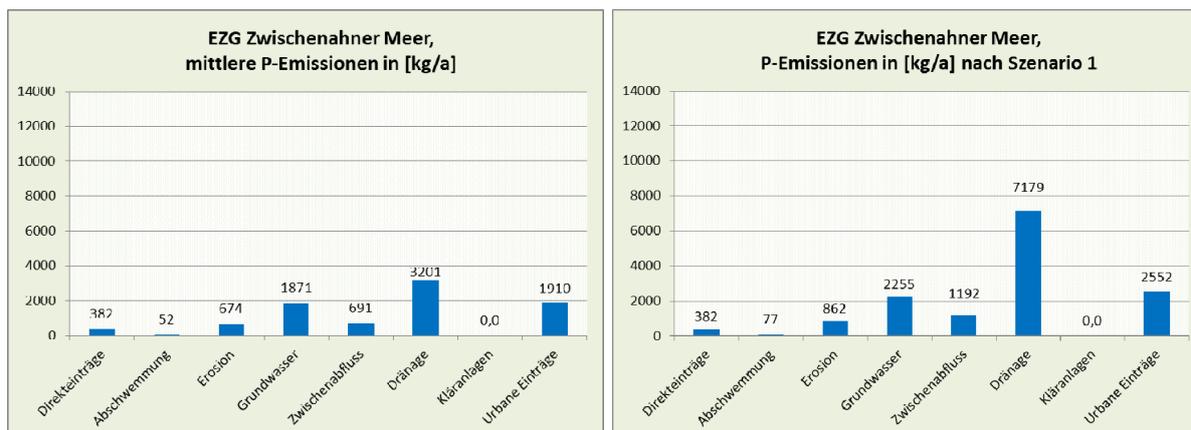


Bild 34: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [t/a]

Erwartungsgemäß erhöhen sich die gesamten P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer durch die deutliche Zunahme des Abflusses Szenario 1 im Vergleich zum IST-Zustand erheblich. Die gesamten P-Emissionen nehmen um etwa 5.700 kg/a und somit um ca. 65 % auf 14.500 kg/a zu, die diffusen P-Einträge erhöhen sich um 74 % (plus 5.079 auf 11.948 kg/a). Besonders deutlich ist die Zunahme bei den P-Emissionen über den schnell abfließenden unterirdischen P-Eintragspfad Drainageabfluss: sie erhöhen um ca. 3.980 kg/a (plus 124 %, vgl. Bild 34). Die zweithöchste Zunahme der diffusen P-Einträge ist über den ebenfalls schnell abfließenden Pfad Zwischenabfluss zu verzeichnen (um etwa 500 kg/a, entspricht einer Zunahme von ca. 73 %). Weiterhin erhöhen sich die punktuellen P-Einträge über den Pfad urbane Einträge durch Szenario 1 deutlich (um etwa 640 kg/a bzw. um fast 34 %). Die P-Emissionen über Grundwasserabfluss erhöhen sich dem gegenüber nur um etwa 380 kg/a (plus ca. 21 %), die erosiven P-Einträge nehmen um fast 28 % bzw. 188 kg/a

zu. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

In Bild 35 ist die räumliche Verteilung der für Szenario 1 ermittelten gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen dargestellt. Auffällig ist hierbei vor allem die deutliche Zunahme der (diffusen) P-Einträge auf vielen landwirtschaftlichen Nutzflächen (insbesondere aber nicht nur auf den ehemaligen Hochmooren, s.o.) sowie die der (punktuellen) P-Einträge in den Siedlungen. Anzumerken ist, dass unter den Bedingungen von Szenario 1 von etwa 100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche extrem hohe P-Emissionen von (deutlich) über 14 kg/ha-a erfolgen; bei diesen Flächen handelt es sich ausschließlich um ehemalige Hochmoorflächen. Sie liegen hauptsächlich im TEZG Otterbäke, aber auch in den TEZG Auebach und Rand-EZG.

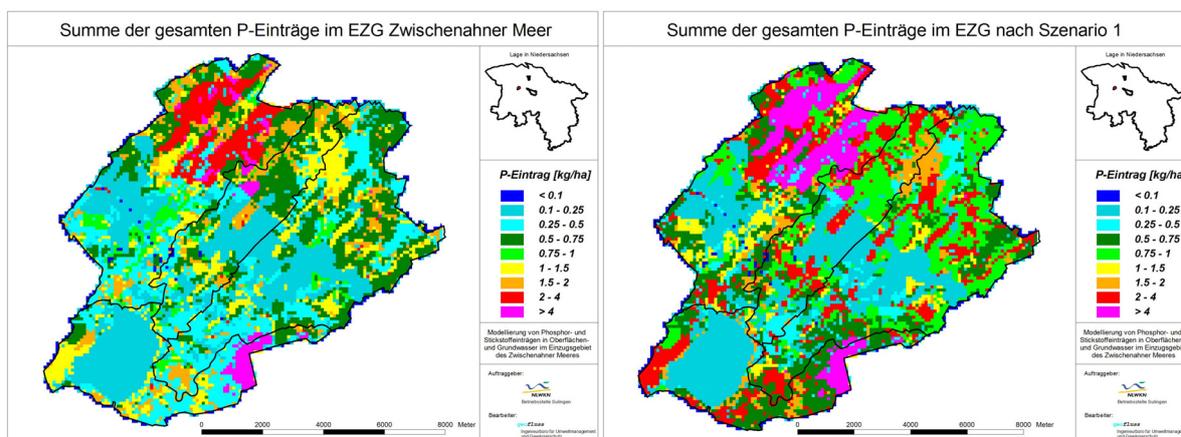


Bild 35: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 1 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.3.2 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2

In Szenario 2 wurde für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres ein im Vergleich zum mittleren Abfluss um 100 % erhöhter Abfluss angenommen. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 13 und Bild 36 sowie Bild 37 dargestellten Ergebnisse für die P-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Nach Szenario 2 erhöhen sich die diffusen P-Einträge im Vergleich zum IST-Zustand um 174 % auf 18.831 kg/a, die gesamten P-Emissionen nehmen um 150 % auf etwa 22.000 kg/a zu. Die prozentual und absolut höchste Zunahme wird demnach mit 314 % über den Pfad Drainageabfluss erzielt (plus etwa 10 t/a auf nun 13,2 t/a, vgl. Bild 36). Die zweithöchste Zunahme der diffusen P-Einträge beträgt gemäß der Modellergebnisse 1.070 kg/a für den Eintragspfad Zwischenabfluss (plus 155 %). Über den Grundwasserabfluss resultieren nach Szenario 2 P-Emissionen von 2.292 kg/a und somit lediglich etwa 421 kg/a mehr als beim IST-Zustand, diese Zunahme beträgt knapp 23 %. Auch bei den urbanen Einträgen zeigt sich eine deutliche Erhöhung der P-Emissionen: im Vergleich zum IST-Zustand nehmen sie um gut 1.260 kg/a bzw. 66 % auf fast 3.200 kg/a zu (betrifft die P-Einträge über Kanalisationen). Die erosiven P-Einträge erhöhen sich um etwa 54 % auf 1.040 kg/a. Insgesamt nehmen die P-Emissionen nach Szenario 2 um über 13.200 kg/a im Vergleich zum IST-Zustand zu. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

Tabelle 13: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 2 (Sz 2: MQ um 100 % erhöht)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 2 (MQ+100%)	
	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]
Direkteinträge	382	4,3	382	1,7
Abschwemmung	52	0,6	103	0,5
Erosion	674	7,7	1.040	4,7
Grundwasser	1.871	21,3	2.292	10,4
Zwischenabfluss	691	7,9	1.760	8,0
Dränagen	3.201	36,5	13.253	60,2
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	1.910	21,8	3.173	14,4
Summe diffus	6.869	78,2	18.831	85,6
Summe punktuell	1.910	21,8	3.173	14,4
Summe	8.779	100	22.004	100

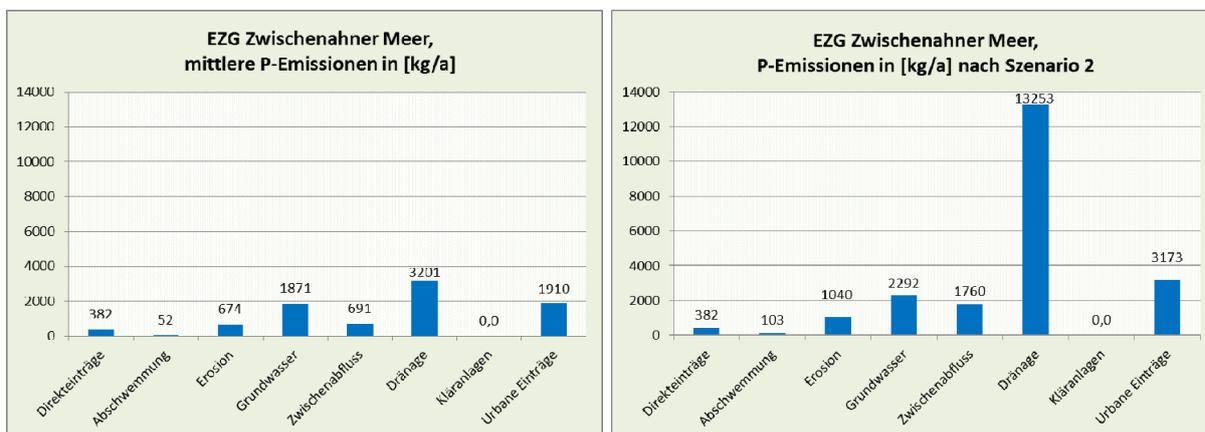


Bild 36: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [t/a]

Bild 37 zeigt die räumliche Verteilung der für Szenario 2 ermittelten gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen. Erwartungsgemäß erhöhen sich die P-Emissionen im Vergleich zu Szenario 1 weiter. Aus den landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Hochmooren erfolgen nun immer P-Einträge von über 5 kg/ha-a, zudem sind von etwa 100 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche auf ehemaligen Hochmooren extrem hohe diffuse P-Emissionen von über 25 kg/ha-a zu verzeichnen. Sie liegen hauptsächlich im TEZG Otterbäke, aber auch in den TEZG Auebach und Rand-EZG. Aber auch von den restlichen landwirtschaftlichen Nutzflächen erfolgen nach Szenario 2 von etwa 700 ha sehr hohe diffuse P-Emissionen von über 2 kg/ha-a. Zudem sind verbreitet sehr hohe punktuelle P-Emissionen von über 2 kg/ha-a aus den Siedlungen zu verzeichnen.

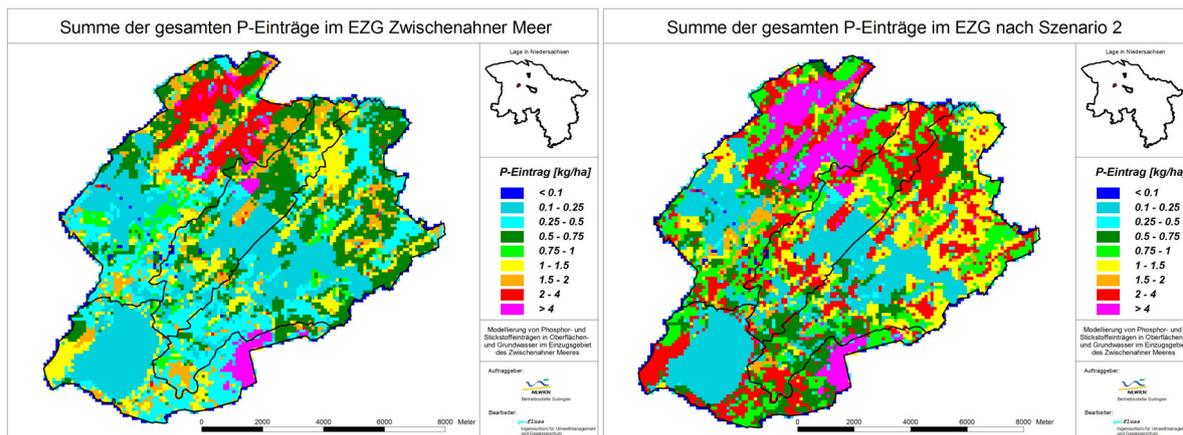


Bild 37: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 2 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.3.3 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3

Nachdem in den Szenarien 1 und 2 erhöhte Abflüsse für das EZG des Zwischenahner Meeres angesetzt wurden, wird in Szenario 3 ein im Vergleich zum mittleren Abfluss um 25 % verringerter Abfluss angenommen. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 14 und Bild 38 sowie Bild 39 dargestellten Ergebnisse für die P-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Tabelle 14: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 3 (SZ 3: MQ um 25 % verringert)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 3 (MQ - 25 %)	
	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]
Direkteinträge	382	4,3	382	5,9
Abschwemmung	52	0,6	39	0,6
Erosion	674	7,7	574	8,9
Grundwasser	1.871	21,3	1.544	24,0
Zwischenabfluss	691	7,9	469	7,3
Dränagen	3.201	36,5	1.870	29,0
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	1.910	21,8	1.565	24,3
Summe diffus	6.869	78,2	4.879	75,7
Summe punktuell	1.910	21,8	1.565	24,3
Summe	8.779	100	6.443	100

Im Vergleich zum IST-Zustand verringern sich die gesamten P-Emissionen durch Szenario 3 im EZG des Zwischenahner Meeres um etwa 2.640 kg/a und somit um fast 30 %, die diffusen P-Emissionen verringern sich um 2.336 kg/a auf 6.443 kg/a (minus ca. 27 %). Besonders deutlich vermindern sich nach diesem Szenario die P-Emissionen über den schnell abfließenden P-Eintragspfad Drainageabfluss (um 1.330 von 3.372 auf etwa 1.870 kg/a, minus ca. 42 %, vgl. Bild 38). Der zweithöchste absolute Rückgang der P-Einträge ist mit 326 kg/a für den Pfad Grundwasser zu verzeichnen (minus etwa 17 %). Prozentual nehmen die P-Einträge über den ebenfalls schnell abfließenden P-Eintragspfad Zwischenabfluss am zweitdeutlichsten ab: der Rückgang beträgt ca. 32 % (minus 222 kg/a). Die erosiven P-Einträge vermindern sich dagegen nur geringfügig um ca. 15 % auf 574 kg/a. Bei den punktuellen P-

Emissionen reduzieren sich die urbanen Einträge um 345 kg/a bzw. 18 % auf nun 1.565 kg/a. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

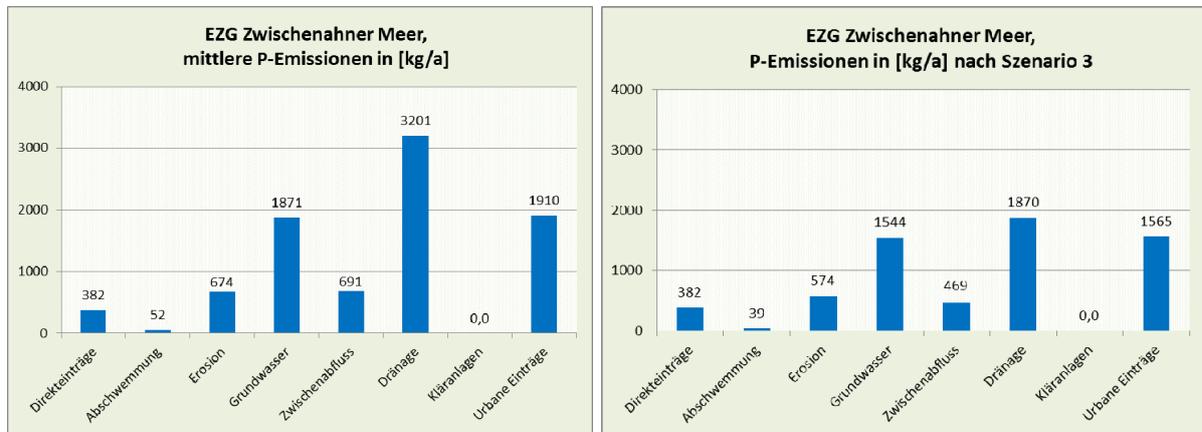


Bild 38: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [t/a]

Bild 39 ist die räumliche Verteilung der für Szenario 3 ermittelten gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen zu entnehmen. Erwartungsgemäß führen die deutlich verminderten Abflüsse nach Szenario 3 zu einer relevanten Verminderung der P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Dies gilt insbesondere für die landwirtschaftlichen Nutzflächen. Zu beachten ist aber, dass auch unter den Bedingungen von Szenario 3 immer noch sehr hohe P-Emissionen von den ehemaligen Hochmooren, die aktuell landwirtschaftlich genutzt werden, von zumeist über 2 und z.T. sogar über 5 kg/ha·a erfolgen. Zudem treten im EZG Zwischenahner Meer auch bei diesen eher geringen Abflüssen von vielen weiteren Flächen hohe P-Einträge von über 1 kg/ha·a (gelb in Bild 39, rechts, betrifft landwirtschaftliche Nutzflächen auf mineralischen Böden und Siedlungsbereiche) auf.

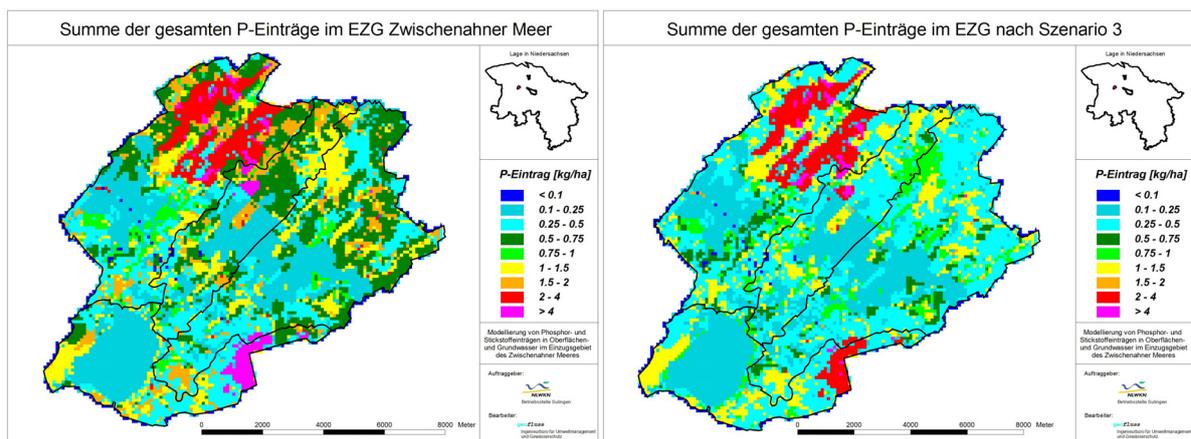


Bild 39: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 3 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.3.4 Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4

In Szenario 4 wurde angenommen, dass der Abfluss für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres im Vergleich zum mittleren Zustand halbiert ist. Hieraus ergeben sich die in Tabelle 15 und Bild 40 sowie Bild 41 dargestellten Ergebnisse für die P-Einträge im EZG des Zwischenahner Meeres.

Tabelle 15: P-Einträge nach Pfaden im EZG des Zwischenahner Meeres nach Szenario 4 (Sz 4: MQ um 50 % verringert)

Eintragspfad	IST-Zustand		Sz 4 (MQ - 50 %)	
	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]
Direkteinträge	382	4,3	382	8,8
Abschwemmung	52	0,6	26	0,6
Erosion	674	7,7	470	10,8
Grundwasser	1.871	21,3	1.126	25,9
Zwischenabfluss	691	7,9	255	5,9
Dränagen	3.201	36,5	873	20,1
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	1.910	21,8	1.216	28,0
Summe diffus	6.869	78,2	3.131	72,0
Summe punktuell	1.910	21,8	1.216	28,0
Summe	8.779	100	4.347	100

Erwartungsgemäß verringern sich die P-Emissionen durch Szenario 4 im Vergleich zum IST-Zustand erheblich. Die diffusen P-Einträge nehmen um 3.738 kg/a (minus ca. 54 %), die punktuellen um fast 700 kg/a (minus gut 36 %) ab. Unter den Bedingungen von Szenario 4 stellt der Grundwasserabfluss mit 1.126 kg/a den dominierenden P-Eintragspfad dar, obwohl auch hier die P-Emissionen im Vergleich zum IST-Zustand um 745 kg/a bzw. 40 % zurückgehen. Der absolut höchste Rückgang der P-Einträge ist für den diffusen P-Eintragspfad Drainageabfluss zu verzeichnen; diese P-Einträge verringern sich um 2.328 kg/a auf nun lediglich noch 873 kg/a, womit sie um ca. 73 % zurückgehen. Auch über den zweiten schnellen Abflusspfad Zwischenabfluss reduzieren sich die P-Emissionen nach Szenario 4 prozentual deutlich: sie vermindern sich um 63 % auf nun 255 kg/a (minus 435 kg/a).

Ebenfalls deutlich verringern sich gemäß der Modellergebnisse die urbanen P-Einträge (um 36 % bzw. 694 kg/a auf 1.216 kg/a). Ein vergleichsweise geringer Rückgang ergibt sich für die erosiven P-Einträge, die sich um gut 200 kg/a (minus 30 %) auf 470 kg/a vermindern. In der Summe verringern sich die gesamten P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer um 4.432 kg/a bzw. gut 50 %. Für die Eintragspfade Direkteinträge und Kleinkläranlagen wurden keine Veränderungen durch die Szenarien angesetzt.

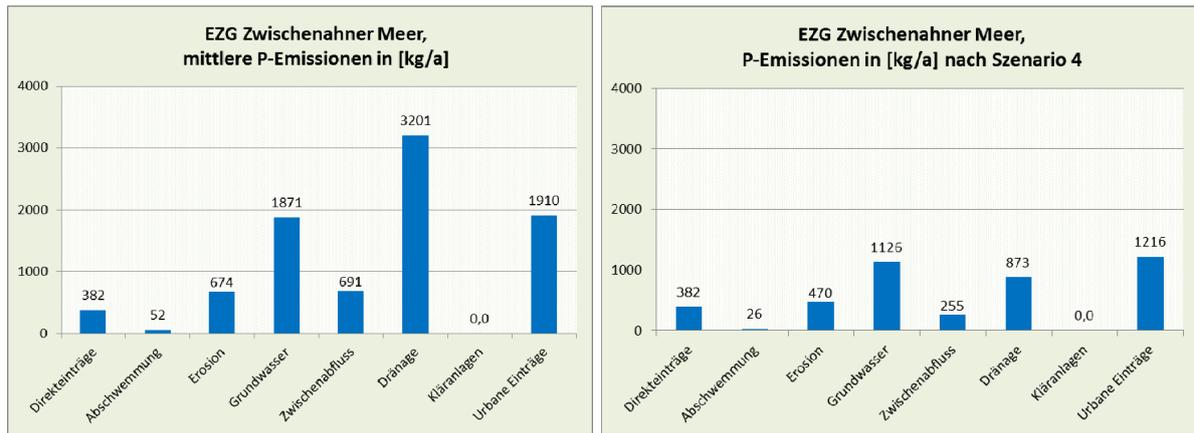


Bild 40: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [t/a]

Bild 41 zeigt die räumliche Verteilung der für Szenario 4 ermittelten gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer im Vergleich zu den entsprechenden Ergebnissen unter mittleren Bedingungen. Die weiter deutlich verminderten Abflüsse nach Szenario 4 bewirken eine sehr relevante Verminderung der P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Besonders deutlich wird dies bei den landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Hochmooren. Hier treten nun insbesondere im TEZG Otterbäke verbreitet (hohe) P-Emissionen von „nur“ noch 1 bis 1,5 kg/ha·a auf. Doch selbst bei den Bedingungen von Szenario 4 sind von gut 100 ha dieser ehemaligen Hochmoore weiterhin sehr hohe bzw. z.T. sogar extrem hohe diffuse P-Einträge von über 2 bzw. sogar über 4 kg/ha·a zu verzeichnen.

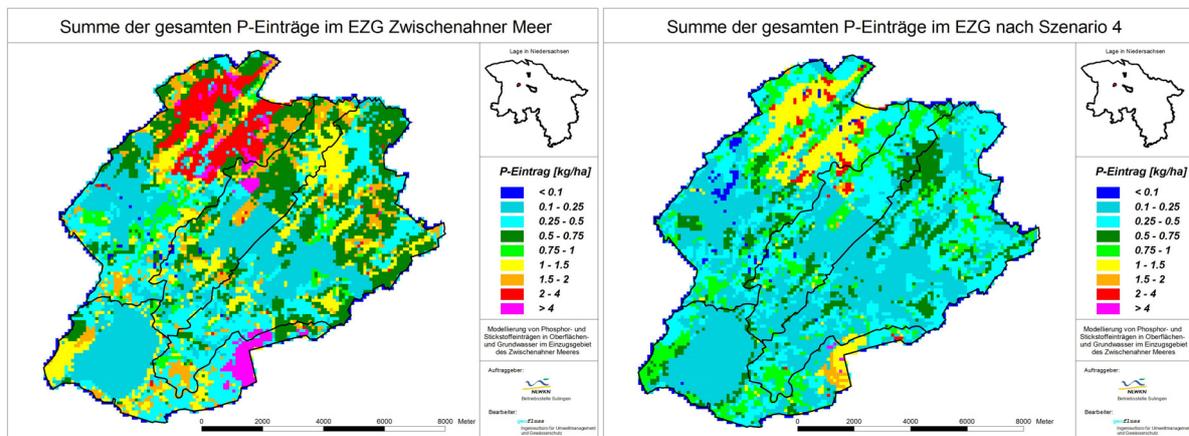


Bild 41: Modellergebnisse für die gesamten P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer für den IST-Zustand (links) und im Vergleich für Szenario 4 (rechts), jeweils in [kg/ha]

### 3.4 Herkunft der Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres

In den nachfolgenden Kap. 3.4.1 bis 3.4.3 wird die räumliche Herkunft der Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres auf Ebene der TEZG betrachtet. Anschließend wird in Kap. 3.4.5 eine kurze Übersicht zu den P-Einträgen der einzelnen TEZG gegeben.

#### 3.4.1 Phosphoreinträge aus dem TEZG Otterbäke

Gemäß der Modellergebnisse resultieren aus dem TEZG Otterbäke P-Emissionen von 4.040 kg/a. Dies entspricht 46 % der gesamten und fast 52 % der diffusen P-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres. Das TEZG Otterbäke ist somit ein wesentlicher Belastungsschwerpunkt bezogen auf die P-Emissionen. Der dominierende P-Eintragspfad ist der Drainageabfluss, über den P-Emissionen etwa 2.000 kg/a (fast 50 % der gesamten P-Emissionen in diesem TEZG) erfolgen (vgl. Bild 42). Der zweitwichtigste P-Eintragspfad im TEZG Otterbäke ist der Grundwasserabfluss mit 940 kg/a (23,3 %). Ein wesentlicher Anteil der P-Emissionen über diese beiden Pfade erfolgt dabei von den heute in landwirtschaftlicher Nutzung befindlichen ehemaligen Hochmooren (Otterbäks- und Hellermoor) im Oberlauf von Otterbäke und Heller Bäke: etwa 2.280 kg P/a (davon fast 1.600 kg/a über Drainageabfluss) werden von dieser mit knapp 600 ha eher kleinen Fläche ausgetragen (im Mittel etwa 3,8 kg/ha-a, vgl. Bild 28). Somit resultieren gemäß der Modellergebnisse gut 56 % aller P-Emissionen und gut 63 % der diffusen P-Einträge im TEZG Otterbäke aus den genannten Flächen.

Weitere bedingt relevante P-Eintragspfade sind im TEZG Otterbäke die urbanen Einträge (427 kg/a, 10,6 %) und Erosion (328 kg/a, 8,1 %). Alle anderen P-Eintragspfade sind im TEZG Otterbäke eher unbedeutend.

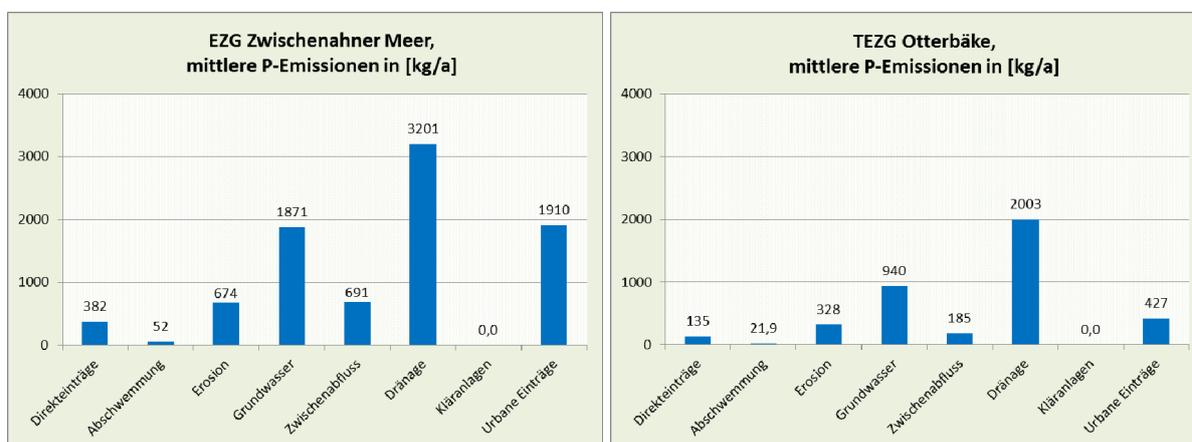


Bild 42: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Otterbäke (30,3 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [kg/a]

#### 3.4.2 Phosphoreinträge aus dem TEZG Halfsteder Bäke

Im TEZG Halfsteder Bäke sind, anders als im TEZG Otterbäke, die urbanen Einträge der wichtigste P-Eintragspfad (687 kg/a, 32,4 % aller P-Emissionen in diesem TEZG). Sie resultieren dabei vor allem aus folgenden Ortschaften: Wiefelstede (ein Teil von hier wurde dem TEZG Auebach zugerechnet), Bokel und Bad Zwischenahn (der größere Teil von Bad Zwi-

schennahm im EZG ist dem TEZG Rand-EZG zugeordnet). Allerdings dominieren auch im TEZG Halfsteder Bäke mit in der Summe 1.433 kg/a (67,6 %) die diffusen P-Einträge. Die beiden wichtigsten diffusen P-Eintragspfade sind Drainage- und Grundwasserabfluss mit jeweils fast 430 kg/a (je 20,1 %). Mit 260 kg/a bzw. 12,3 % sind zudem noch relevante P-Emissionen über den Pfad Zwischenabfluss zu verzeichnen. In der Summe resultieren aus dem TEZG Halfsteder Bäke P-Emissionen von 2.120 kg/a.

Im Gegensatz zu den anderen TEZG ist im TEZG Halfsteder Bäke nur ein geringer Anteil der P-Emissionen auf heute in landwirtschaftlicher Nutzung befindliche ehemalige Hochmoore zurückzuführen (lediglich 44 kg P/a und somit ca. 2 % aller P-Emissionen im TEZG Halfsteder Bäke). Als Ursache hierfür ist die mit nur 11 ha sehr geringe Ausdehnung dieser Flächen zu nennen. Allerdings sind die P-Emissionen hier mit im Mittel etwa 4 kg/ha-a extrem hoch.

Der P-Eintragspfad Erosion ist im TEZG Halfsteder Bäke mit 155 kg/a (7,3 %) eher unbedeutend, dennoch sind diese P-Emissionen aber lokal für besonders hohe P-Einträge von über 2 kg/ha-a verantwortlich. Insgesamt stammen im TEZG Halfsteder Bäke die höchsten diffusen P-Emissionen von landwirtschaftlichen Nutzflächen (auf gut einem Drittel der LNF über 0,75 kg/ha-a sowie auf etwa 5 % der LNF über 1,5 bis vereinzelt (deutlich) über 2 kg/ha-a). Darüber hinaus sind hohe punktuelle P-Emissionen über den Pfad urbane Einträge zu verzeichnen (häufig über 1 kg/ha-a sowie vereinzelt über 2 kg/ha-a).

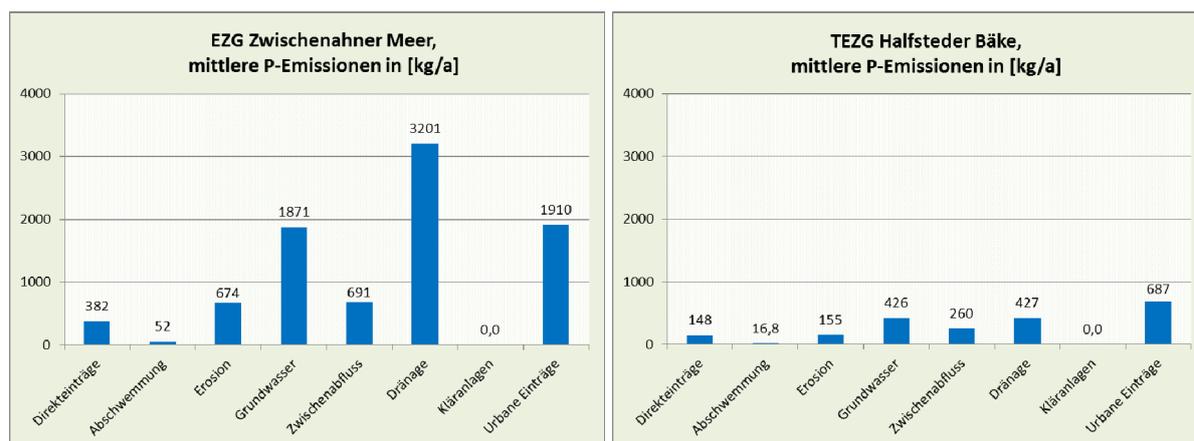


Bild 43: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Halfsteder Bäke (32,6 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [kg/a]

### 3.4.3 Phosphoreinträge aus dem TEZG Rand-EZG

Aus dem TEZG Rand-EZG resultieren gemäß der Modellergebnisse insgesamt 1.332 kg P/a, was gut 15 % der gesamten P-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres entspricht. Wie bereits im TEZG Halfsteder Bäke sind auch in diesem TEZG die urbanen Einträge mit fast 500 kg/a (37 % aller P-Emissionen in diesem TEZG) der wichtigste P-Eintragspfad (vgl. Bild 44). Sie resultieren dabei vor allem aus Bad Zwischenahn (inkl. des Ortsteils Rostrup). Allerdings dominieren auch im TEZG Rand-EZG mit in der Summe 839 kg/a (63 %) die diffusen P-Einträge. Der wichtigste diffuse P-Eintragspfad im TEZG Rand-EZG ist der Drainageabfluss mit 373 kg/a (28 %), der zweitwichtigste der Grundwasserabfluss mit 264 kg/a (knapp 20 %).

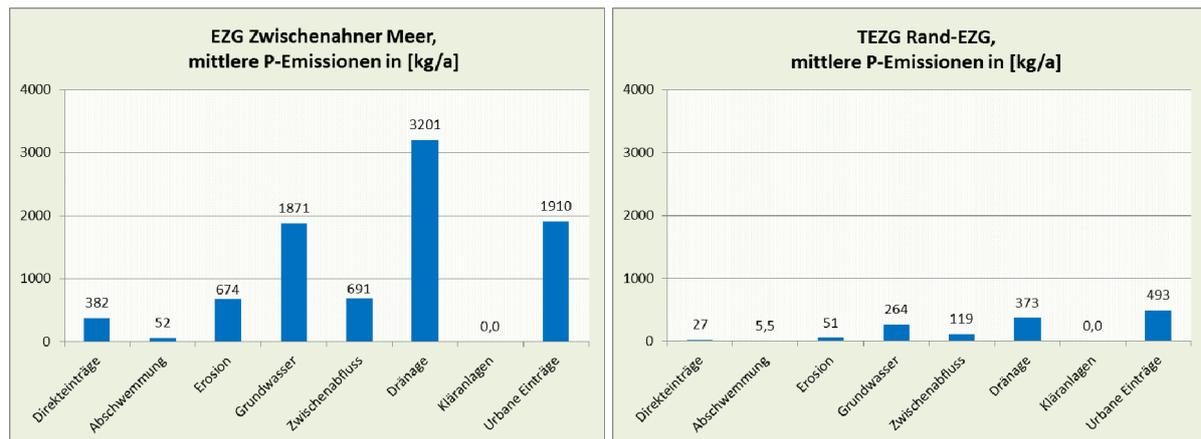


Bild 44: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Rand-EZG (10,9 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [kg/a]

Ein sehr relevanter Anteil der P-Emissionen über diese beiden Pfade erfolgt dabei von den heute in landwirtschaftlicher Nutzung befindlichen ehemaligen Hochmoorflächen im Oberlauf des Aschhauser Wasserzugs (Richtmoor): etwa 538 kg P/a wird von dieser mit 128 ha eher kleinen Fläche ausgetragen (im Mittel etwa 4,2 kg/ha·a, vgl. Bild 28). Somit resultieren gemäß der Modellergebnisse gut 40 % aller P-Emissionen und 64 % der diffusen P-Emissionen im TEZG Rand-EZG aus den genannten Flächen.

Von den weiteren P-Eintragspfaden ist lediglich noch der Zwischenabfluss mit einem Anteil von knapp 9 % (119 kg/a) von einer gewissen Relevanz, alle anderen P-Eintragspfade sind in diesem TEZG unbedeutend. Allerdings sind von einzelnen Ackerflächen durchaus hohe erosive P-Einträge von über 1 kg/ha·a zu erwarten (vgl. Bild 30).

### 3.4.4 Phosphoreinträge aus dem TEZG Auebach

Aus dem TEZG Auebach erfolgen gemäß der Modellergebnisse P-Emissionen von 1.286 kg/a, wovon fast ein Drittel (397 kg/a) über den dominierenden P-Eintragspfad Drainageabfluss resultiert. Den zweitwichtigsten P-Eintragspfad stellen im TEZG Auebach die urbanen Einträge mit 303 kg/a (23,5 % aller P-Emissionen aus diesem TEZG); sie erfolgen dabei vor allem aus den Ortschaften Wiefelstede (ein Teil von hier wurde dem TEZG Halfsteder Bäke zugerechnet) und Gristede.

Weitere relevante P-Einträge von 240 kg/a (fast 19 %) sind im TEZG Auebach über den Grundwasserabfluss zu verzeichnen.

Ein durchaus wichtiger Anteil der P-Emissionen erfolgt im TEZG Auebach von den heute in landwirtschaftlicher Nutzung befindlichen ehemaligen Hochmooren (vor allem Wiefelsteder Moor) im Oberlauf der Gristeder Bäke: etwa 230 kg P/a (davon fast 160 kg/a über Drainageabfluss) werden von dieser sehr kleinen Fläche (knapp 37 ha) ausgetragen (im Mittel etwa 6 kg/ha·a, vgl. Bild 28). Somit resultieren gemäß der Modellergebnisse fast 18 % aller P-Emissionen und gut 23 % der diffusen P-Einträge im TEZG Auebach aus den genannten Flächen.

Mit einem Anteil von knapp 11 % (140 kg/a) sind die erosiven P-Einträge in diesem TEZG nicht unbedeutend; von einzelnen Ackerflächen sind dabei durchaus hohe erosive P-

Einträge von z.T. deutlich über 1 kg/ha·a zu erwarten (vgl. Bild 30). Über den Zwischenabfluss wurden zudem P-Emissionen von 140 kg/a (9,9 %) ermittelt. Alle weiteren P-Eintragspfade sind in diesem TEZG unbedeutend (vgl. Bild 45).

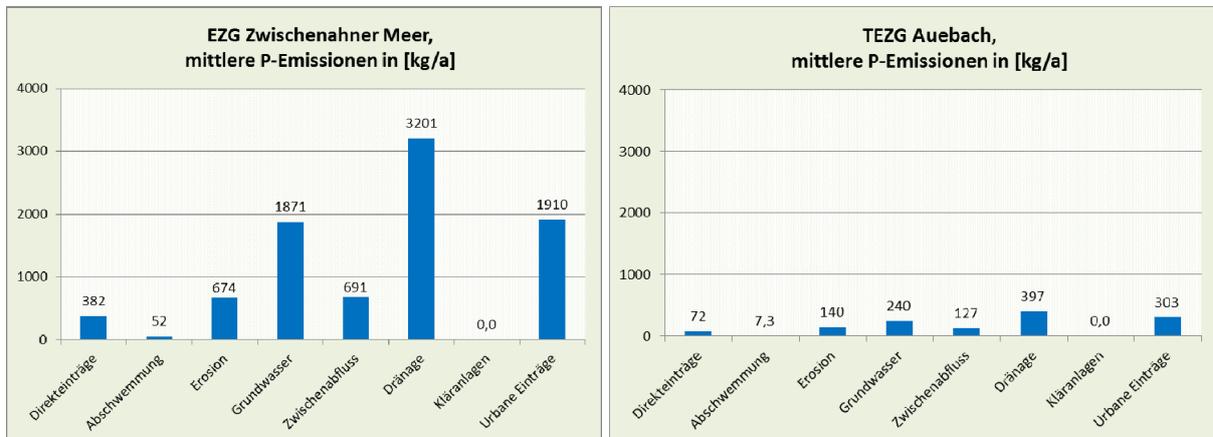


Bild 45: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden für das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres (89,8 km<sup>2</sup>, links) und das TEZG Auebach (16,0 km<sup>2</sup>, rechts), jeweils in [kg/a]

### 3.4.5 Übersicht zu den Phosphoreinträgen aus den einzelnen TEZG

In Bild 46 sind die prozentualen Anteile der gesamten bzw. diffusen P-Emissionen aus den einzelnen TEZG im EZG Zwischenahner Meer dargestellt. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass gemäß der Modellergebnisse über die Hälfte der diffusen P-Emissionen aus dem TEZG Otterbäke stammen (vgl. Bild 46, rechts). In diesem TEZG ist zudem die Flächenbelastung durch diffuse P-Emissionen mit fast 1,2 kg/ha·a mit Abstand am höchsten. Dagegen ist die punktuelle P-Belastung vergleichsweise gering, weshalb auch der Anteil der gesamten P-Emissionen mit 46 % deutlich unter dem der diffusen P-Einträge liegt. Zu beachten ist, dass im TEZG Otterbäke extrem hohe P-Emissionen aus den ehemaligen Hochmoorflächen zu verzeichnen sind (vgl. Kap. 3.4.1 und 3.3).

Die zweithöchste P-Flächenbelastung durch diffuse P-Einträge wird im TEZG Rand-EZG erreicht: sie liegt bei 0,77 kg/ha·a und ist ebenfalls zu einem erheblichen Anteil auf die extrem hohen P-Emissionen aus den ehemaligen Hochmooren (die heute in landwirtschaftlicher Nutzung sind) zurückzuführen. Da dieses TEZG eher klein ist, beträgt der Anteil der diffusen P-Emissionen trotz der recht hohen Flächenbelastung nur 12 % aller diffusen P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer. Allerdings ist zu beachten, dass im TEZG Rand-EZG die punktuellen P-Emissionen besonders hoch sind, weshalb der Anteil der gesamten P-Emissionen mit über 15 % deutlich über dem der diffusen P-Einträge liegt; zudem sind dadurch die gesamten P-Emissionen mit 1,22 kg/ha·a sehr hoch.

Der zweithöchste Anteil sowohl der diffusen als auch der punktuellen P-Einträge ist aus dem TEZG Halfsteder Bäke zu verzeichnen. Auch in diesem TEZG liegen erhöhte punktuelle P-Emissionen vor. Daher ist der Anteil der gesamten P-Emissionen mit 24,2 % höher als der der diffusen P-Einträge mit 20,6 %. Zu beachten ist, dass die P-Flächenbelastung mit 0,44 kg/ha·a für die diffusen und 0,65 kg/ha·a für die gesamten P-Emissionen geringer als im restlichen EZG des Zwischenahner Meeres sind.

Aus dem TEZG Auebach resultieren 14,7 % der gesamten und 14,1 % der diffusen P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Die P-Flächenbelastung liegt mit 0,65 kg/ha-a für die diffusen und 0,8 kg/ha-a für die gesamten P-Emissionen im Vergleich mit den anderen TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres im unteren Bereich.

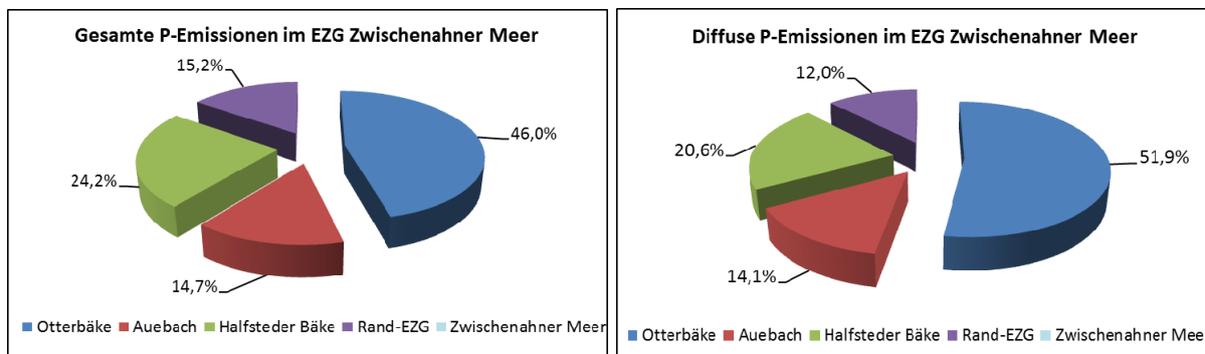


Bild 46: Herkunft der P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Modellergebnisse für die einzelnen TEZG, gesamte P-Emissionen (links) und diffuse P-Emissionen (rechts), jeweils in [%]

Die nachfolgende Tabelle 16 zeigt die Modellergebnisse zu den P-Einträgen für die vier TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres differenziert nach Eintragspfaden.

Tabelle 16: Modellergebnisse zu den P-Einträgen nach Pfaden in den TEZG im EZG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014

Eintragspfad	Otterbäke		Halfsteder Bäke		Rand-EZG		Auebach	
	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]
Direkteinträge	135	3,4	148	7,0	27	2,0	72	5,6
Abschwemmung	21,9	0,5	16,8	0,8	5,5	0,4	7,3	0,6
Erosion	328	8,1	155	7,3	51	3,8	140	10,9
Grundwasser	940	23,3	426	20,1	264	19,8	240	18,7
Zwischenabfluss	185	4,6	260	12,3	119	8,9	127	9,9
Dränagen	2.003	49,6	427	20,1	373	28,0	397	30,9
Kläranlagen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Urbane Einträge	427	10,6	687	32,4	493	37,0	303	23,5
Summe diffus	3.613	89,4	1.433	67,6	839	63,0	984	76,5
Summe punktuell	427	10,6	687	32,4	493	37,0	303	23,5
Summe	4.040	100	2.120	100	1.332	100	1.286	100

### 3.5 Nährstofffrachten im EZG des Zwischenahner Meeres

Im Gegensatz zu den Kap. 3.1 bis 3.4, in denen die berechneten Nährstoffemissionen dargelegt wurden, werden in diesem Kapitel die Modellergebnisse für die Stickstoff- und Phosphorfrachten (also die Nährstoffimmissionen) aus den Teileinzugsgebieten im EZG des Zwischenahner Meeres vorgestellt und - soweit Referenzfrachten vorliegen - auch bewertet.

In Tabelle 17 sind die Modellergebnisse zu den N-Immissionen pro TEZG im EZG und im Untersuchungsgebiet (UG) Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014 dargestellt. Aufgrund der sehr geringen Retention in dem eher klei-

nen EZG des Zwischenahner Meeres sind die N-Immissionen nur unwesentlich geringer als die entsprechenden N-Emissionen (vgl. Tabelle 10). Entsprechend ergeben sich auch für die prozentualen Anteile der einzelnen TEZG an der Gesamtbelastung nur geringfügige Veränderungen im Vergleich zu den N-Emissionen (vgl. Bild 26). Zu beachten ist, dass die atmosphärische N-Deposition auf die Wasserfläche des Zwischenahner Meeres immerhin 6,5 % der gesamten N-Immissionen im Untersuchungsgebiet ausmacht.

Tabelle 17: Modellergebnisse zu den gesamten N-Immissionen pro TEZG im EZG und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014

TEZG	EZG Zwischen. Meer		UG Zwischenah. Meer (EZG inkl. Seefläche)	
	N [t/a]	N [%]	N [t/a]	N [%]
Otterbäke	69,3	34,1	69,3	31,9
Auebach	40,5	19,9	40,5	18,6
Halfsteder Bäke	74,0	36,4	74,0	34,0
Rand-EZG	19,7	9,7	19,7	9,0
Zwischenahner Meer	-	-	14,1	6,5
Summe	203,5	100	217,6	100

Die Modellergebnisse zu den P-Immissionen pro TEZG im EZG und im Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen sind Tabelle 18 zu entnehmen.

Tabelle 18: Modellergebnisse zu den gesamten P-Immissionen pro TEZG im EZG und im UG Zwischenahner Meer für mittlere Bedingungen im Betrachtungszeitraum 2010 bis 2014

TEZG	EZG Zwischen. Meer		UG Zwischenah. Meer (EZG inkl. Seefläche)	
	P [kg/a]	P [%]	P [kg/a]	P [%]
Otterbäke	3.513	44,5	3.513	44,0
Auebach	1.182	15,0	1.182	14,8
Halfsteder Bäke	1.934	24,5	1.934	24,2
Rand-EZG	1.263	16,0	1.263	15,8
Zwischenahner Meer	-	-	97,6	1,2
Summe	7.892	100	7.990	100

Auch hier zeigen sich - wiederum bedingt durch die geringe Retention im EZG - nur geringe Unterschiede zu den P-Emissionen der TEZG (vgl. Tabelle 11); dies gilt auch für die prozentualen Anteile der P-Immissionen im Vergleich zu den P-Emissionen der TEZG (vgl. Bild 46). Zu beachten ist, dass der Anteil der atmosphärischen P-Deposition auf die Wasserfläche des Zwischenahner Meeres an der gesamten P-Immission im Untersuchungsgebiet nur gut 1 % beträgt; damit ist dieser Eintragspfad unbedeutend.

Ein Abgleich dieser Modellergebnisse mit (berechneten) Frachten ist nur für das TEZG Halfsteder Bäke möglich, da nur für dieses TEZG Abflussmessungen und hinreichend viele Gütemessungen vorliegen (vgl. Kap 2.4). Die entsprechende Bewertung ist dem nachfolgenden Kap. 3.5.1 zu entnehmen.

### 3.5.1 Bewertung der Modellergebnisse zu den Nährstofffrachten im EZG des Zwischenahner Meeres

Nachfolgend werden die mit dem Bilanzmodell im EZG des Zwischenahner Meeres erzielten Ergebnisse der Quantifizierung der diffusen und punktuellen Nährstoffeinträge bewertet. Zu berücksichtigen ist dabei, dass ausschließlich für das TEZG Halfsteder Bäche Abflussmessungen sowie hinreichend viele Gütemessungen vorliegen, um weitgehend zuverlässige Frachten zu ermitteln. Für die anderen TEZG ist dies nicht gegeben. Die Methodik zur Frachtberechnung ist Kap. 2.4 zu entnehmen. Zu beachten ist, dass sich die Nährstoffimmissionen direkt aus den Modellergebnissen der Nährstoffeinträge (Emissionen) und der modellintern berechneten Retention im Gewässersystem ergeben.

Ein solcher Pegelabgleich ist jedoch mit verschiedenen Problemen behaftet, die sich vor allem auf die meist nur wenigen Güteuntersuchungen (kann zu Ungenauigkeiten bei der Frachtberechnung - vor allem für die P-Fracht - führen), das verwendete Rechenverfahren (hat ebenfalls eine Auswirkung auf die berechnete Fracht) sowie auf die Berücksichtigung der Retention im Fließgewässersystem und die punktuellen Nährstoffeinträge beziehen. Aus den genannten Problematiken ergibt sich, dass ein Abgleich der mit dem Bilanzmodell ermittelten Nährstoffimmissionen mit den Pegeldata nur auf Basis von Größenordnungen geschehen kann.

Die Bewertung der Modellergebnisse erfolgt nach KUNST ET AL. (2004) auf Basis der Abweichung der mit dem Bilanzmodell berechneten Frachten von den am Auslasspegel auf Grundlage der Messdaten ermittelten Frachten (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Kriterien für die Bewertung der Modellergebnisse der Nährstofffrachten (nach KUNST ET AL., 2004)

Bewertung	Stickstoff	Phosphor	Symbol
	Abweichung [%]	Abweichung [%]	
sehr gut	0 - 10	0 - 15	++
gut	> 10 - 20	> 15 - 30	+
zufriedenstellend	> 20 - 35	> 30 - 45	o
schlecht	> 35 - 60	> 45 - 60	-
sehr schlecht	> 60	> 60	--

In der nachfolgenden Tabelle 20 werden die Ergebnisse der Bewertung der berechneten N- und P-Immissionen (Modellergebnisse) anhand der ermittelten mittleren Stickstoff- und Phosphorfrachten (Messdaten) vorgestellt. Dabei zeigen sich für beide Referenzfrachten nur geringe Abweichungen zu den N- und P-Immissionen im TEZG Halfsteder Bäche. Hieraus ergibt sich für beide Parameter die Bewertung „sehr gut“ für die Modellergebnisse.

Tabelle 20: Bewertung der Modellergebnisse (Nährstoffimmissionen) anhand der ermittelten mittleren Stickstoff- und Phosphorfrachten für das TEZG Halfsteder Bäche

Bewertung	TEZG Halfsteder Bäche	
	mittlere N-Fracht	mittlere P-Fracht
Modell [kg/a]	74.025	1.934
Pegel [kg/a]	67.120	2.180
Differenz [%]	9.3	- 12,7
Bewertung	++	++

### 3.6 Wasserbilanz im EZG des Zwischenahner Meeres

Die Wasserbilanz bildet die Abflusspfade Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss, Grundwasserabfluss und Drainageabfluss sowie den Abfluss von versiegelten Flächen und Kläranlagen ab. Die in das Modell integrierten Berechnungsansätze orientieren sich weitgehend an dem Modell GROWA (KUNKEL & WENDLAND, 1998). Wesentliche Unterschiede bestehen bei der Ableitung der Abflussquotienten zur Differenzierung des Gesamtabflusses in Zwischen- und Grundwasserabfluss im Lockergesteinsbereich nach RÖDER (1997) und bei der Berechnung des Drainage- und Oberflächenabflusses.

Die Berechnung der Wasserbilanz im Bearbeitungsgebiet des Zwischenahner Meeres erfolgte als mittlere langjährige Betrachtung der Abflussbedingungen für den Zeitraum 1981 bis 2010. Als wesentliche Eingangsdaten wurden u.a. die mittleren Niederschlags- und Verdunstungsbedingungen des genannten Zeitraumes verwendet.

Da keine Daten zu Abflussmessungen für das gesamte EZG vorliegen, dient als Referenz für die Modellergebnisse die Angabe aus dem Seebericht Zwischenahner Meer (NLWKN, 2010) zur mittleren jährlichen Wasserfracht der Zuläufe von etwa  $0,92 \text{ m}^3/\text{s}$  (vgl. Kap. 2.4).

Die Bedeutung einer zuverlässig abgebildeten Wasserbilanz auf Einzugsgebietsebene ist darin zu sehen, dass sie eine wesentliche Voraussetzung für die nachfolgende Ermittlung der diffusen Nährstoffeinträge darstellt. Begründet ist dies darin, dass das Wasser als Transportmedium insbesondere für Phosphor maßgeblich das Eintragsverhalten bestimmt.

Die für die Wasserbilanz im EZG des Zwischenahner Meeres erzielten Ergebnisse sind Tabelle 21 zu entnehmen.

Tabelle 21: Ergebnisse des Moduls Wasserbilanz für das EZG Zwischenahner Meer für mittlere Klima- und Abflussbedingungen (Zeitraum 1981 bis 2010)

Abflusspfad	EZG Zwischen. Meer	
	[m <sup>3</sup> /s]	[%]
Grundwasserabfluss	0,47	48,0
Zwischenabfluss	0,25	25,0
Drainageabfluss	0,19	19,1
Oberflächenabfluss	< 0,01	0,1
Abfluss von versiegelten Flächen	0,08	7,7
<b>Gesamtabfluss Modell</b>	0,98	100

Für das gesamte EZG wird deutlich, dass der Grundwasserabfluss mit 48 % der dominierende Abflusspfad ist. Zu beachten ist aber, dass die beiden schnell abfließenden unterirdischen Pfade Zwischen- und Drainageabfluss mit 25 bzw. gut 19 % zusammen einen sehr großen Anteil am Gesamtabfluss aufweisen. Dieses Ergebnis wird dadurch bestätigt, dass im EZG des Zwischenahner Meeres der Abfluss nach stärkeren Niederschlägen schnell und deutlich zunimmt (mündl. Information von Herrn Eckhoff, UHV Ammerländer Wasseracht).

Anmerkung: Ein nicht näher zu quantifizierender Anteil des berechneten Grundwasserabflusses fließt vermutlich direkt dem Zwischenahner Meer zu und ist daher nicht in den Zuflüssen wiederzufinden.

Neben den drei unterirdischen Abflusspfaden ist lediglich noch der Abfluss von versiegelten Flächen mit 7,7 % bedeutsam, der Anteil des Oberflächenabflusses ist mit 0,1 % sehr gering.

In Bild 47 sind die Modellergebnisse der Wasserbilanz zusammen mit dem mittleren Abfluss gemäß des Seeberichts Zwischenahner Meer (NLWKN, 2010) dargestellt (vgl. Kap. 2.4). Demnach zeigt sich für das EZG Zwischenahner Meer eine sehr gute Übereinstimmung, die Modellergebnisse liegen lediglich ca. 6 % über dem Referenzabfluss.

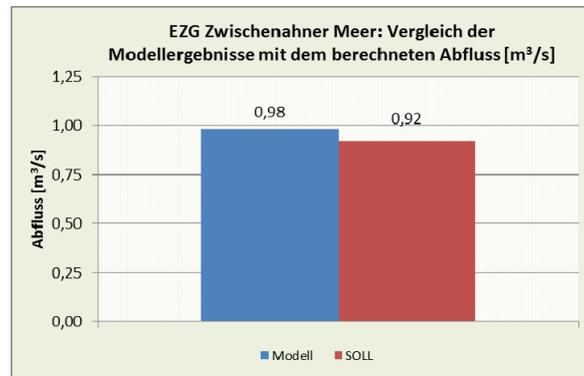


Bild 47: Gesamtabfluss im EZG Zwischenahner Meer: Vergleich der Modellergebnisse mit dem Gebietsabfluss für mittlere Bedingungen im Zeitraum 1981 bis 2010

## 4 Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer im EZG des Zwischenahner Meeres und dominierende Eintragspfade

In diesem Kapitel werden für das untersuchte EZG des Zwischenahner Meeres Vorschläge für Ziel- und Maßnahmenkulissen für die Oberflächengewässer unterbreitet; sie basieren auf den Modellergebnissen (vgl. Kap. 3). Diese Vorschläge erfolgen für das EZG des Zwischenahner Meeres jeweils separat für die N- bzw. P-Belastungssituation. Weiterhin werden jeweils die wesentlichen Einflüsse der gerechneten Szenarien (vgl. Kap. 2.3) auf die vorgeschlagenen Ziel- und Maßnahmenkulissen vorgestellt. Als räumliche Auflösung für die vorgeschlagenen Ziel- und Maßnahmenkulissen fungieren die hydrologischen TEZG. Die für die Ausweisung der Ziel- und Maßnahmenkulissen verwendete Methodik ist in Kap. 2.6 beschrieben. In Kap. 2.6 ist zudem die nachfolgend verwendete Stufeneinteilung zur Bewertung der Belastungssituation erläutert: die (gering belasteten) Stufen 1 und 2 erfordern demnach keine Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen, für die (erhöht oder hoch bis sehr hoch belasteten) Stufen 3 bis 5 ist eine Ausweisung als Ziel- und Maßnahmenkulisse dagegen naheliegend. Zu beachten ist, dass als Bewertungsgrundlage für die Ausweisung der Ziel- und Maßnahmenkulissen die Nährstoffimmissionen der TEZG verwendet werden (vgl. Kap. 2.6).

Weiterhin werden für das EZG des Zwischenahner Meeres wiederum auf Ebene der hydrologischen TEZG jeweils die dominierenden Eintragspfade vorgestellt. Diese Angabe ermöglicht es zielgerichtete Maßnahmen zur effektiven Verminderung der Nährstoffbelastung abzuleiten.

### 4.1 Vorschläge für Ziel- und Maßnahmenkulissen im EZG des Zwischenahner Meeres hinsichtlich der N-Belastung (IST-Zustand)

In Bild 48 sind die Ergebnisse der Bewertung der diffusen N-Belastung für die Parameter Konzentration und Flächenbelastung pro TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres für den IST-Zustand (mittlere Bedingungen) dargestellt.

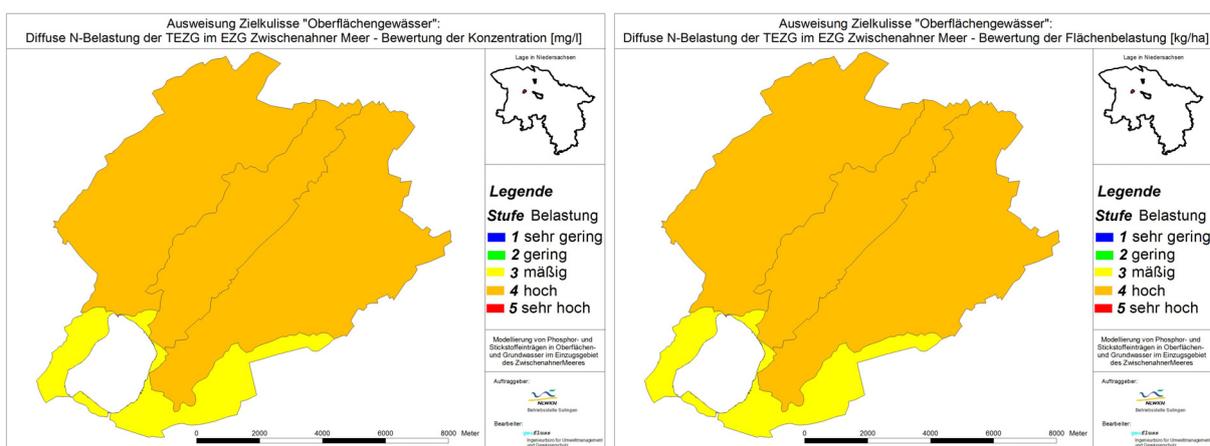


Bild 48: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer. Links Bewertung der Konzentration pro TEZG [mg/l], rechts Bewertung der Flächenbelastung pro TEZG [kg/ha]

Demnach liegen in allen TEZG zu hohe N-Belastungen vor: nur in dem TEZG Rand-EZG sind mäßige N-Belastungen zu verzeichnen (Belastungsstufe 3), in allen anderen TEZG sind

die diffusen N-Belastungen unabhängig vom Kriterium sogar als hoch zu bezeichnen (Belastungsstufe 4).

Werden die Ergebnisse dieser beiden Einzelbewertungen zusammengezogen, führt dieses zur abschließenden kombinierten Bewertung (Erläuterung hierzu in Kap. 2.6) der diffusen N-Belastung pro TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres (Bild 49). Demnach ist in den TEZG Otterbäke, Halfsteder Bäke und Auebach eine hohe N-Belastung (Stufe 4) und im TEZG Rand-EZG eine mäßige N-Belastung (Stufe 3) zu verzeichnen. Gemäß der in Kap. 2.6 vorgestellten Bewertungsgrundlage sollte die Ziel- und Maßnahmenkulisse im EZG des Zwischenahner Meeres hinsichtlich der diffusen N-Belastung somit zumindest die in Bild 49 gelb und orange gekennzeichneten Flächenanteile und somit das gesamte EZG Zwischenahner Meer umfassen.

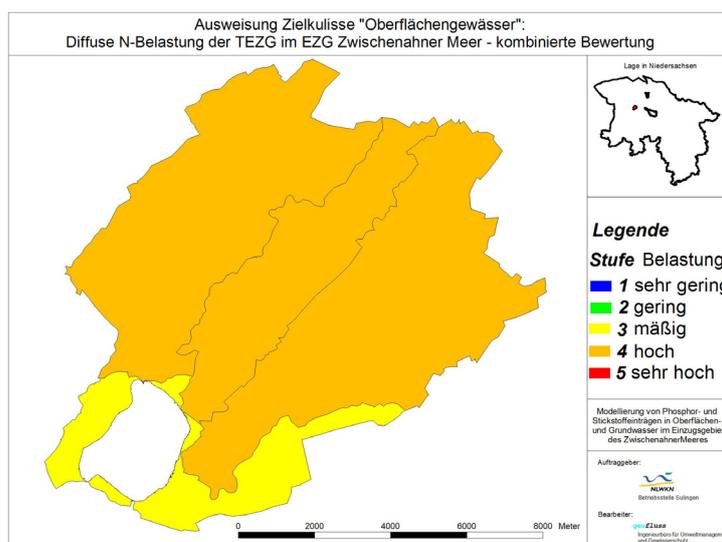


Bild 49: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung

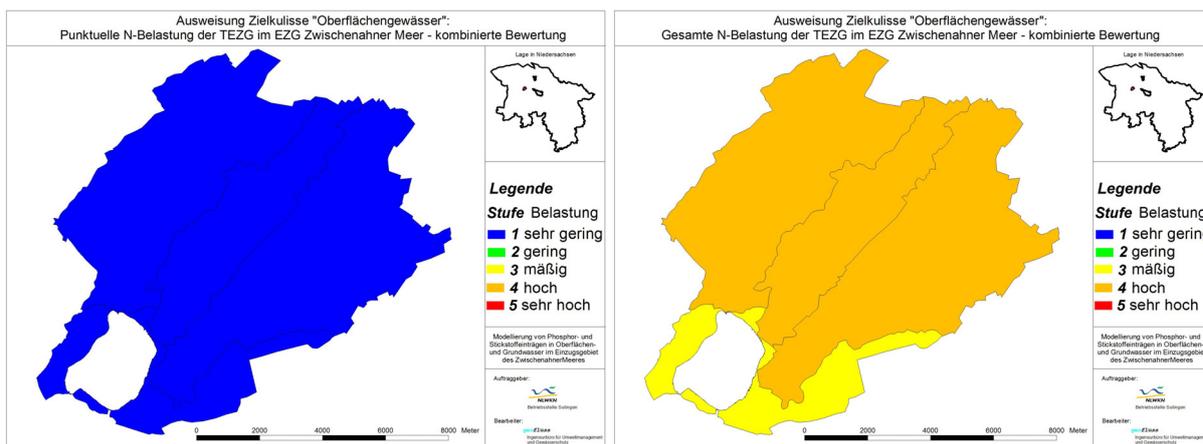


Bild 50: N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer. Links kombinierte Bewertung der punktuellen N-Belastung, rechts kombinierte Bewertung der gesamten N-Belastung

Im Gegensatz zur diffusen spielt die punktuelle N-Belastung im EZG des Zwischenahner Meeres nur eine sehr untergeordnete Rolle. Wie Bild 50 links zu entnehmen ist, weisen alle TEZG hierfür eine sehr geringe Belastung der Stufe 1 auf. Bild 50 rechts zeigt die gesamte N-Belastung im EZG des Zwischenahner Meeres. Aufgrund der sehr geringen punktuellen N-

Belastung ergibt sich für die Bewertung keine Änderung im Vergleich zu der Bewertung der diffusen N-Belastung im EZG des Zwischenahner Meeres (vgl. Bild 49).

Somit wäre aufgrund der hohen gesamten (bzw. diffusen, s.o.) N-Belastung eine Ausweitung von Ziel- und Maßnahmenkulissen im gesamten EZG des Zwischenahner Meeres erforderlich.

### 4.1.1 Einfluss der Szenarienberechnungen auf die Ziel- und Maßnahmenkulissen (N-Belastung)

Zusätzlich zum IST-Zustand (mittlerer Zustand des Betrachtungszeitraumes) wurden hinsichtlich der diffusen N-Belastung im EZG des Zwischenahner Meeres insgesamt 4 Szenarien gerechnet (vgl. hierzu Kap. 2.3). Ihr jeweiliger Einfluss auf die Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer wird nachfolgend vorgestellt.

Nach **Szenario 1** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres um 50 % erhöht wurde, vgl. Kap. 2.3) ergibt sich erwartungsgemäß eine höhere N-Belastung im EZG. Auf Basis der hierbei erzielten Ergebnisse wurde anschließend analog zum IST-Zustand eine Bewertung der diffusen N-Belastung pro TEZG durchgeführt. Bild 51 zeigt das Resultat für das Szenario 1 im Vergleich zum IST-Zustand. Dabei wird deutlich, dass sich - bedingt durch den erhöhten Abfluss und den damit verbundenen höheren N-Frachten - in den beiden kleinen TEZG Auebach und Rand-EZG die N-Belastung um jeweils eine Stufe erhöht; im TEZG Auebach wird dadurch sogar die höchste Belastungsstufe 5 erreicht, was einer sehr hohen N-Belastung entspricht. Für die beiden großen TEZG Otterbäke und Halfsteder Bäke ergeben sich durch Szenario 1 keine Veränderungen in der Bewertung im Vergleich zum IST-Zustand.

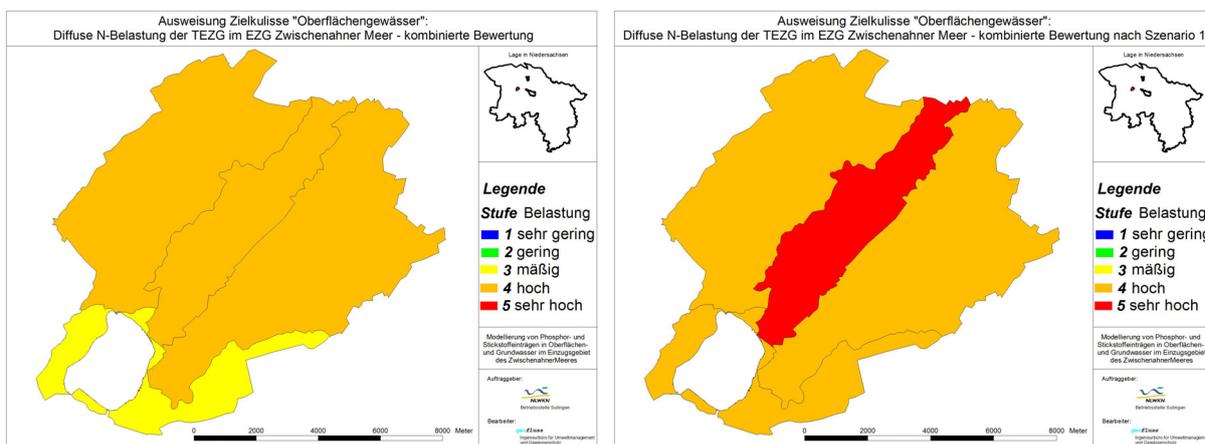


Bild 51: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 1

Die Ergebnisse der Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen nach **Szenario 2** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres verdoppelt wurde, vgl. Kap. 2.3) ist Bild 52 zu entnehmen. Dieses Szenario 2 mit weiter erhöhten Abflüssen im Vergleich zu Szenario 1 führt dazu, dass die N-Belastung in allen TEZG erheblich zunimmt. Als Folge hiervon steigt die N-Belastung in allen TEZG auf die höchste Belastungsstufe 5 (sehr hohe N-Belastung).

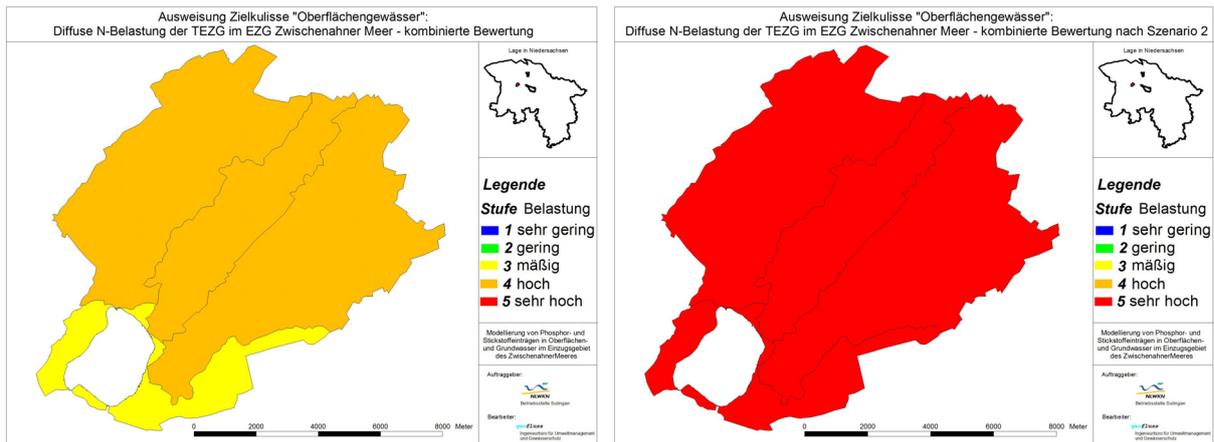


Bild 52: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 2

Diese beiden Szenarien zeigen deutlich, dass bei erhöhten Abflüssen im gesamten EZG des Zwischenahner Meeres (deutlich) erhöhte N-Belastungen auftreten. Dieser Zusammenhang sollte bei der Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für die Oberflächengewässer unbedingt berücksichtigt werden.

Nach **Szenario 3** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres um 25 % verringert wurde, vgl. Kap. 2.3) ergibt sich für die Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen das in Bild 53 dargestellte Ergebnis. Demnach verringern sich bei diesen geringen Abflüssen erwartungsgemäß die N-Belastungen im EZG Zwischenahner Meer. In den beiden großen TEZG Otterbäke und Halfsteder Bäke vermindert sich die N-Belastungsstufe von 4 auf 3 (mäßige N-Belastung) im Vergleich zum IST-Zustand, für die beiden kleinen TEZG Auebach und Rand-EZG ergibt Szenario 3 (noch) keine Veränderung in der Bewertung. Trotz der genannten Belastungsvermindierungen ist aber auch nach Szenario 3 und den damit verbundenen geringeren Abflüssen das gesamte EZG Zwischenahner Meer zu hoch belastet.

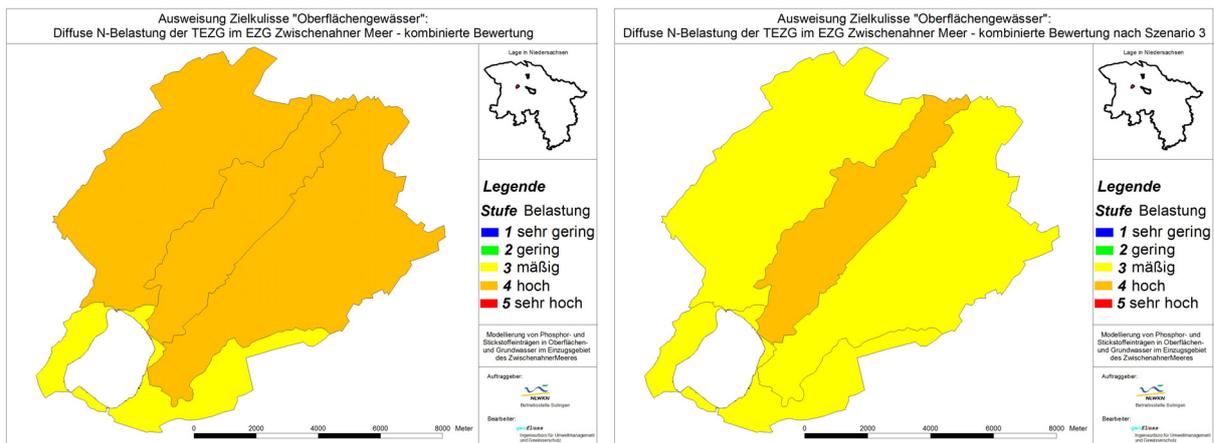


Bild 53: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 3

Nach **Szenario 4** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres halbiert wurde, vgl. Kap. 2.3) resultiert das in Bild 54 vorgestellte Ergebnis. Bei diesen sehr geringen Abflüssen verringert sich die N-Belastungsstufe in allen vier TEZG um jeweils eine Stufe im Vergleich zum IST-Zustand. Trotz dieses sehr geringen Abflusses weist nur das TEZG

Rand-EZG eine geringe N-Belastung auf (hier wären nun keine Ziel- und Maßnahmenkulissen auszuweisen). In den restlichen drei TEZG zeigt sich immer noch eine mäßige Belastung (Stufe 3), die gemäß der Bewertungskriterien (vgl. Kap. 2.6) eine Ausweisung als Ziel- und Maßnahmenkulisse zur Folge hat.

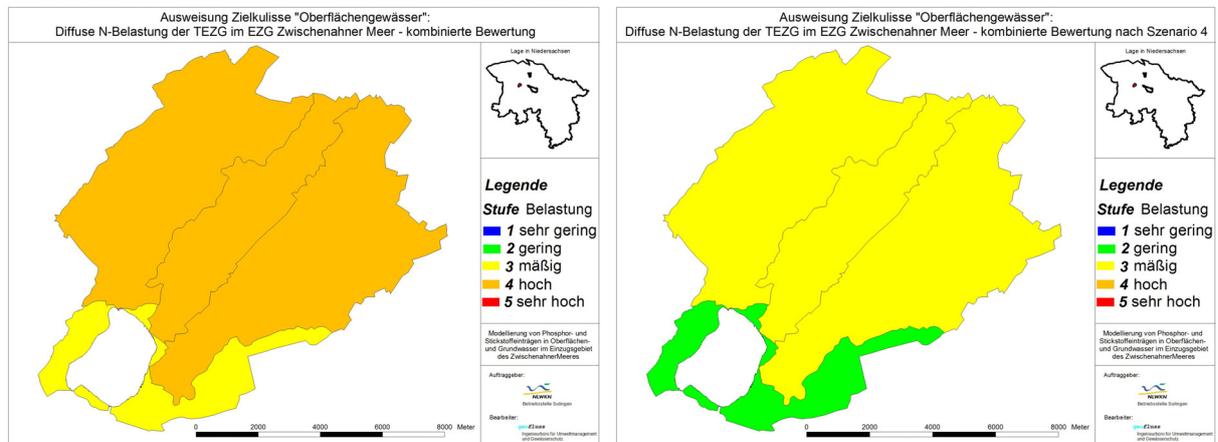


Bild 54: Diffuse N-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand, rechts Bewertung nach Szenario 4

### 4.2 Dominierende N-Eintragspfade im EZG des Zwischenahner Meeres

Nachfolgend werden für das EZG des Zwischenahner Meeres die dominierenden Eintragspfade für die N-Belastung auf Ebene der insgesamt vier TEZG vorgestellt. Diese Angabe gibt wichtige Hinweise darauf, welche Maßnahmen besonders effektiv zur Minderung der N-Belastung beitragen können. Hierbei werden nur die diffusen N-Eintragspfade berücksichtigt, da die punktuellen N-Eintragspfade im EZG des Zwischenahner Meeres nur eine untergeordnete Rolle spielen.

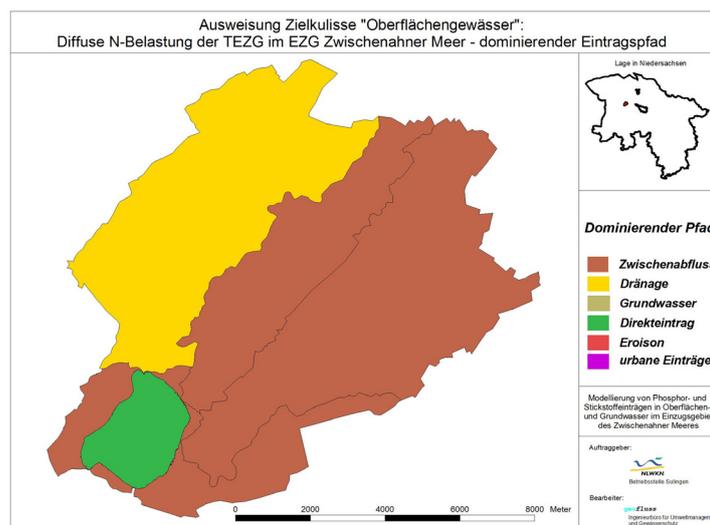


Bild 55: Dominierender Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die diffuse N-Belastung

In Bild 55 ist zunächst der pro TEZG hinsichtlich der diffusen N-Belastung dominierende N-Eintragspfad dargestellt. In den TEZG Auebach, Halfsteder Bäke und Rand-EZG ist dies der Pfad Zwischenabfluss, was aufgrund seiner großen Bedeutung im EZG wenig überraschend

ist. Im TEZG Otterbäke ist dagegen der Drainageabfluss dominierend, ursächlich hierfür sind die in diesem TEZG laut Modellergebnis sehr verbreiteten dränierten landwirtschaftlichen Nutzflächen (vgl. Bild 7, rechts). Für den Bereich des Zwischenahner Meeres ist der Eintragspfad Direktintrag (atmosphärische N-Deposition) von besonderer Bedeutung.

Wird jeweils der zweitwichtigste Pfad hinzugenommen, ergeben sich die Kombinationen Zwischenabfluss & Drainageabfluss (TEZG Auebach und Rand-EZG), Drainageabfluss & Zwischenabfluss (TEZG Otterbäke) und Zwischenabfluss & Grundwasserabfluss (TEZG Halfsteder Bäke, vgl. Bild 56). Dieses Ergebnis zeigt noch einmal deutlich, dass die N-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer im besonderen Maße durch die beiden schnell abfließenden unterirdischen Eintragspfade Zwischen- und Drainageabfluss verursacht werden.

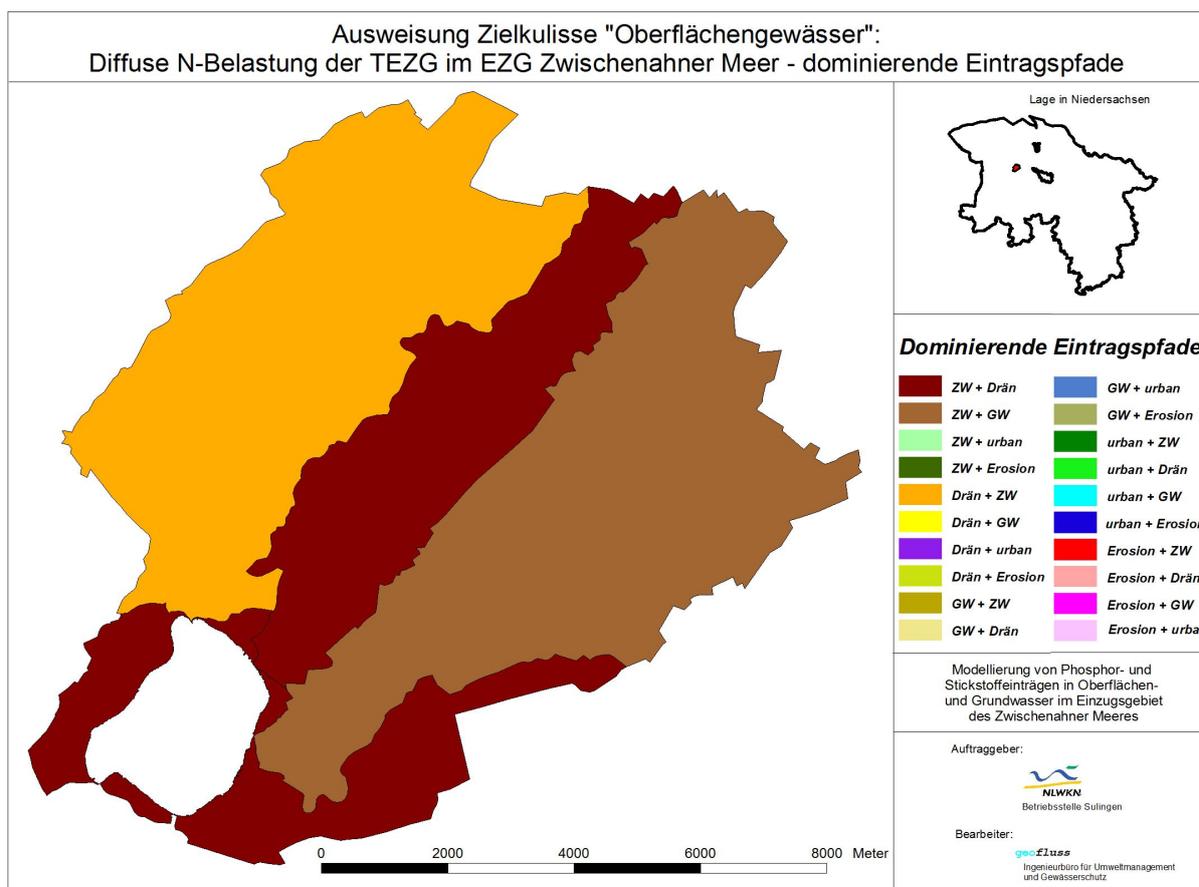


Bild 56: Die beiden dominierenden N-Eintragspfade im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die diffuse N-Belastung

### 4.3 Vorschläge für Ziel- und Maßnahmenkulissen im EZG des Zwischenahner Meeres hinsichtlich der P-Belastung (IST-Zustand)

In Bild 57 sind die Ergebnisse der Bewertung der diffusen P-Belastung für die Parameter Konzentration und Flächenbelastung pro TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres für den IST-Zustand (mittlere Bedingungen) dargestellt. Im Vergleich zur N-Belastung im EZG des Zwischenahner Meeres (s. Kap. 4.1) ist sofort zu erkennen, dass die P-Belastung (bezogen auf die definierten Zielwerte, vgl. Kap. 2.6) im diesem EZG deutlich höher ist. In allen TEZG sind erheblich erhöhte diffuse P-Belastungen zu verzeichnen, in den TEZG Auebach und

Halfsteder Bäche wird die Belastungsstufe 4 (hohe Belastung) und in den TEZG Otterbäke und Rand-EZG sogar die höchste Belastungsstufe 5 (sehr hohe Belastung) erreicht.

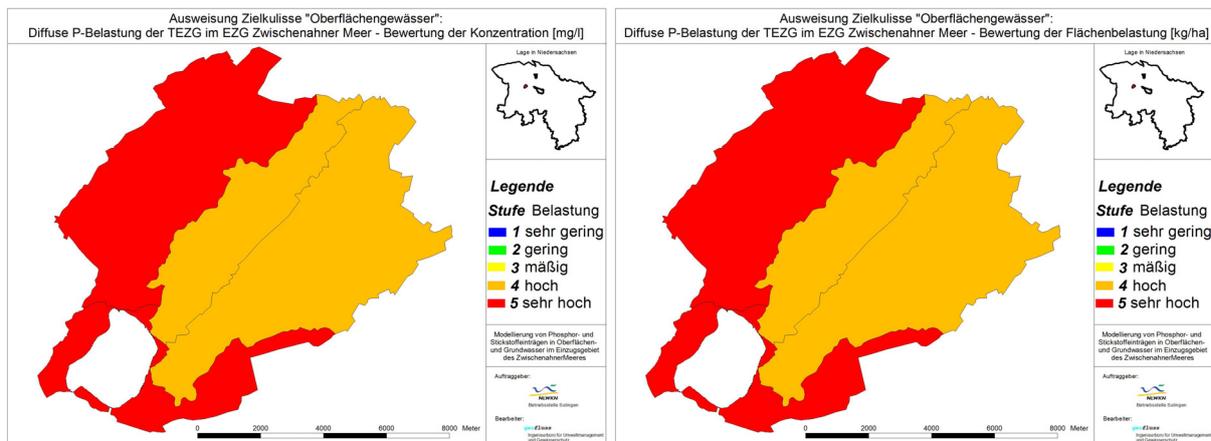


Bild 57: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer. Links Bewertung der Konzentration pro TEZG [mg/l], rechts Bewertung der Flächenbelastung pro TEZG [kg/ha]

Werden die Ergebnisse dieser beiden Einzelbewertungen zusammengezogen führt dieses zur abschließenden kombinierten Bewertung der diffusen P-Belastung pro TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres (Bild 58). Demnach werden (erwartungsgemäß) in den TEZG Auebach und Halfsteder Bäche die Belastungsstufe 4 (hohe Belastung) und in den TEZG Otterbäke und Rand-EZG sogar die höchste Belastungsstufe 5 (sehr hohe Belastung) erreicht.

Ursächlich für die sehr hohe Belastung in den zuletzt genannten TEZG sind vor allem die P-Einträge aus den landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Hochmooren in diesen beiden TEZG; ihr Anteil an der gesamten diffusen P-Belastung dieser TEZG liegt bei etwa 63 % (TEZG Otterbäke) bzw. 64 % (TEZG Rand-EZG).

Gemäß der in Kap. 2.6 vorgestellten Bewertungsgrundlage sollte die Ziel- und Maßnahmenkulisse im EZG des Zwischenahner Meeres hinsichtlich der diffusen P-Belastung somit zumindest die in Bild 58 orange und rot gekennzeichneten Flächenanteile und somit das gesamte EZG Zwischenahner Meer umfassen.

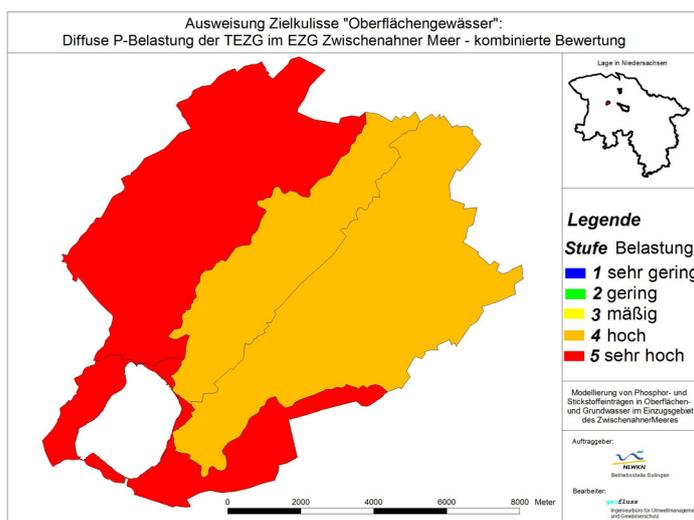


Bild 58: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung

In Bild 59 sind die Ergebnisse der Bewertung der punktuellen P-Belastung pro TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres dargestellt. Hier zeigt sich eine andere Situation als bei den diffusen P-Einträgen. Die punktuelle P-Belastung ist demnach nur im TEZG Rand-EZG hoch (Belastungsstufe 4), in den restlichen drei TEZG ergibt sich lediglich eine geringe punktuelle P-Belastung (Belastungsstufe 2).

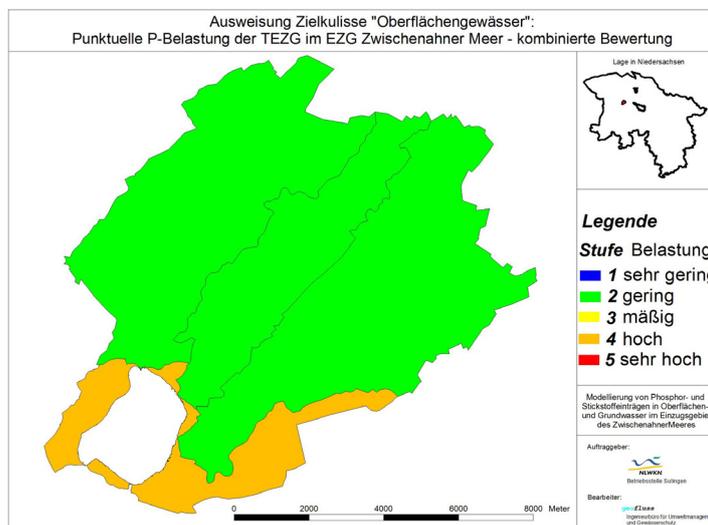


Bild 59: Punktuelle P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung

Bild 60 zeigt die Bewertung der gesamten P-Belastung im EZG des Zwischenahner Meeres. Im Gegensatz zu den Bewertungen der diffusen und punktuellen P-Belastungen tritt jetzt in drei TEZG die höchste P-Belastungsstufe 5 (sehr hohe Belastung) auf. Wie bereits bei den diffusen P-Belastungen sind hiervon die TEZG Otterbäke und Rand-EZG betroffen, hinzu kommt nun das TEZG Auebach; hier ergeben eine hohe diffuse P-Belastung (Stufe 4, vgl. Bild 58) und eine geringe punktuelle P-Belastung (Stufe 2, vgl. Bild 59) in der Summe eine sehr hohe gesamte P-Belastung (Stufe 5, vgl. Bild 60). Lediglich im TEZG Halfsteder Bäke verändert sich die gesamte P-Belastung im Vergleich zur diffusen P-Belastung (vgl. Bild 58) nicht, sie verbleibt auf der Belastungsstufe 4 (hohe P-Belastung).

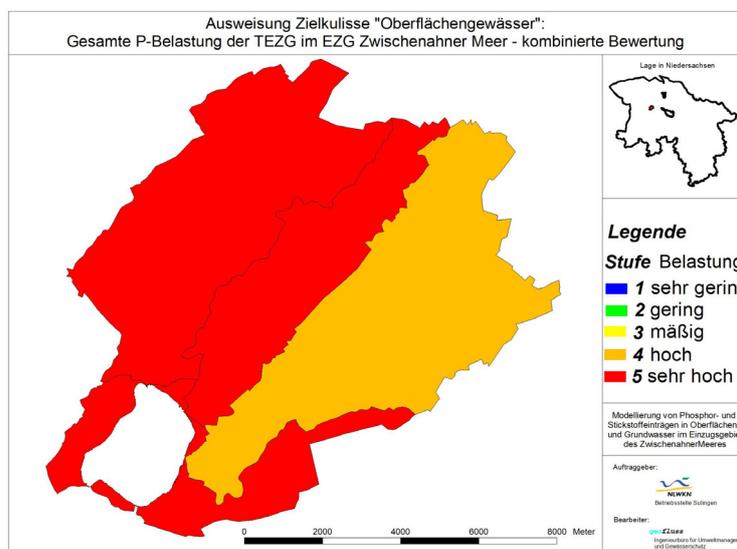


Bild 60: Gesamte P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung

Gemäß der in Kap. 2.6 vorgestellten Bewertungsgrundlage sollte die Ziel- und Maßnahmenkulisse hinsichtlich der gesamten P-Belastung somit zumindest die in Bild 60 orange und rot gekennzeichneten Flächenanteile und damit das gesamte EZG des Zwischenahner Meeres umfassen.

### 4.3.1 Einfluss der Szenarienberechnungen auf die Ziel- und Maßnahmenkulissen (P-Belastung)

Wie bereits bei der N-Belastung wurden auch für die diffuse P-Belastung zusätzlich zum IST-Zustand (mittlerer Zustand des Betrachtungszeitraumes) insgesamt 4 Szenarien gerechnet (vgl. hierzu Kap. 2.3). Ihr jeweiliger Einfluss auf die Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer wird nachfolgend vorgestellt.

Nach **Szenario 1** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres um 50 % erhöht wurde, vgl. Kap. 2.3) ergibt sich erwartungsgemäß eine höhere P-Belastung im EZG. Bild 61 zeigt das Resultat für Szenario 1 im Vergleich zum IST-Zustand. Dabei zeigt sich, dass demnach die P-Belastung im TEZG Auebach um eine Stufe auf Belastungsstufe 5 zunimmt. Als Folge hiervon weist nun der Großteil des EZG des Zwischenahner Meeres eine sehr hohe P-Belastung der Stufe 5 auf. Lediglich in dem TEZG Halfsteder Bäke liegt noch eine hohe P-Belastung der Stufe 4 vor.

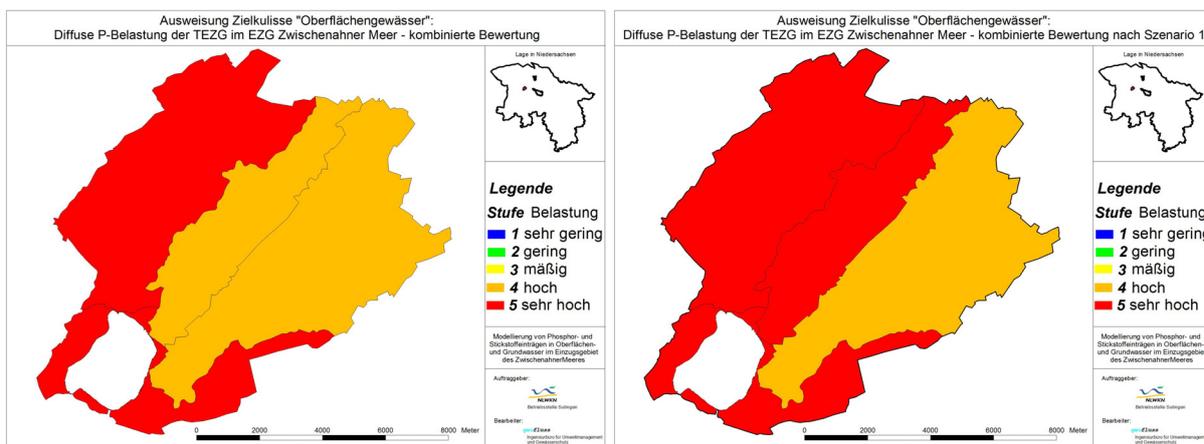


Bild 61: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 1

Nach **Szenario 2** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres verdoppelt wurde, vgl. Kap. 2.3) ergibt sich erwartungsgemäß eine im Vergleich zu Szenario 1 weiter erhöhte P-Belastung im EZG (Bild 62). Nun weisen alle TEZG eine sehr hohe diffuse P-Belastung auf (Belastungsstufe 5).

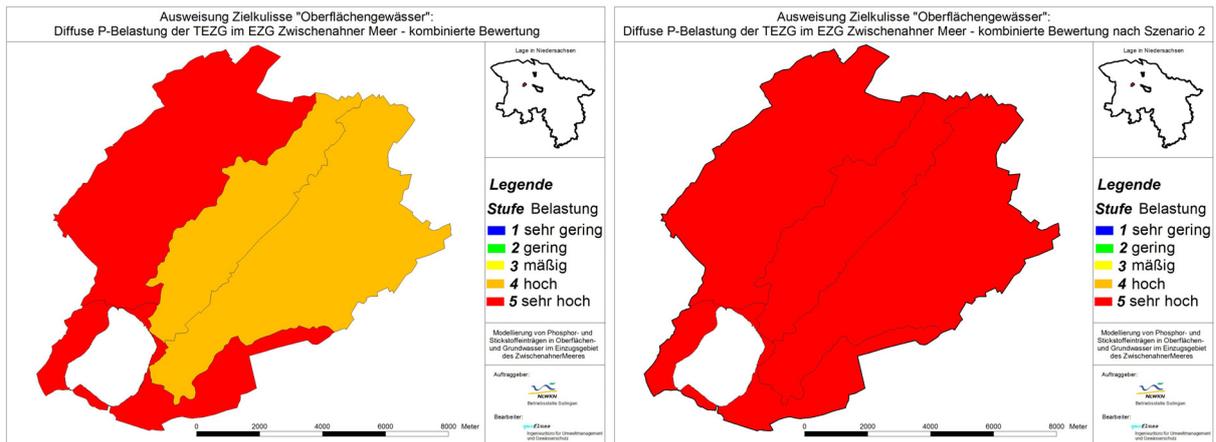


Bild 62: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 2

Diese beiden Szenarien mit erhöhten Abflüssen zeigen deutlich, dass bei derartigen Bedingungen nicht mehr nur - wie im IST-Zustand - einzelne TEZG (Otterbäke und Rand-EZG) eine sehr hohe P-Belastung aufweisen, sondern in einem Großteil des EZG des Zwischenahner Meeres (bzw. im gesamten EZG, s. Szenario 4) sehr hohe P-Belastungen auftreten. Dieser Zusammenhang sollte bei der Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen unbedingt berücksichtigt werden.

Die nachfolgenden Bilder zeigen die resultierenden Bewertungen bei geringen Abflüssen. Nach **Szenario 3** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres um 25 % verringert wurde, vgl. Kap. 2.3) zeigt sich fast die gleiche Situation wie beim IST-Zustand: nur für das kleine TEZG Rand-EZG ergibt sich eine etwas geringere P-Belastung (Stufe 4 statt zuvor Stufe 5), die aber immer noch hoch ist (vgl. Bild 63).

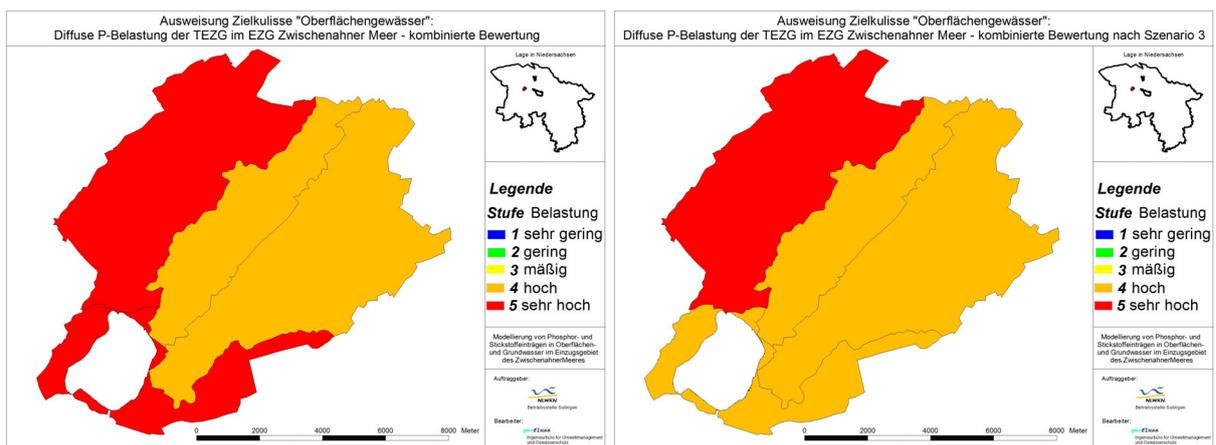


Bild 63: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 3

Nach **Szenario 4** (bei dem der mittlere Abfluss im EZG des Zwischenahner Meeres halbiert wurde, vgl. Kap. 2.3) verringert sich die diffuse P-Belastung im Vergleich zum IST-Zustand in immerhin zwei TEZG. Neben dem TEZG Rand-EZG, dass bereits nach Szenario 3 eine geringere P-Belastung aufwies, ist nun auch das TEZG Halfsteder Bäke geringer belastet als im IST-Zustand: hier fällt die P-Belastung von hoch (Stufe 4) auf mäßig (Stufe 3, vgl. Bild

64). Somit zeigt sich für die beiden Szenarien mit verringerten Abflüssen eine eher geringfügige Abnahme der P-Belastung im EZG des Zwischenahner Meeres. Folglich müsste auch für diese Bedingungen immer noch das gesamte EZG als Ziel- und Maßnahmenkulissen ausgewiesen werden.

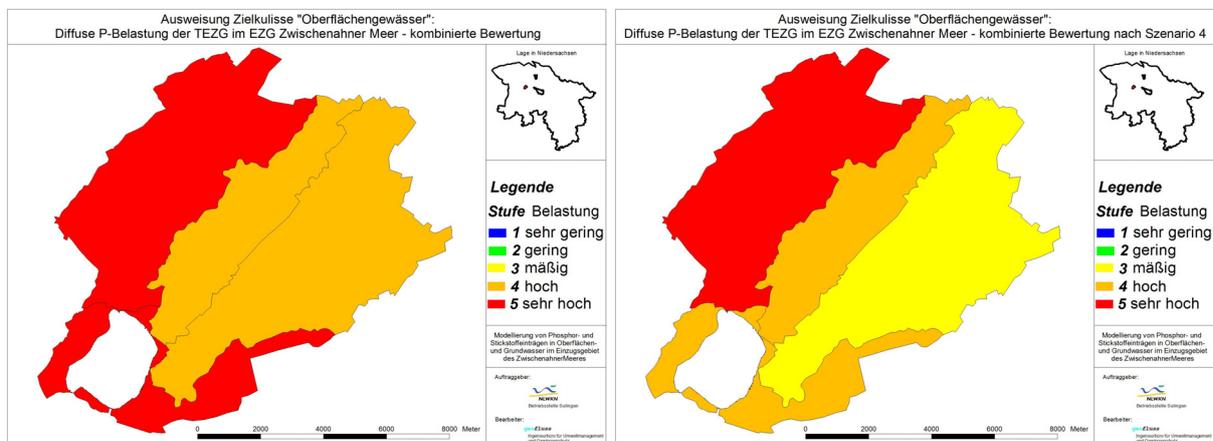


Bild 64: Diffuse P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung IST-Zustand (Hauptberechnung), rechts Bewertung nach Szenario 4

Nachfolgend werden die erzielten Ergebnisse der 4 Szenarien für die gesamten P-Belastungen vorgestellt. Demnach erhöhen sich die gesamten P-Belastungen bei zunehmenden Abflüssen erwartungsgemäß deutlich (vgl. hierzu IST-Zustand in Bild 60): bereits bei 50 % höheren Abflüssen (Szenario 1, Bild 65, links) erreicht nach den TEZG Otterbäke, Auebach und Rand-EZG auch das TEZG Halfsteder die höchste Belastungsstufe 5 (sehr hohe P-Belastung). Bei weiter zunehmenden Abflüssen (Szenario 2, Bild 65, rechts) kann sich, trotz deutlicher Zunahme der P-Belastung, für diese Bewertung - da bereits nach Szenario 1 überall die höchste Bewertungsstufe erreicht wurde - keine weitere Änderung ergeben.

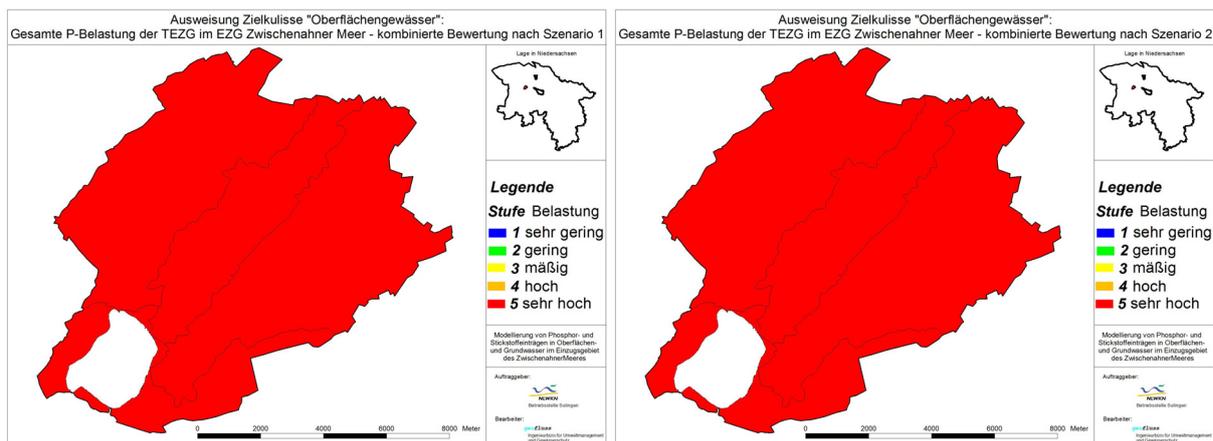


Bild 65: Gesamte P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung nach Szenario 1, rechts Bewertung nach Szenario 2

Bild 66 zeigt die Ergebnisse der Bewertung der gesamten P-Belastung für die Szenarien mit geringeren Abflüssen (Szenarien 3 und 4). Im Vergleich zur diffusen P-Belastung, die sich in den beiden TEZG Rand-EZG und Halfsteder Bäke durch die geringen Abflüsse jeweils um eine Stufe vermindert, bewirkt der Einfluss der punktuellen P-Belastung, dass sich durch die

reduzierten Abflüsse keine Änderungen in der Bewertung im Vergleich zum IST-Zustand in Bild 60 ergeben.

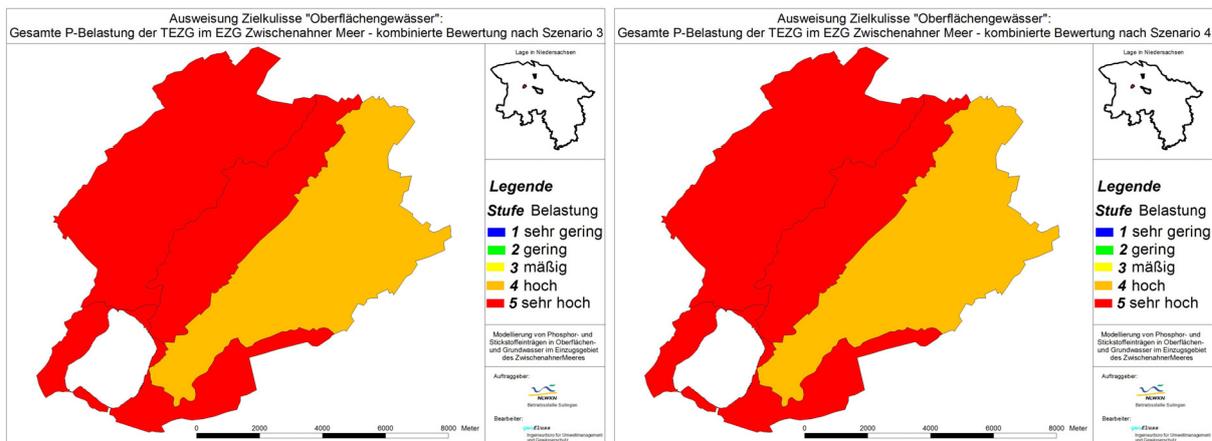


Bild 66: Gesamte P-Belastung der TEZG im EZG Zwischenahner Meer - kombinierte Bewertung. Links Bewertung nach Szenario 3, rechts Bewertung nach Szenario 4

#### 4.4 Dominierende P-Eintragspfade im EZG des Zwischenahner Meeres

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Vorschläge für Ziel- und Maßnahmenkulissen im EZG des Zwischenahner Meeres dargelegt wurden, werden nachfolgend die dominierenden P-Eintragspfade pro TEZG vorgestellt. Diese aus den Modellergebnissen abgeleiteten Angaben geben wichtige Hinweise für erfolgsversprechende (zielführende) Maßnahmen in den einzelnen TEZG. Bild 67 zeigt für alle TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres den jeweils dominierenden P-Eintragspfad für die diffuse bzw. die gesamte P-Belastung. Bild 67 links zeigt die Situation nur für die diffuse P-Belastung: demnach dominieren im EZG des Zwischenahner Meeres eindeutig die diffusen P-Belastungen über den Eintragspfad Drainageabfluss; lediglich für das Zwischenahner Meer selbst ist der Direkteintrag über atmosphärische Deposition der wichtigste P-Eintragspfad.

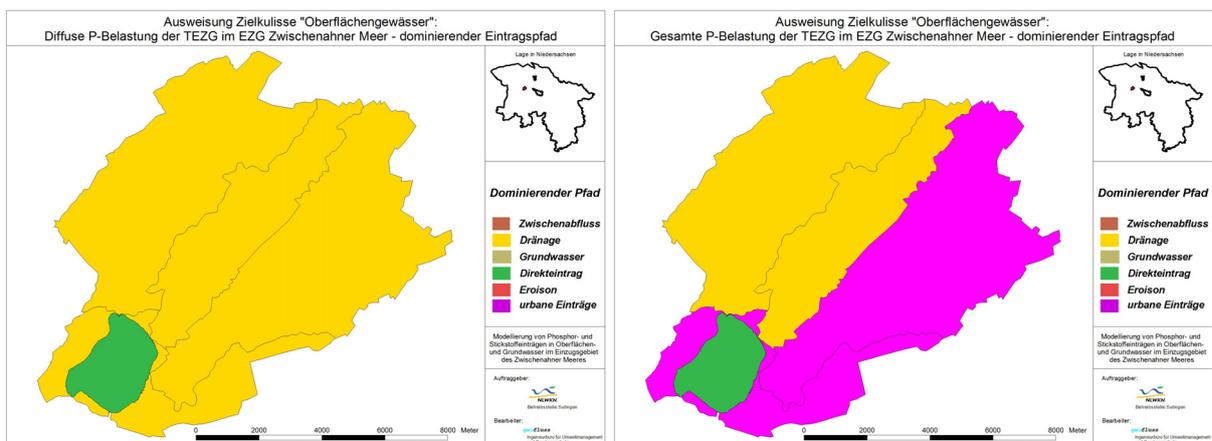
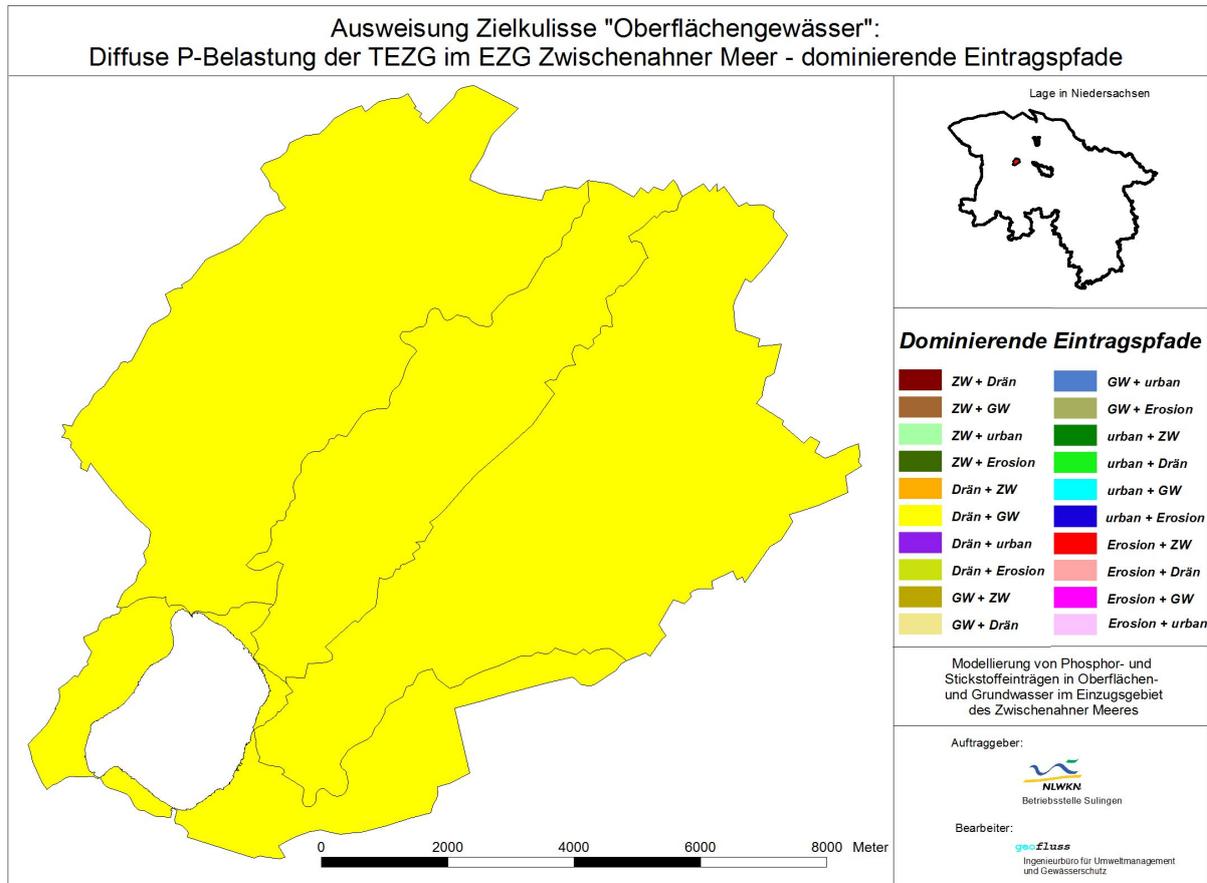


Bild 67: Dominierender Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG: links für die diffuse P-Belastung der TEZG, rechts für die gesamte P-Belastung der TEZG

Bild 67 rechts zeigt dagegen die Situation, wenn neben den diffusen auch die punktuellen P-Belastungen berücksichtigt werden: jetzt sind in den beiden TEZG Halfsteder Bäke und Rand-EZG die urbanen P-Einträge über Kanalisationen die dominierenden P-Eintragspfade,

in den anderen TEZG - in denen die punktuellen P-Belastungen geringer sind - verändert sich nichts; hier sind nach wie vor die P-Emissionen über Drainageabfluss vorherrschend.



**Bild 68:** Die beiden dominierenden P-Eintragspfade im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die diffuse P-Belastung

Wird jeweils neben dem dominierenden auch der zweitwichtigste Eintragspfad berücksichtigt, ergeben sich die in Bild 68 und Bild 69 dargestellten Verhältnisse. Die diffusen P-Belastungen (Bild 68) werden demnach hauptsächlich über die unterirdischen Eintragspfade Drainage- und Grundwasserabfluss verursacht; in allen vier TEZG sind sie die beiden wichtigsten P-Eintragspfade.

Werden wie in Bild 69 auch die punktuellen P-Emissionen berücksichtigt, ergibt sich eine völlig andere Belastungssituation: in den beiden TEZG Halfsteder Bäke und Rand-EZG dominieren die urbanen P-Belastungen (über Kanalisationen), der zweitwichtigste Eintragspfad ist jeweils der Drainageabfluss. Im TEZG Auebach sind die Verhältnisse umgekehrt: hier dominieren die P-Einträge über Drainageabfluss und die urbanen Einträge stellen den zweitwichtigsten P-Eintragspfad. Im TEZG Otterbäke sind dagegen vor allem die unterirdischen Eintragspfade bedeutsam: neben dem dominierenden Pfad Drainageabfluss sind hier die P-Emissionen über Grundwasserabfluss wichtig.

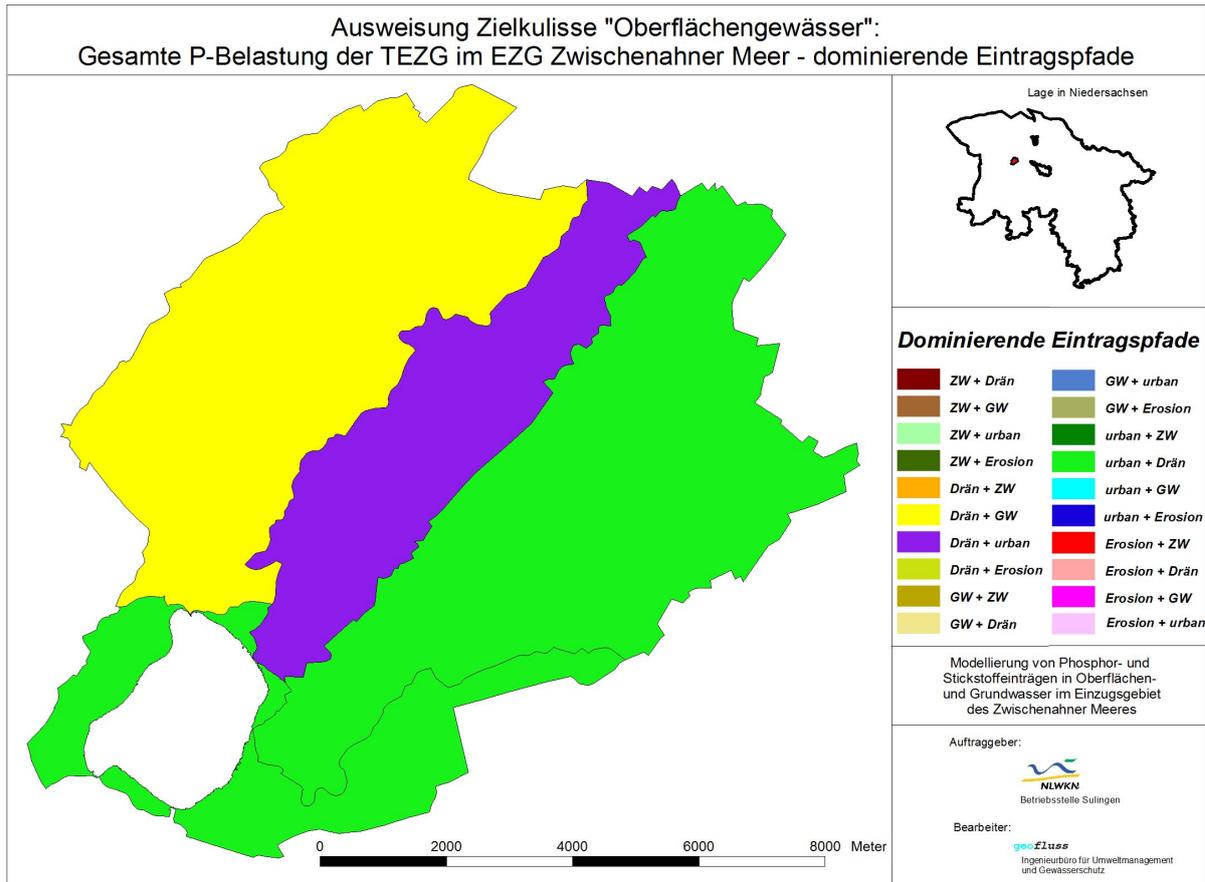


Bild 69: Die beiden dominierenden P-Eintragspfade im EZG Zwischenahner Meer pro TEZG für die gesamte P-Belastung

## 5 Zusammenfassung

Die wesentlichen Ziele dieses Vorhabens bestanden darin, für das Untersuchungsgebiet des Zwischenahner Meeres die diffusen Nährstoffeinträge zu modellieren und darauf aufbauend Ziel- und Maßnahmenkulissen für das EZG des Zwischenahner Meeres abzuleiten und darzustellen.

Hierfür wurde zunächst mit dem vom Auftragnehmer entwickelten LUH-Bilanzmodell für das Untersuchungsgebiet des Zwischenahner Meeres eine Bilanzierung der mittleren Nährstoffbelastung für den Zeitraum 2010 bis 2014 durchgeführt. Die hierbei erzielten Ergebnisse werden ausführlich in den Kap. 3.1 bis 3.4 vorgestellt.

### **Stickstoffeinträge im EZG des Zwischenahner Meeres**

Die mittleren Stickstoffemissionen aus dem EZG in das Zwischenahner Meer betragen gemäß der Modellergebnisse etwa 233 t/a, wovon ca. 223 t/a (fast 96 %) auf Belastungen aus diffusen Quellen zurückzuführen sind. Der Haupteintragspfad ist der Zwischenabfluss, über den N-Emissionen von fast 95 t/a erfolgen; weiterhin sind N-Emissionen über die Pfade Drainageabfluss (ca. 78 t/a) und Grundwasserabfluss (fast 46 t/a) bedeutsam (Details hierzu in Kap. 3.1).

Der größte Anteil der N-Belastungen und somit der diffusen N-Emissionen resultiert gemäß der Modellergebnisse aus den beiden großen TEZG Halfsteder Bäke (gut 84 t/a, etwa 36 % gesamten N-Emissionen im EZG) und Otterbäke (über 81 t/a, gut 35 %, vgl. Kap. 3.2). Die höchste Flächenbelastung ist dagegen mit 28,7 kg/ha aus dem TEZG Auebach zu verzeichnen (die entsprechende Belastung liegt für die beiden TEZG Otterbäke und Halfsteder Bäke bei 26,7 bzw. 25,8 kg/ha), aus dem N-Belastungen von fast 46 t/a (fast 20 %) erfolgen. Insgesamt sind die mittleren diffusen N-Emissionen aus diesen drei TEZG als zu hoch zu bezeichnen. Lediglich aus dem kleinen TEZG Rand-EZG sind deutlich geringere N-Einträge zu verzeichnen: sie betragen in der Summe etwa 22 t/a (gut 9 %), die Flächenbelastung liegt bei ca. 20 kg/ha.

### **Phosphoreinträge im EZG des Zwischenahner Meeres**

Die mittleren Phosphoremmissionen aus dem EZG in das Zwischenahner Meer betragen gemäß der Modellergebnisse knapp 8.800 kg/a, wovon etwa 6.870 kg/a (gut 78 %) auf Belastungen aus diffusen Quellen zurückzuführen sind. Im Gegensatz zu den Stickstoffemissionen sind die punktuellen P-Emissionen im EZG des Zwischenahner Meeres von Bedeutung: sie summieren sich zu 1.910 kg/a, was fast 22 % der gesamten P-Einträge ausmacht. Zudem stellen sie mit dem Eintragspfad „urbane Einträge“ den zweitwichtigsten P-Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer (dieser Pfad bildet u.a. die Nährstoffeinträge, die von versiegelten Flächen über Kanalisationen erfolgen, ab). Wichtigster diffuser und eindeutig dominierender P-Eintragspfad aus dem EZG ist der Drainageabfluss mit etwa 3.200 kg/a (36,5 % aller P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer); zwei Drittel der P-Emissionen über Dränagen erfolgen dabei von den landwirtschaftlich genutzten Flächen auf ehemaligen Hochmooren (2.100 kg/a), die als Belastungsschwerpunkte im EZG Zwischenahner Meer identifiziert wurden.

Der zweitwichtigste diffuse P-Eintragspfad im EZG Zwischenahner Meer ist der Grundwasserabfluss mit ca. 1.870 kg/a (Details hierzu in Kap. 3.3). Auch über diesen Pfad resultieren hohe P-Emissionen von den landwirtschaftlich genutzten Flächen auf ehemaligen Hochmooren.

ren: sie betragen über 920 kg/a und somit fast die Hälfte aller P-Einträge über Grundwasserabfluss.

Im Gegensatz zum Steinhuder Meer spielen P-Einträge über atmosphärische Deposition aufgrund der deutlich geringeren Wasserfläche des Zwischenahner Meeres eine untergeordnete Rolle (die entsprechenden P-Emissionen direkt in das Zwischenahner Meer betragen knapp 100 kg/a).

Die erosiven P-Emissionen sind im EZG Zwischenahner Meer mit etwa 675 kg/a trotz lokaler Relevanz (mit hohen bzw. sehr hohen P-Emissionen von über 1 oder sogar über 2 kg/ha·a) erwartungsgemäß von eher geringer Bedeutung. Letzteres gilt auch für die P-Einträge über Zwischenabfluss.

Der größte Anteil der P-Belastungen resultiert gemäß der Modellergebnisse aus dem TEZG Otterbäke (fast 52 % der diffusen und gut 46 % der gesamten P-Emissionen). In diesem TEZG dominieren mit ca. 3.600 kg/a und einem Anteil von fast 90 % eindeutig die diffusen P-Emissionen. Der wichtigste P-Eintragspfad im TEZG Otterbäke ist der Drainageabfluss mit etwa 2.000 kg/a und somit fast 50 % der gesamten P-Emissionen; ein Anteil von fast 1.600 kg/a resultiert dabei von den landwirtschaftlichen Nutzflächen, die auf ehemaligen Hochmooren liegen (Otterbäks- und Hellermoor). Darüber hinaus ist im TEZG Otterbäke mit im Mittel 1,3 kg/ha·a die höchste Flächenbelastung im EZG Zwischenahner Meer zu verzeichnen.

Die zweithöchste P-Flächenbelastung durch diffuse P-Einträge wird im TEZG Rand-EZG erreicht: sie liegt bei 0,77 kg/ha·a und ist ebenfalls zu einem erheblichen Anteil auf die extrem hohen P-Emissionen aus den Hochmooren (die heute in landwirtschaftlicher Nutzung sind) zurückzuführen. Da dieses TEZG eher klein ist, beträgt der Anteil der diffusen P-Emissionen trotz der recht hohen Flächenbelastung nur 12 % aller diffusen P-Einträge im EZG Zwischenahner Meer. Allerdings ist zu beachten, dass im TEZG Rand-EZG die punktuellen P-Emissionen besonders hoch sind, weshalb die gesamten P-Emissionen mit im Mittel 1,22 kg/ha·a fast so hoch wie im TEZG Otterbäke sind.

Der zweithöchste Anteil sowohl der diffusen als auch der punktuellen P-Einträge ist aus dem TEZG Halfsteder Bäke zu verzeichnen. Auch in diesem TEZG liegen somit erhöhte punktuelle P-Emissionen vor. Daher ist der Anteil der gesamten P-Emissionen mit 24,2 % höher als der der diffusen P-Einträge mit 20,6 %. Zu beachten ist, dass die P-Flächenbelastung mit 0,44 kg/ha·a für die diffusen und 0,65 kg/ha·a für die gesamten P-Emissionen geringer als im restlichen EZG des Zwischenahner Meeres sind.

Aus dem TEZG Auebach resultieren 14,7 % der gesamten und 14,1 % der diffusen P-Emissionen im EZG Zwischenahner Meer. Die P-Flächenbelastung liegt mit 0,65 kg/ha·a für die diffusen und 0,8 kg/ha·a für die gesamten P-Emissionen im Vergleich mit den anderen TEZG im EZG des Zwischenahner Meeres im unteren Bereich.

### **Ziel- und Maßnahmenkulisen für das EZG des Zwischenahner Meeres**

Unter Verwendung der räumlich hoch aufgelösten Modellergebnisse sowie unter Anwendung der entwickelten Bewertungsgrundlage (Methodik zur Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulisen, vgl. Kap. 2.6) wurden abschließend Vorschläge für Ziel- und Maßnahmenkulisen für Oberflächengewässer für das EZG des Zwischenahner Meeres unterbreitet (Kap. 4). Dies erfolgte jeweils separat für die N- bzw. P-Belastungssituation. Weiterhin wurden jeweils die Einflüsse der gerechneten Szenarien (vgl. Kap. 2.3) auf die vorgeschlagenen Ziel- und

Maßnahmenkulissen vorgestellt (vgl. Kap. 4.1 und Kap. 4.3). Als räumliche Auflösung für die vorgeschlagenen Ziel- und Maßnahmenkulissen fungierten die hydrologischen TEZG.

Weiterhin wurden für die genannten EZG wiederum auf Ebene der hydrologischen TEZG jeweils die dominierenden Eintragspfade vorgestellt. Diese Angabe ermöglicht es zielgerichtete Maßnahmen zur effektiven Verminderung der Nährstoffbelastung abzuleiten (vgl. Kap. 4.2 und Kap. 4.4).

Die wesentlichen **Ergebnisse für Ziel- und Maßnahmenkulissen** für das EZG des Zwischenahner Meeres auf Ebene der TEZG lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die **diffuse N-Belastung** ist im EZG des Zwischenahner Meeres für drei TEZG (Otterbäke, Halfsteder Bäke und Auebach, fast 90 % der Einzugsgebietsfläche) hoch (Belastungsstufe 4, vgl. Kap. 4.1), für das TEZG Rand-EZG zudem erhöht (Stufe 3). Die Ziel- und Maßnahmenkulisse sollte daher diese vier TEZG und somit das gesamte EZG Zwischenahner Meer umfassen. Dominierender N-Eintragspfad ist in den drei TEZG Halfsteder Bäke, Auebach und Rand-EZG der Zwischenabfluss, im TEZG Otterbäke ist es dagegen der Drainageabfluss. In den TEZG Auebach und Rand-EZG ist der Drainageabfluss der zweitwichtigste N-Eintragspfad, im TEZG Halfsteder Bäke ist dies der Grundwasserabfluss und im TEZG Otterbäke der Zwischenabfluss. Insgesamt sind demnach insbesondere die drei unterirdischen Abflusspfade bedeutsam. (vgl. Kap. 4.2). Die **punktuellen N-Belastung** ist im EZG des Zwischenahner Meeres weitgehend unbedeutend.

Die **diffuse P-Belastung** ist im EZG des Zwischenahner Meeres deutlich höher als die N-Belastung. Für die TEZG Otterbäke und Rand-EZG wurde eine sehr hohe P-Belastung der höchsten Stufe 5 ermittelt, für die insbesondere die sehr hohen bzw. vereinzelt sogar extrem hohen P-Emissionen aus den landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Hochmoorflächen verantwortlich sind (über 3 bzw. vereinzelt sogar über 8 kg/ha-a; in der Summe liegt ihr Anteil bei über 60 % der diffusen P-Belastung dieser TEZG). In den beiden anderen TEZG Halfsteder Bäke und Auebach liegen hohe P-Belastungen (Belastungsstufe 4) vor (vgl. Kap. 4.3). Anders als bei der N-Belastung ist die **punktuellen P-Belastung** im EZG Zwischenahner Meer von Bedeutung. Dies gilt insbesondere für das TEZG Rand-EZG, für das eine hohe punktuelle P-Belastung der Stufe 4 ermittelt wurde. In den anderen TEZG liegt demnach lediglich eine geringe punktuelle P-Belastung vor. Als Folge davon führt die Bewertung der **gesamten P-Belastung** dazu, dass nun - abgesehen vom TEZG Halfsteder Bäke - das restliche EZG des Zwischenahner Meeres eine sehr hohe gesamte P-Belastung der höchsten Stufe 5 aufweist.

Dominierender diffuser P-Eintragspfad ist in allen vier TEZG der Drainageabfluss, der zweitwichtigste diffuse P-Eintragspfad ist jeweils der Grundwasserabfluss (vgl. Kap. 4.4). Anders als bei der N-Belastung ist die **punktuellen P-Belastung** im EZG Zwischenahner Meer von Bedeutung. Dies gilt insbesondere für die TEZG Halfsteder Bäke und Rand-EZG, in denen bei Betrachtung der gesamten P-Emissionen die urbanen Einträge sogar den dominierenden P-Eintragspfad stellen; der zweitwichtigste P-Eintragspfad ist hier entsprechend der Drainageabfluss. Im TEZG Auebach sind die urbanen Einträge nun der zweitwichtigste P-Eintragspfad.

### **Szenarienberechnungen für das EZG des Zwischenahner Meeres**

Die durchgeführten Szenarienberechnungen zeigen, dass bei zunehmenden Abflüssen (Szenarien 1 und 2) mit einer deutlichen Zunahme der Nährstoffbelastung für das Zwischenahner Meer zu rechnen ist (vgl. Kap. 3.1.1 bis 3.1.2 und Kap. 3.3.1 bis 3.3.2). Diese Zunahme wirkt sich aufgrund der bereits hohen Nährstoffbelastungen bei mittleren Bedingungen (IST-Zustand) jedoch nicht auf die Ausdehnung der Ziel- und Maßnahmenkulissen für das EZG des Zwischenahner Meeres aus (vgl. Kap. 4.1.1 und Kap. 4.3.1). Allerdings führt die Bewertung sowohl der N-Belastung als auch der P-Belastung nach Szenario 2 (verdoppelter Abfluss) im Vergleich zum IST-Zustand dazu, dass nun jeweils alle vier TEZG der höchsten Belastungsstufe 5 zuzuordnen sind.

Bei den Szenarien 3 und 4 mit geringeren Abflüssen nehmen die Nährstoffemissionen im EZG des Zwischenahner Meeres erheblich ab (vgl. Kap. 3.1.3 bis 3.1.4 und Kap. 3.3.3 bis 3.3.4); diese Abnahme bewirkt, dass nach den Bedingungen von Szenario 4 zumindest das TEZG Rand-EZG nicht mehr Ziel- und Maßnahmenkulisse für die N-Belastung ist (vgl. Kap. 4.1.1). Für die P-Belastung ergeben sich durch diese Szenarien dagegen keine Änderungen für die Ausdehnung der Ziel- und Maßnahmenkulisse (Kap. 4.3.1).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieses Vorhabens, dass das verwendete Bilanzmodell es erlaubt, räumlich differenzierte Aussagen über die Belastungssituation im Untersuchungsgebiet Zwischenahner Meer zu treffen. Es können insbesondere die Gebiete, von denen besonders hohe Belastungen ausgehen, mit ihren verantwortlichen Eintragungspfaden identifiziert werden.

Kombiniert mit der Methodik zur Ausweisung von Ziel- und Maßnahmenkulissen für Oberflächengewässer steht damit ein hilfreiches Instrumentarium für die Umsetzung der Anforderungen der WRRL zur Verfügung, dass in dieser Form auch in anderen Gebieten bereits erfolgreich eingesetzt wurde und auch künftig eingesetzt werden kann.

## 6 Literatur

- BEHRENDT, H., HUBER, P., KORNMILCH, M., OPITZ, D., SCHMOLL, O., SCHOLZ, G. & UEBE, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands. Berlin, Institut f. Gewässerökologie und Binnenschifffahrt im Forschungsverbund Berlin e.V.
- BEHRENDT, H. & D. OPITZ (2000): Retention of nutrients in river systems: Dependence on specific runoff and hydraulic load. *Hydrobiologia* Vol. 410: 111-122.
- BEZIRKSREGIERUNG WESER-EMS: Statusbericht zur Wassergüteproblematik des Zwischenahner Meeres. Arbeitsgruppe Zwischenahner Meer, Juni 1995.
- FOGELBERG, S. (2003): Modelling nitrogen retention at the catchment scale. Comparison between HBV-N and MONERIS. Uppsala Technical University. Master thesis.
- KUNKEL, R. & WENDLAND, F. (1998): Der Landschaftswasserhaushalt im Flußeinzugsgebiet der Elbe. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt/Environment, Band 12, Jülich.
- KUNST, S., SCHEER, C. & PANCKOW, N. (2004): Signifikante Nährstoffeinträge aus der Fläche. F & E-Projekt im Auftrag der LAWA. ATV-DVWK-Themen, Hennef.
- LITTLEWOOD, I.G. (1995): Hydrological regimes, sampling strategies and assessment of errors in mass load estimates for United Kingdom rivers. *Environment International* 21, 2.
- NLWKN (2010): Wasserrahmenrichtlinie Band 3, Leitfaden Maßnahmenplanung, Oberflächengewässer, Teil B: Stillgewässer, Anhang II - Seeberichte, Zwischenahner Meer.
- OSPAR (1996): (OSLO-PARIS-KOMMISSION): Principles of the comprehensive study of riverine inputs and direct discharges (RID).
- PANCKOW, N. (2008): Entscheidungsunterstützungssystem im Flussgebietsmanagement: Emissionsmodellierung signifikanter Nährstoffeinträge aus der Fläche. Dissertation an der Fakultät für Architektur und Landschaft der Leibniz Universität Hannover.
- RÖDER, M. (1997): Erfassung und Bewertung anthropogen bedingter Änderungen des Landschaftswasserhaushaltes - dargestellt am Beispiel der Westlausitz. Dissertation, TU Dresden.
- SCHEER, C. & PANCKOW, N. (2012): Weiterführende Modelloptimierung zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge als Instrument zur Umsetzung der EG-WRRL - Anpassung für Niedersachsen und Implementierung von Bewirtschaftungsmaßnahmen. F+E-Vorhaben im Auftrag des NLWKN. Nicht veröffentlicht.
- SCHEER, C., PANCKOW, N. & KUNST, S. (2007): Entwicklung eines optimierten Bilanzierungsmodells zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge als Instrument zur Umsetzung der EG-WRRL. Abschlussbericht zum gleichnamigen F+E-Vorhaben im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums. Institut für Freiraumentwicklung, Leibniz Universität Hannover. Nicht veröffentlicht.

VENOHR, M., I. DONOHUE, S. FOGELBERG, B. ARHEIMER, K. IRVINE und H. BEHRENDT (2005):  
Nitrogen retention in a river system and the effects of river morphology and lakes.  
Water Science & Technology Vol. 51 (No. 3-4): 19-29.

