

FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSINSTITUT FÜR INDUSTRIE- UND

SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT SOWIE ABFALLWIRTSCHAFT E. V. STUTTGART

INSTITUT WAR — Bibliothek —

10 SBS 144

Wasserversorgung, Abwassertechnik

Abfalltechnik und Raumplanung

Technische Universität Darmstadt

Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt

TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48

FAX 0 61 51/16 37 58

Guowen Yuan

Stickstoffelimination unter Einsatz von extern gezüchteten immobilisierten Nitrifikanten

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ABKÜRZUNGS- und FORMELVERZEICHNIS	11
1. EINLEITUNG	15
2. HERKUNFT, WIRKUNG UND VERMINDERUNG DES STICKSTOFFES IM GEWÄSSER	17
2.1 Stickstoffquellen	17
2.2 Wirkungen des Stickstoffes auf die Gewässer	18
2.3 Maßnahmen zur Verminderung des Stickstoffeintrags	18
2.3.1 Maßnahmen zur Verminderung des Stickstoffeintrages aus diffusen Quellen	18
2.3.2 Maßnahmen zur Verminderung des Stickstoffeintrages aus punktförmigen Quellen	19
3. VERFAHREN ZUR STICKSTOFFELIMINATION	20
3.1 Allgemeines	20
3.2 Verfahren zur physikalisch-chemischen Stickstoffelimination	20
3.3 Biologische Verfahren zum C-Abbau und Nitrifikation	22
3.4 Verfahren zur Denitrifikation	22
4. MÖGLICHKEIT ZUR STICKSTOFFELIMINATION MIT VORGESCHALTETEN HOCHBELASTETEN AEROBEN BECKEN FÜR VOLLSTÄNDIGE NITRIFIKATION UND HOCHBELASTETEM SCHLAMM ALS H^+-DONATOR FÜR DIE DENITRIFIKATION	26
4.1 Anteil der Nitrifikanten an der Biozönose	26
4.2 Biologische Verfahren zur vollständigen Nitrifikation	27
4.2.1 Verfahren mit hohem Schlammalter der suspendierten Biomasse	27
4.2.2 Verfahren mit geringem Schlammalter der suspendierten Biomasse	28
4.3 Verfügbarkeit von hochbelastetem Belebtschlamm als H^+ -Donator für die Denitrifikation	29
5. ZIELSETZUNG DER VORLIEGENDEN ARBEIT	31
6. KONZEPTION EINES NEUEN VERFAHRENS ZUR STICKSTOFFELIMINATION - VERFAHREN MIT EXTERN GEZÜCHTETEN IMMOBILISIERTEN NITRIFIKANTEN	32
6.1 Allgemeines	32
6.2 Auswahl der Nitrifikantenarten	32
6.3 Auswahl des Verfahrens zum Einsatz externer Nitrifikanten im Belebungsbecken	32

6.3.1	Allgemeines.....	32
6.3.2	Verfahren unter Einsatz von extern gezüchteten suspendierten Nitrifikanten.....	33
6.3.2.1	Verfahren mit einer Off-Line-Züchtungsanlage in der Kläranlage.....	33
6.3.2.2	Verfahren mit Bakterienpräparaten (Bioaugment).....	34
6.3.2.3	Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit unter Einsatz von extern gezüchteten suspendierten Nitrifikanten.....	35
6.3.3	Verfahren unter Einsatz von extern gezüchteten immobilisierten Nitrifikanten.....	37
6.4	Auswahl der Methode zur Immobilisierung der Nitrifikanten	38
6.4.1	Allgemeines.....	38
6.4.2	Anwendung der Matrixeinhüllungsmethode zur Nitrifikation und Denitrifikation.....	39
6.4.3	Vor- und Nachteile der Immobilisierungsmethode.....	41
6.5	Adsorptionsimmobilisierungsmethode	43
6.5.1	Allgemeines.....	43
6.5.2	Verfahren I: Rückhaltung des Trägermaterials im Nachklärbecken.....	43
6.5.3	Verfahren II: Rückhaltung des Trägermaterials im Belebungsbecken.....	44
6.6	Auswahl des Trägermaterials	45
6.6.1	Randbedingungen für die Auswahl des Trägermaterials.....	45
6.6.2	Geeignetes Trägermaterial.....	46
6.7	Eigenschaft des Trägermaterials-Schaumstoffwürfel	47
6.7.1	Immobilisierungskapazität der Nitrifikanten durch Schaumstoff-Polyurethane.....	47
6.7.2	Haltbarkeit des Trägermaterials.....	48
6.7.3	Physikalische Parameter.....	48
7.	UNTERSUCHUNGSMETHODEN	49
7.1	Beschreibung der Züchtungsanlage und der Züchtungsmethode	49
7.2	Aufbau der Versuchsanlagen	49
7.3	Aktivitätsbestimmung der immobilisierten Nitrifikanten in/auf den Schaumstoffwürfeln	51
7.4	Auspreßmethode im Labor	51
7.4.1	Vorbereitung der Versuchswürfel.....	51
7.4.2	Definition des ausgepressten Schlammes I (bzw. II, III...)	51
7.5	Beschreibung der Feststoffbestimmungsmethode für die Schaumstoffwürfel	52
8.	IMMOBILISIERUNG VON NITRIFIKANTEN MITTELS SCHAUMSTOFFWÜRFEL	54
8.1	Grundlage zur Entwicklung eines Biofilms	54
8.2	Durchführung der Immobilisierung von Nitrifikanten	56
8.2.1	Allgemeines	56
8.2.2	Beimpfung (Induktionsphase).....	57
8.2.3	Wachstumsphase I: vor dem Auspressen.....	57
8.2.4	Wachstumsphase II: nach dem Auspressen.....	59
8.3	Vergleich der Wachstumsrate der Nitrifikanten in/auf den Würfeln PPI 40 mit in/auf den PPI 50	59
8.4	Optimale Züchtungsmethode in der Praxis	61
9.	REINIGUNGSLEISTUNG DES EINPOR-VERFAHREN MIT SCHAUMSTOFFWÜRFEL PPI 50	62

9.1	Art und Dauer der Untersuchungen	62
9.2	Beitrag der suspendierten und immobilisierten Phasen zur Nitrifikation beim EINpor-Verfahren.....	66
9.2.1	Nitrifikationsleistung des Schlammes in der suspendierten Phase.....	66
9.2.2	Verteilung der Nitrifikationsanteile von suspendierten und immobilisierten Nitrifikanten.....	68
9.3	Untersuchungen zum Überleben immobilisierter Nitrifikanten in den Schaumstoffwürfeln (PPI 50)	70
9.3.1	Einfluß der Belüftung auf die Ablösung des Biofilms in den Schaumstoffwürfeln.....	70
9.3.2	Überlebensrate der in Schaumstoffwürfeln immobilisierten Nitrifikanten.....	70
9.4	Nitrifikationsgeschwindigkeit der Schaumstoffwürfel (PPI 50) nach Auspressen	71
9.5	Ausblick	73
10.	REINIGUNGSLEISTUNG DES EINPOR-VERFAHRENS MIT SCHAUMSTOFFWÜRFEL PPI40.....	74
10.1	Vorbemerkung	74
10.2	Stabilität der Nitrifikationsgeschwindigkeit immobilisierter Nitrifikanten mit Schaumstoffwürfel PPI40	75
10.3	Anteil der suspendierten und immobilisierten Nitrifikanten an der gesamten Nitrifikationsleistung	77
10.4	Denitrifikationsleistung.....	78
10.4.1	Denitrifikationsrate des hochbelasteten Schlammes.....	78
10.4.2	Denitrifikation im Nachklärbecken.....	82
10.5	Weitere Parameter im Ablauf	83
10.5.1	Nitritkonzentration im Ablauf.....	83
10.5.2	Gelöster organisch gebundener Stickstoff im Ablauf einer Belebungsanlage.....	84
10.5.3	Suspendiertes Substrat im Ablauf vom Nachklärbecken	85
10.5.4	CSB im Ablauf.....	86
10.6	Schlammindex	86
10.7	Sensibilität bei ungünstige Betriebsverhältnisse	87
10.7.1	Erhaltung des Nitrifikationsvermögens ohne Anwesenheit von Ammoniumstickstoff	87
10.7.2	Hohe Kohlenstoffbelastung ohne suspendierten Schlamm.....	87
10.8	Zusammenfassung	88
11.	Beurteilung beider Schaumstoffwürfel PPI 50 und PPI 40 als Trägermaterial beim EINpor-Verfahren	90
11.1	Vorbemerkung	90
11.2	Biofilmstruktur im Schaumstoffwürfel	90
11.3	Verteilung der Nitrifikanten in den Schaumstoffwürfeln	92
11.3.1	Verteilung der Nitrifikationsgeschwindigkeit im normalen Biofilm.....	92
11.3.2	Verteilung der Nitrifikantendichte in den Schaumstoffwürfeln	93
11.4	Beurteilungsparameter für Schaumstoffwürfel -- Elastizitäts-Faktor des Nitrifikationsvermögen im Schaumstoffwürfel	97
11.4.1	Definition der Elastizitäts-Faktors des Nitrifikationsvermögens	97
11.4.2	Elastizitäts-Faktor der Schaumstoffwürfel PPI 50	98
11.4.3	Elastizitäts-Faktor der Schaumstoffwürfel PPI 40	99
11.5	Geeignete Schaumstoffwürfel im EINpor-Verfahren	101

12.	Bewertung der höheren Nitrifikationsleistung des EINpor-Verfahren.....	102
12.1	Allgemeines	102
12.2	Einfluß des Schlammalters der suspendierten Phase auf der Nitrifikationsleistung der immobilisierten Nitrifikanten	103
12.2.1	Allgemeines	103
12.2.2	Mangel an Stickstoffsubstrat für die Nitrifikanten auf den Würfeln bei längerem Schlammalter der suspendierten Phase	104
12.2.3	Ausreichende Versorgung der suspendierten und der sessilen Nitrifikanten mit Ammoniumsubstrat unter niedrigem und längerem Schlammalter	107
12.3	Zusammenfassung	112
13.	ENTWURF DES EINPOR-VERFAHRENS	113
13.1	Parameter zum Entwurf des EINpor-Verfahrens	113
13.1.1	Vollständige Nitrifikation im EINpor-Verfahren	113
13.1.2	Sicherheitsfaktor	113
13.1.3	Einfluß der Temperatur auf das Wachstum der Nitrifikanten im Biofilm	114
13.1.4	Gleichverteilung der Schaumstoffwürfel im Belebungsbecken	117
13.2	Vergleich des EINpor-Verfahrens mit dem konventionellen Belebungsverfahren	118
13.2.1	Vorbemerkung	118
13.2.2	Ausgangsdaten	119
13.2.3	Volumenermittlung für die konventionelle Belebung nach ATV [1996]	120
13.2.4	Volumenermittlung für EINpor-Verfahren	120
13.2.5	Vergleich der Bemessungsansätze	124
14.	ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN DES EINPOR-VERFAHRENS ZUR VERBESSERUNG DER DENITRIFIKATIONSLEISTUNG	130
15.	ZUSAMMENFASSUNG	132
16.	LITERATUR	135
17.	ANHANG	
	Verzeichnis aus der Schriftenreihe Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft	166
ANLAGE I	Verwendete Analysenverfahren	145
ANLAGE II	Berechnungen für Abbildung 6.3 und 6.4	146
ANLAGE III	Grenzen der Nitrifikation	147
ANLAGE IV	Bemessung des anoxischen Schlammes im EINpor-Verfahren	150
ANLAGE V	Bestimmung der Nitrifikationsatmungsrate durch Atemungsmessung ...	151
ANLAGE VI	Berechnung der Investitionskosten des konventionellen Belebungs- und EINpor-Verfahrens	153
ANLAGE VII	Kostenberechnung der Schlammbehandlung	157
ANLAGE VIII	Energiekosten für Belebungsanlagen	160
ANLAGE IX	Wirtschaftlichkeitsberechnung	163