
Kurzfassung des Forschungsvorhabens (Aktenzeichen IV-9-042 074):**„Emissionen von gefährlichen Stoffen aus den Abwasserentsorgungssystemen vor dem Hintergrund der EG-WRRL“**

TU Kaiserslautern, FG Siedlungswasserwirtschaft

PD Dr.-Ing. habil. Antje Welker

Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern

Tel: 0631/205-3086; email: awelker@rhrk.uni-kl.de

Anfang 2005 sind in NRW im Zuge der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) die Bestandsaufnahmen für die Oberflächengewässer zur Bewertung des ökologischen und des chemischen Zustandes fertig gestellt worden /N.N. 2004/. Trotz einer allgemein stärkeren Betonung der biologischen Kriterien in der WRRL werden weiterhin vielfältige chemische Parameter betrachtet.

Insbesondere die Stoffe bzw. Stoffgruppen der Anhänge IX und X der WRRL, die den chemischen Zustand der Gewässer charakterisieren, sind zu berücksichtigen. In dieser Liste sind neben einzelnen Schwermetallen (z.B. Cadmium) vorwiegend organische Schadstoffe aufgeführt /EU Kommission 2001/.

Neben den Regelungen der EG-WRRL sind in NRW weitere Vorgaben zur Bewertung von Schadstoffbelastungen in Oberflächengewässern zu berücksichtigen (Gewässerziel-VO NRW, Allgemeine Güteanforderungen (AGA) u.a.). Diese Ausführungen machen deutlich, dass grundsätzlich eine Vielzahl von Substanzen bzw. Substanzgruppen in verschiedenen Regelungen aufgeführt wird und damit zu betrachten ist. Teilweise werden einzelne Parameter in verschiedenen Vorgaben benannt, wobei sich jeweils angegebene Qualitätsziele bei der gleichen Substanz unterscheiden können.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme sind unterteilt nach verschiedenen Wasserkörpern seit 2004 in NRW verfügbar /N.N. 2004/. Allgemein lässt sich aus den Untersuchungsergebnissen bei allen ortsspezifischen Unterschieden folgern, dass die Wasserkörper bezogen auf die Kriterien „chemischer Zustand“ bzw. „ökologisch-chemischer Zustand“ häufig in die Kategorie „gefährdet“ oder „möglicherweise gefährdet“ eingestuft wurden.

Damit ergab sich die Frage nach der Herkunft dieser Schadstoffemissionen. Zu diesem Aspekt wurden sowohl für herkömmlich in Wassermatrizes betrachtete Parameter (Nährstoffe, TOC u.a.) als auch für einige Schadstoffe (Schwermetalle) erste vergleichende Bilanzrechnungen durchgeführt. Dabei wurden die Abläufe von kommunalen und industriellen Kläranlagen sowie die niederschlagsbedingten Einträge wie Mischwasserentlastungen und Trenngebietsauslässe berücksichtigt. Des Weiteren wurden die Einträge aus den diffusen Quellen in die Bewertung einbezogen.

Wiederum ergaben sich bezogen auf einzelne Wasserkörper auf Grund der variierenden Datenlage und ortsspezifischen Faktoren unterschiedliche Ergebnisse. In der Tendenz kann bei vielen Fällen abgeleitet werden, dass stoffliche Emissionen aus den kommunalen

Abwassersystemen im Vergleich zu anderen Emissionsquellen in erheblichem Maße zur Gewässerbelastung beitragen /N.N. 2004/. Innerhalb der Emissionen aus den Abwassersystemen konnte durch erste Bilanzrechnungen nachgewiesen werden, dass stoffliche Einträge aus den niederschlagsbedingten Einleitungen (Mischwasserentlastungen und Trenngebietsauslässe) bei einigen Schadstoffen (z.B. Schwermetalle und PAK) besonders signifikant sind.

Weiterhin wird betont, dass die Datenbasis gerade für die hier besonders zu betrachtenden organischen Schadstoffe immer noch sehr lückenhaft ist. Insbesondere fehlen Daten zum Aufkommen der vorwiegend organischen Schadstoffe in den wichtigsten Abflussarten der Abwassersysteme. Diese sind zum Einen die Abläufe der Kläranlagen, die bereits seit längerem im Blickpunkt des Interesses stehen (s.u.). Zum Anderen sind die niederschlagsbedingten Abflüsse (z.B. Mischwasserentlastungen, Trenngebietsauslässe) zu betrachten; für diese Abflussarten liegen bislang kaum Erkenntnisse vor.

An diesem Punkt setzt die vorgestellte Studie an. Sie soll einen Beitrag zum Gewinn erster Erkenntnisse zum Aufkommen und zur Verteilung von Schadstoffen in den Teilkomponenten der Abwassersysteme (Kanalisation und Kläranlage) liefern.

Als erster Schritt werden die verfügbaren Daten zum Aufkommen von ausgewählten vorwiegend organischen Schadstoffen in kommunalen Abwassersystemen zusammen gestellt und aufbereitet.

Hierbei wird eine zweigeteilte Vorgehensweise gewählt. Im ersten Teil (Kapitel 2 und 3) werden verfügbare Ergebnisse von Untersuchungsprogrammen ausgewertet und die wichtigsten Kenngrößen für relevante Stoffe beschrieben und analysiert /Welker, 2004/. Das betrifft sowohl die rechtlichen Grundlagen, die Stoffeigenschaften, die Wirkungen und die Herkunftsbereiche der Stoffe als auch das Aufkommen in den einzelnen Teilbereichen des urbanen Wasserkreislaufs sowie Vermeidungs- und Verringerungspotenziale.

Hierzu enthält Kapitel 3 eine Kurzbeschreibung von ca. 20 ausgewählten Stoffen bzw. Stoffgruppen. Aufgrund der nach Einzelsubstanzen gegliederten Beschreibung stellt Kapitel 3 ein Nachschlagewerk dar, in dem die für jede Verbindung wesentlichen Aspekte zu finden sind. Ein kurzes Fazit am Ende der Ausführungen über jede Stoffgruppe ermöglicht es dem Leser, sich einen schnellen Überblick zu verschaffen.

Im zweiten Teil der Studie (Kapitel 5) werden tiefer gehende Betrachtungen über die stofflichen Verteilungsvorgänge im Abwassersystem angestellt. Zu diesem Zweck wird der Detaillierungsgrad deutlich erhöht und zwar durch die Beschränkung auf ein Teilsystem - vornehmlich das Mischsystem mit den Emissionen „Kläranlagenablauf“ und „Mischwasserentlastung“ - sowie die gewählte Methodik. So werden mit Hilfe des Instruments der Schmutzfrachtsimulation die maßgeblichen Stoffemissionen (11 Stoffe) aus dem Mischsystem auf der Basis von Annahmen mittlerer Konzentrationen berechnet.

Für einen „mittleren Fall“ werden die Stofffrachten in den einzelnen Abflussarten bezogen auf die Gesamtfracht berechnet. Die Ergebnisse der Simulationen dienen als Vergleichsbasis für die vorgestellten Varianten, bei denen die Eingangsdaten bzw. die Struktur des Kanalnetzes verändert werden. Die jeweiligen Randbedingungen für die Berechnung werden dabei in Anlehnung an aktuelle Fragestellungen der Siedlungswasserwirtschaft, z.B. die Abkopplung von befestigten Flächen, festgelegt und mit verschiedenen Szenarien (s.u.) abgebildet.

Anschließend werden - unter Verwendung der gleichen stofflichen Eingangsdaten - die Emissionen für ein Trennsystem berechnet, die aus den Trenngebietsauslässen und den Abläufen der Kläranlage in das Gewässer gelangen. Es wird der prozentuale Anteil der Frachten aus den Oberflächenabflüssen an der Gesamtfracht, der Summe aus Oberflächenabfluss und Ablauf Kläranlage, ermittelt.

Die Hauptergebnisse bei Veränderungen im Kanalnetz (Netzscenarien) sind im Folgenden aufgeführt.

Szenario Absetzen:

Die Berücksichtigung des Prozesses „Absetzen“ führt im Vergleich zum mittleren Fall zu Verringerungen der Frachten der Mischwasserentlastung und der Gesamtemissionen. Dies gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die Rückhalteleistungen der Kläranlage trotz erhöhter Stoffbelastung in der gleichen Größenordnung bleiben. Die Reduktion der Gesamtemissionen schwankt je nach betrachtetem Stoff in weiten Bereichen, von keiner signifikanten Abnahme bis ca. 15 %. Die größten Veränderungen ergeben sich in Abhängigkeit davon, ob die Stoffe überwiegend gelöst oder partikulär transportiert werden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse mögliche Ansatzpunkte, für Maßnahmen im Kanalisationssystem, insbesondere zur Behandlung partikulär transportierter Stoffe.

Szenario Bodenfilter:

Grundsätzlich kann sich die Anordnung von Retentionsbodenfiltern reduzierend auf die Mischwasserentlastungsfracht auswirken. Das Ausmaß der Reduktion hängt von den Eigenschaften des betrachteten Stoffes ab. Wird eine Substanz in hohem Maße partikulär transportiert bzw. wird sie leicht biologisch abgebaut, ist von einer hohen Eliminationsleistung in Retentionsbodenfiltern auszugehen. Umgekehrt werden Stoffe mit hoher Löslichkeit und geringer Abbaubarkeit nur wenig in der Bodenpassage zurückgehalten.

Die Auswirkungen der Bedingungen des Szenarios „Bodenfilter“ auf die emittierten Gesamtfrachten sind ebenfalls stoffspezifisch und vor allem abhängig vom Anteil der Mischwasserentlastungsfracht an den Gesamtfrachten.

Szenario Beckenvolumen hoch:

Wie zu erwarten war, sind bei allen Stoffen beträchtliche Verminderungen der Mischwasserentlastungsfracht festzustellen. Dies ist direkt auf die signifikante Verringerung des Entlastungswasservolumens zurückzuführen.

Durch die hohe Speicherwirkung der Becken bedingt, fließen der Kläranlage bei Regenwetter größere Abwassermengen zu. Damit wird auch die Menge im Kläranlagenablauf im Vergleich zum Basisszenario gesteigert, was sich bei allen Stoffen in einer Erhöhung der Frachten im Kläranlagenablauf bei Regenwetter zeigt.

Die wichtigste Größe zur Bewertung der möglichen Auswirkungen einer extremen Beckenvolumenerhöhung ist die emittierte Gesamtfracht. Hier ist bei einigen Stoffen eine

beachtliche Reduktion zu erkennen. Insbesondere gilt dies für die vorwiegend an Feststoffen transportierten Stoffe (z.B. Kupfer ca. 30 %), die gut in Kläranlagen zurückgehalten werden können. Der gleiche Effekt wird für lösliche, aber gut biologisch abbaubare Substanzen (z.B. NTA: 18 %) beobachtet.

Äußerst geringe Verminderungen (ca. < 1 %) sind bei löslichen, aber schlecht biologisch abbaubaren Substanzen (z.B. EDTA) zu verzeichnen. Bei dieser Substanzgruppe findet lediglich eine Verschiebung der Stoffströme von der Mischwasserentlastung in den Kläranlagenablauf bei Regen statt.

Damit ist nachgewiesen, dass eine extreme Beckenvolumenerhöhung (Faktor 8,7) bei einigen Stoffen nur sehr geringe Auswirkungen auf die Reduktion der Gesamtemissionen hat. Bei anderen Stoffen sind unter diesen Bedingungen Verringerungen der Gesamtfracht von bis zu ca. 30 % zu erreichen. Es bleibt abzuwägen, ob eine solche Maßnahme in Relation zu den enormen Kosten sinnvoll ist.

Szenario Abkopplung

Die Abkopplungsmaßnahmen (Reduktion $A_{E,b}$ um ca. 18 %) führen in diesem Szenario zu Verminderungen der Frachten aus Mischwasserentlastungen und Kläranlagenablauf bei Regenwetter gegenüber dem Vergleichsszenario.

Bei Abkopplung im Bestand werden bedingt durch den hohen Rückgang des Entlastungswasservolumens auch die höchsten Verringerungen der entsprechenden Frachten beobachtet. Diese variierten allerdings stark in Abhängigkeit vom betrachteten Stoff. Bei einigen Stoffen (z.B. EDTA) ist nahezu keine Veränderung festzustellen, bei anderen (z.B. Kupfer) beträgt sie ca. 15 %.

Die Veränderungen der emittierten Gesamtfrachten sind ebenfalls stoffweise zu betrachten. Dabei sind sowohl die Ursachen und als auch die Höhe der Veränderungen von Stoff zu Stoff unterschiedlich. Die Haupteinflussfaktoren sind die Veränderungen der Mischwasserentlastungsfracht und der Kläranlagenablauffracht bei Regenwetter. Die Mischwasserentlastungsfracht wird dabei beeinflusst vom Verhältnis der Konzentrationen in den Dach- und Verkehrsflächenabflüssen.

Neben Veränderungen im Einzugsgebiet (Netzvarianten; s.o.) werden in der Simulationsstudie die Auswirkungen auf die emittierten Gesamtfrachten bei Variation der Stoffkonzentrationen in den maßgeblichen Abflussarten (Eingangsdatenvarianten) untersucht. Eine qualitative Einschätzung der Auswirkungen ist für beide Variantenarten in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Tendenzielle Einschätzung der Auswirkungen auf die emittierten Gesamtfrachten aus einem fiktiven Mischsystem (Summe Schmutzfracht Mischwasserentlastung und Ablauf Kläranlage) bei Veränderungen im Einzugsgebiet (Netzscenarien) sowie der stofflichen Eingangsdaten (Eingangsdatenszenarien) im Vergleich zur Basisvariante (Szenario 0)

(Auswirkungen: ++: deutliche Erhöhung; +: Erhöhung; o: keine signifikante Veränderung; -: Verringerung; --: deutliche Verringerung); n.s.: nicht sinnvoll

	Netzscenarien				Eingangsdatenszenarien					
	Szenario 1a	Szenario 1b	Szenario 2a	Szenario 3a	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6	Szenario 8
	Absetzen Regen-becken	Erhö-hung Becken-volumen	Abkopp-lung *	Boden-filter	OA gering	OA hoch	TW gering	TW hoch	KA Ablauf hoch	KA Ablauf gering
CSB	o	--	o	--	--	++	--	+	++	--
Ammonium	o	--	o	-	-	++	--	+	++	--
Kupfer	-	--	o	--	--	++	-	+	++	--
PAK	-	-	+	--	--	++	-	+	++	--
Diuron	o	o	o	o	--	++	-	+	o	--
EDTA	o	o	o	o	n.s.	n.s.	--	+	o	--
NTA	o	-	o	-	n.s.	n.s.	-	++	++	--
Carbamazepin	o	o	o	o	n.s.	n.s.	--	+	o	--
Ibuprofen	o	-	o	o	n.s.	n.s.	--	++	++	--
Ethinylestradiol	o	o	o	o	n.s.	n.s.	--	++	++	--
Estradiol	o	-	o	o	n.s.	n.s.	-	++	++	--

* bei Mitberücksichtigung der Schmutzfracht des abgekoppelten Oberflächenabflusses zur direkten Ableitung in Gewässer

Schlussfolgerungen

Ein Schwerpunkt der Studie war die Erörterung der Stoffkenngrößen für ausgewählte **organische Schadstoffe** im Vergleich zu herkömmlichen Abwasserkennwerten (CSB, Ammonium). Die Ergebnisse lassen erkennen, wie groß die Vielfalt der untersuchten Verbindungen mit ihren variierenden Kenngrößen, Stoffeigenschaften und Wirkungen ist.

Als charakteristisches Unterscheidungskriterium wird die **Herkunft der Stoffe** definiert, die eindeutig die Belastung der verschiedenen Matrices des Abwassersystems bestimmt. Während sich die aus dem Schmutzwasser stammenden („schmutzwasserbürtigen“) Verbindungen (z.B. EDTA) überwiegend im Kläranlagenablauf finden, sind die von der Oberfläche stammenden („oberflächenbürtigen“) Verbindungen (z.B. PAK) vor allem in den niederschlagsbedingten Abflüssen zu erwarten. Beim Trennsystem sind das die Abflüsse aus den Trenngebietsauslässen, beim Mischsystem die Abflüsse aus den Mischwasserentlastungsbauwerken sowie die Kläranlagenabläufe bei Regenwetter.

Bei einigen der betrachteten Stoffe und Stoffgruppen sind bei allen Einschränkungen, die sich durch die Bedingungen des Einzelfalles ergeben können, relevante Austräge aus Abwasseranlagen zu erwarten, die zu Überschreitungen der derzeit diskutierten Zielvorgaben in oberirdischen Gewässern führen können.

Dazu gehören sowohl Vertreter der Schwermetalle wie das Kupfer als auch zahlreiche organische Schadstoffe. Zu den letztgenannten gehören einige Vertreter der Herbizide, wie das Diuron, sowie die Gruppe der PAK. Ferner bedeutsam sind die Gruppe der Humanarzneimittel sowie verschiedene Wirkstoffe aus Körperpflegemitteln (z.B. EDTA). Diese Substanzen bzw. Substanzgruppen sind teilweise in den Vorgaben der EG-WRRL genannt und wurden deshalb hauptsächlich in dieser Studie betrachtet.

Zukünftig ist damit zu rechnen, dass neben den schon bekannten und untersuchten Substanzen bzw. Substanzgruppen **neue Stoffe**, die aus verschiedenen Quellen in die urbanen Wassermatrices gelangen, auftreten werden. Zu diesen bislang wenig untersuchten Stoffen gehören die Flammschutzmittel (PBDE), die Organophosphorverbindungen (TCPP u.a.), sog. „harte“ Komplexbildner (DTPA), die Desinfektionsmittel (Triclosan) und verschiedene Phthalate (DEHP u.a.). Aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren, die zu einer hohen Diversität in allen Bereichen der Stoffbetrachtung (Aufkommen, Verteilung, Wirkung) führen, ist es jedoch auch in Zukunft unabdingbar, einzelfallbezogene Untersuchungsziele zu definieren und ortsspezifische Gegebenheiten genau zu erfassen.

Allgemein lässt sich aus den Untersuchungsergebnissen folgern, dass stoffliche Emissionen aus den **kommunalen Abwassersystemen** im Vergleich zu anderen Emissionsquellen in erheblichem Maße zur Gewässerbelastung beitragen. Das ist insofern bedeutsam, als durch Maßnahmen im industriellen Bereich die Einträge aus Direkteinleitungen in letzter Zeit spürbar vermindert worden sind.

Innerhalb der Emissionen aus Abwassersystemen sind die **Mischwasserentlastungen** nicht zu vernachlässigen. Die Ergebnisse der Schmutzfrachtsimulation zeigen, dass oberflächenbürtige Stoffe (z.B. PAK) und schmutzwasserbürtige Substanzen, die gut in Kläranlagen zurückgehalten werden (z.B. NTA, Estradiol), einen erheblichen Beitrag zu emittierten Frachten aus dem Abwassersystem liefern können.

In den Berechnungen mit verschiedenen Szenarien konnte gezeigt werden, dass vielfältige Ansatzpunkte zur Reduktion der emittierten Frachten vorliegen (siehe Tabelle 1). Allerdings ist das Ausmaß der möglichen Verminderung sehr stark von den **Eigenschaften des betrachteten Stoffes** abhängig.

Aus den bisherigen Erörterungen lässt sich folgern, dass die Auswahl der „richtigen“ Leitparameter ein schwieriges Unterfangen ist und in hohem Maße vom Untersuchungsziel abhängt. Eine Möglichkeit, in Zukunft die Vielfalt der zu bestimmenden Einzelstoffe einzugrenzen, wären neue Ansätze in der Analytik von Schadstoffen.

Die sog. **wirkungsbezogene Analytik** versucht, Stoffe neben ihren reinen Stoffeigenschaften nach ihren Wirkungen in Gruppen einzuordnen. Sie kombiniert also die klassischen Analysemethoden mit verschiedenen, einfach durchzuführenden Wirkungstests.

Beispiele hierfür sind Kombinationen aus chromatographischen Analysemethoden (z.B. HPLC/DAD) und Gentoxizitätstests (z.B. umu-Test) /Noij und Bobeldijk 2002/ oder aus dem Leuchtbakterientest mit moderner zielgerichteter Analytik /Reemtsma et al. 1999/. Insgesamt stellen die Methoden zur toxizitätsgeleiteten Analytik eine signifikante Neuentwicklung dar, für die in der Zukunft ein enormes Entwicklungspotenzial vorausgesagt wird. Deshalb stellen die wirkungsbezogenen Parameter ein interessantes Forschungsfeld für die Zukunft dar.

Sowohl bei der Literaturstudie als auch bei den Simulationen wurde das hohe Datendefizit, insbesondere bei den organischen Schadstoffen und in den Komponenten Mischwasserabfluss bzw. Mischwasserentlastungen deutlich. Damit ergibt sich eine dringende Notwendigkeit zu **weiteren Messungen**.

Zukünftige Monitoringprogramme in Mischsystemen sollten ein besonderes Augenmerk auf

- die sorgsame **Auswahl der Örtlichkeit** (Repräsentativität, Gewährleistung ordnungsgemäßer Betrieb, Kooperation mit Betreiber, Vorhandensein weiterer Messtechnik wie Abflussmessungen u.a.),
- die besonders schwierigen Bedingungen bei der **Probennahme und Probenvorbereitung** bei Regenwetter (Probennahme: sinnvolle Festlegung von Intervallen, Kalkulation hoher Ausfallquoten, Auswahl Material, Verhinderung Verstopfung Probennehmer u.a.; Probenaufbereitung: Homogenisierung, Absetzeffekte, Filtrierbedingungen, Konservierung u.a.),
- und die ordnungsgemäße **analytische Detektion** in schwierigen Matrices (feststoffreicher Mischwasserabfluss) legen.

Hierbei ist eine enge Kooperation zwischen Fachleuten der Siedlungswasserwirtschaft, insbesondere mit Erfahrungen mit Messprogrammen auf Regenwasserbehandlungsanlagen und Experten der chemischen Spurenanalytik mit Erfahrungen mit schwierigen Wassermatrices notwendig. Als Ergänzung sind **Simulationsberechnungen** hilfreich, die Tendenzaussagen zum Aufkommen und der Verteilung von neuen Stoffen im jeweiligen Einzugsgebiet ermöglichen. Hierbei können Belastungsschwerpunkte aufgezeigt werden, die wertvolle Hinweise für die Konzeption der Messprogramme liefern.

Insgesamt kann aus den Ausführungen geschlossen werden, dass eine auf Einzelkomponenten bezogene Betrachtung der stofflichen Einträge aus den

Abwasserentsorgungssystemen in die Fließgewässer in Zukunft nicht ausreichend sein wird. Es müssen zukünftig Ansätze zur Planung, zur Bemessung und zum Betrieb von Abwasserentsorgungsanlagen gefunden werden, die von der sektoralen Sichtweise hin zum **integralen Gewässerschutz** führen. Dabei ist es aus Sicht der Siedlungswasserwirtschaft ein übergeordnetes Ziel, integrierte Konzepte der Abwasserentsorgung zu entwickeln, mit denen die durch Abwassereinleitungen insgesamt verursachten Gewässerbelastungen so weit wie möglich vermindert werden können.

PD Dr.-Ing. habil. A. Welker

Kaiserslautern, 28.07.2006

Literatur

EU Kommission (2001a): Vorschlag für eine Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festlegung der Liste der prioritären Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. EU Kommission, Brüssel

N.N. (2004): Bestandsaufnahmen NRW unterteilt nach Gebieten; www.rheingraben-nord.nrw.de; www.ruhr.nrw.de; www.sieg.nrw.de; www.weser.nrw.de; www.wupper.de usw.

Noij, Th.H.; Bobeldijk, I. (2002): Novel monitoring concepts to acquire new water quality knowledge. In: AutMoNet 2002 "Automation in Water Quality Monitoring", S. 81-88, Wien

Reemtsma, T.; Putschew, A.; Jekel, M. (1999): Anwendung der toxizitätsgeleiteten Analytik zur Untersuchung industrieller Abwässer. Vom Wasser, 92, S. 243-255

Welker, A. (2004): Schadstoffströme im urbanen Wasserkreislauf - Aufkommen und Verteilung, insbesondere in den Abwasserentsorgungssystemen. Habilitationsschrift. Schriftenreihe der TU Kaiserslautern, FG Siedlungswasserwirtschaft, Band 20