

---

**Umweltforschungsplan des  
Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit**

**Forschungskennzahl 3709 67 219  
UBA-FB-00 [trägt die UBA-Bibliothek ein]**

# **Entwicklung europäischer Leitlinien für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste gemäß Art. 5(1) und 5(6) der Tochterrichtlinie zu prioritären Stoffen**

von

**Stephan Fuchs, Snezhina Dimitrova, Ramona Wander, Steffen Kittlaus  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und  
Gewässerentwicklung, Karlsruhe**

**Felix Tettenborn, Thomas Hillenbrand, Frank Marscheider-Weidemann  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer  
ISI), Karlsruhe**

**Im Auftrag des Umweltbundesamtes**

**Juli 2014**

---

## **Berichtskennblatt**

<b>Berichtsnummer</b>	<b>UBA-FB 00</b>
<b>Titel des Berichts</b>	<b>Entwicklung europäischer Leitlinien für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste gemäß Art. 5(1) und 5(6) der Tochterraichtlinie zu prioritären Stoffen</b>
<b>Autor(en) (Name, Vorname)</b>	<b>Stephan Fuchs, Snezhina Dimitrova, Ramona Wander, Steffen Kittlaus, Thomas Hillenbrand, Felix Tettenborn, Frank Marscheider-Weidemann</b>
<b>Durchführende Institution (Name, Anschrift)</b>	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe in Zusammenarbeit mit : Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe</b>
<b>Fördernde Institution</b>	<b>Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau</b>
<b>Abschlussjahr</b>	<b>2014</b>
<b>Forschungskennzahl (FKZ)</b>	<b>3709 67 219</b>
<b>Seitenzahl des Berichts</b>	<b>19 Seiten und 7 Anhänge</b>
<b>Zusätzliche Angaben</b>	
<b>Schlagwörter</b>	<b>Prioritäre Stoffe, Bestandsaufnahme, regionalisierte Pfadanalyse, Stoffflussanalyse, Emissionsfaktor</b>

---

## Report Cover Sheet

<b>Report No.</b>	<b>UBA-FB 00</b>
<b>Report Title</b>	<b>Development of European technical guidances on the preparation of an inventory of emissions, discharges and losses of priority substances according to art. 5(1) and 5(6) of the Environmental Quality Standards Directive 2008/105/EC</b>
<b>Author(s) (Family Name, First Name)</b>	<b>Stephan Fuchs, Snezhina Dimitrova, Ramona Wander, Steffen Kittlaus, Thomas Hillenbrand, Felix Tettenborn, Frank Marscheider-Weidemann</b>
<b>Performing Organisation (Name, Address)</b>	<b>Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Water and River Basin Management, Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe in cooperation with: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe</b>
<b>Funding Agency</b>	<b>Federal Environment Agency Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau</b>
<b>Report Date (Year)</b>	<b>2014</b>
<b>Project No. (FKZ)</b>	<b>3709 67 219</b>
<b>No. of Pages</b>	<b>19 pages and 7 annexes</b>
<b>Supplementary Notes</b>	
<b>Keywords</b>	<b>priority substances, inventory, regionalized pathway analysis, substance flow analysis, emission factor</b>

## **Kurzbeschreibung**

Im Rahmen des vorliegenden Vorhabens wurden Informationen und Daten zur fachlichen Unterstützung der Arbeiten des zweiten Bewirtschaftungsplans bereitgestellt. Für Deutschland wurde eine weitestgehend harmonisierte Vorgehensweise erreicht, um Inkonsistenzen in Bezug auf die gemeldeten Einträge und die entwickelten Maßnahmen zu vermeiden.

Darüber hinaus wurde die europäische Diskussion bezüglich eines gemeinschaftlichen Vorgehens weiter aktiv mitgestaltet, um eine europaweit abgestimmte Vorgehensweise zu erreichen.

Zur Erfüllung dieser übergeordneten Aufgabenstellung wurden die im Folgenden aufgelisteten Arbeitsziele erreicht:

- Fachliche Begleitung zur Bestandsaufnahme auf nationaler und EU-Ebene
- Erarbeitung fachlicher Inhalte und Ergebnisse für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe
- Gewährleistung der Anwendbarkeit des Modells in internationalen Flussgebieten
- Durchführung eines Workshops zur Abstimmung mit Länderbehörden und Flussgebietsgemeinschaften
- Prüfung von Kandidatenstoffen und Erstellung von Stoffdatenblättern

## **Abstract**

In the context of this project information and data for technical support for the work of the second river basin management plan were provided. For Germany, a largely harmonized approach was achieved in order to avoid inconsistencies in the reported emissions and the development of measures.

In addition, the European discussion regarding a common approach was further actively shaped in order to achieve a Europe-wide coordinated approach.

To meet this task, the following objectives have been achieved:

- support of the negotiation process on a national level and at the EU level
- elaboration of technical contents and generation of results for the inventory of emissions, discharges and losses of priority substances
- ensuring of the applicability of the model MoRE in international river basins
- organisation of a workshop on consultation with state agencies, river basin communities and European neighbour countries
- review of candidate substances

## **Inhaltsverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis .....	5
Abkürzungsverzeichnis .....	6
1. Hintergrund und Zielsetzung .....	7
2. Arbeitsaufgaben und Ergebnisse .....	8
2.1 Fachliche Begleitung zur Bestandsaufnahme.....	8
2.1.1 Begleitung des Verhandlungsprozesses zur Umsetzung der Anforderungen der RL 2008/105/EG auf EU-Ebene und Mitarbeit am Leitlinienpapier.....	8
2.1.2 Fachliche Begleitung des Diskussionsprozesses zur Durchführung der Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe in Deutschland.....	8
2.2 Erarbeitung fachlicher Inhalte und Ergebnisse für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe .....	9
2.2.1 Ableitung von Eingangsdaten bzw. Emissionsfaktoren für prioritäre Stoffe und Identifikation des weiteren Handlungsbedarfes .....	9
2.2.1.1 Durchführung der SFA.....	10
2.2.1.2 Durchführung der RPA.....	10
2.2.1.3 Ableitung von Emissionsfaktoren im Ablauf kommunaler Kläranlagen .....	11
2.2.2 Verbesserung des methodischen Konzepts zur Erfassung der Einträge von Schwermetallen in Altbergbaugebieten .....	11
2.3 Gewährleistung der Anwendbarkeit des Modells in internationalen Flussgebieten .....	12
2.4 Durchführung von Workshops zur Abstimmung mit Länderbehörden, Flussgebietsgemeinschaften und europäischen Nachbarländern.....	12
2.5 Prüfung von Kandidatenstoffen .....	12
2.6 Geplante Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes.....	13
2.6.1 Modelling pollutant emissions into water bodies on a catchment level: an open-source river basin management tool.....	14
2.6.2 Estimation of substance-specific emission factors for priority substances for the effluent of municipal wastewater treatment plants.....	15
2.6.3 Modelling emissions of priority substances into German water bodies on the level of hydrological catchments – case 1: DEHP .....	16
2.6.4 Weitergehende Untersuchungen zur Emissionsbilanzierung für Altbergbaustandorte (ISI) .....	16
2.6.5 Potential of the substance flow analysis (SFA) as part of the assessment of pollutant-emissions into water bodies and for the derivation of programs of measures for the reduction of pollutant-emissions (ISI).....	17
3. Zusammenfassung.....	18
Literaturverzeichnis.....	19
Anhang .....	21

## **Abkürzungsverzeichnis**

<b>AG</b>	<b>Arbeitsgruppe</b>
<b>BLAK</b>	<b>Bund/Länder Arbeitskreis</b>
<b>COHIBA</b>	<b>Control of hazardous substances in the Baltic Sea Region</b>
<b>DEHP</b>	<b>Bis(2-ethylhexyl)phthalate</b>
<b>EU</b>	<b>Europäische Union</b>
<b>FGE</b>	<b>Flussgebietseinheit</b>
<b>FGG</b>	<b>Flussgebietsgemeinschaft</b>
<b>IKSD</b>	<b>Internationale Kommission zum Schutz der Donau</b>
<b>ISI</b>	<b>Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung</b>
<b>KIT</b>	<b>Karlsruher Institut für Technologie</b>
<b>LAWA</b>	<b>Länderarbeitsgemeinschaft Wasser</b>
<b>MONERIS</b>	<b>Modelling Nutrient Emissions in River Systems</b>
<b>MoRE</b>	<b>Modelling of Regionalized Emissions</b>
<b>MS</b>	<b>Mitgliedsstaaten</b>
<b>NP</b>	<b>Nonylphenol</b>
<b>OGewV</b>	<b>Oberflächengewässerverordnung</b>
<b>OP</b>	<b>Oktylphenol</b>
<b>Pb</b>	<b>Blei</b>
<b>RL</b>	<b>Richtlinie</b>
<b>PAK</b>	<b>polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe</b>
<b>RPA</b>	<b>Regionalisierte Pfadanalyse</b>
<b>PRTR</b>	<b>Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister</b>
<b>SFA</b>	<b>Stoffflussanalyse</b>
<b>SOCOPSE</b>	<b>Source control of priority substances in Europe</b>
<b>UBA</b>	<b>Umweltbundesamt</b>
<b>UQN</b>	<b>Umweltqualitätsnorm</b>
<b>WRRL</b>	<b>Wasserrahmenrichtlinie</b>

## **1. Hintergrund und Zielsetzung**

Am 13. Januar 2009 trat die europäische Richtlinie (RL) (2008/105/EG) über Umweltqualitätsnormen (UQN) im Bereich der Wasserpolitik in Kraft. Diese Richtlinie (Artikel 5) fordert von den Mitgliedsstaaten (MS) die Durchführung einer Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste aller prioritären Stoffe und bestimmter anderer Schadstoffe gemäß Anhang I Teil A der Richtlinie auf Ebene der Flussgebietseinheiten (FGE). Diese Bestandsaufnahme soll unter effektiver Nutzung vorhandener Informationen (z. B. PRTR Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister; [www.thru.de](http://www.thru.de)), von Daten der Bestandsaufnahme nach Art. 5 Wasserrahmenrichtlinien (WRRL) und Monitoringergebnisse nach Art. 8 WRRL), von Informationen der Verordnung (EG) Nr. 166/2006 eine, der Relevanz für die jeweilige Flussgebietseinheit der verschiedenen Stoffe angemessene, Beschreibung der Einträge aus punktuellen und diffusen Quellen sowie des Umweltvorkommens im Hoheitsgebiet der MS liefern. Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme sollen in die Erstellung des zweiten Bewirtschaftungsplanes einfließen.

Die Richtlinie 2008/105/EG wurde mit der Oberflächengewässerverordnung (OGewV), die am 20. Juli 2011 in Kraft getreten ist, in deutsches Recht umgesetzt.

Um eine europaweite Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Bestandsaufnahme sicherzustellen, war auf europäischer Ebene eine Leitlinie zu erarbeiten, welche den MS als Arbeitsmittel zur Durchführung der Bestandsaufnahme unterstützend zur Verfügung gestellt werden kann.

Somit war ein Ziel des Vorhabens die aktive Mitgestaltung und Begleitung des europäischen Diskussionsprozesses, um eine europaweit abgestimmte Vorgehensweise zu erreichen. Dort waren die umfassenden deutschen Vorarbeiten und Erfahrungen, die beim Umweltbundesamt (UBA) seit 2000 zu diesem Thema durchgeführt wurden, in die Erarbeitung eines aussagekräftigen und fachlich fundierten Konzeptes zur Durchführung der Bestandsaufnahme einzubringen.

Weiteres Ziel des Vorhabens war die Bereitstellung von Informationen und Daten zur fachlichen Unterstützung der Arbeiten in Deutschland, um der Aufgabe fachlich fundiert und fristgerecht nachkommen zu können. Für Deutschland sollte eine weitestgehend harmonisierte Vorgehensweise erreicht werden, um Inkonsistenzen in Bezug auf die gemeldeten Einträge und die entwickelten Maßnahmen zu vermeiden.

Im Rahmen der genannten übergeordneten Ziele sind die im Folgenden gelisteten Teilziele zu definieren:

- Erarbeitung von Materialien zur fachlichen Begleitung der Verhandlungsprozesse innerhalb der Europäischen Union (EU).
- Entwicklung einer Leitlinie für eine harmonisierte Bestandsaufnahme für prioritäre Stoffe innerhalb der EU.
- Fachliche Begleitung des Diskussionsprozesses in Deutschland zur Erarbeitung eines koordinierten und harmonisierten Vorgehens
- Aktualisierung der deutschen Eingangsdaten bis 2010 im Rahmen der ersten Bestandsaufnahme
- Anpassung und Erweiterung der bestehenden Modellansätze hinsichtlich der Berücksichtigung relevanter prioritärer Stoffe sowie Übertragung und Nutzung in anderen Gebieten.
- Prüfung von Kandidatenstoffen

## **2. Arbeitsaufgaben und Ergebnisse**

Aus den genannten Projektzielen ergibt sich eine Reihe von Arbeitsaufgaben, deren Umsetzung und Ergebnisse im Folgenden beschrieben werden.

### **2.1 Fachliche Begleitung zur Bestandsaufnahme**

#### **2.1.1 Begleitung des Verhandlungsprozesses zur Umsetzung der Anforderungen der RL 2008/105/EG auf EU-Ebene und Mitarbeit am Leitlinienpapier**

Die Begleitung des Verhandlungsprozesses auf EU-Ebene und der fachliche Input für das Leitlinienpapier haben zentrale Bedeutung für die Erarbeitung eines aussagekräftigen und fachlich fundierten Konzeptes zur europaweit abgestimmten Vorgehensweise bei der Durchführung der Bestandsaufnahme. Diese Arbeiten und das Leitliniendokument der EU bilden die Basis für die weiteren Arbeiten in den MS.

Im Rahmen dieser Arbeiten wurden Materialien zu den in Deutschland angewendeten methodischen Ansätzen zur Bilanzierung von Stoffeinträgen aufbereitet, im EU-Diskussionsprozess in der EU-Arbeitsgruppe vorgestellt und vertreten. Bei den methodischen Ansätzen handelt es sich um die:

- Regionalisierte Pfadanalyse (RPA) und
- Stoffflussanalyse (SFA).

Wichtige Voraussetzung für die Berücksichtigung der deutschen Erfahrungen (speziell zur RPA) bei Erstellung der Leitlinie war die Gewährleistung der Anwendbarkeit des Stoffeintragsmodells MoRE (Modelling of Regionalized Emissions) in internationalen Flussgebieten. Das umfasst Schnittstellen zu schaffen und die Möglichkeit regionale Spezifika beachten zu können. Die Anwendbarkeit des Modells auf europäischer Ebene steht insbesondere mit der in den verschiedenen Ländern verfügbaren Datenbasis in Verbindung. Es ist davon auszugehen, dass sowohl die Verfügbarkeit der Eingangsdaten als auch die Datenhaltung deutliche Unterschiede aufweisen. Dies ist im Übrigen auch ein zu lösendes Problem auf nationaler Ebene.

Darüber hinaus sollten Informationen zu Erfahrungen in anderen europäischen Ländern bezüglich der Vorgehensweise bei der Bestandsaufnahme gewonnen werden. Zu diesem Zweck wurde ein Fragebogen mit dem Titel „Questionnaire on methodologies to develop the inventory of emissions, discharges and losses of priority substances“ durch den Partner Fraunhofer ISI vorbereitet und an die MS verschickt. Die daraus gezogenen Erkenntnisse wurden in die Arbeiten zur Erstellung eines technischen Leitfadens integriert.

Das Ergebnis des europäischen Diskussionsprozesses ist der [Technische Leitfaden der EU](#) (European Commission 2012, s. Anlage 1), in dem sich wesentliche Positionen (zwei beschriebene Fallbeispiele, welche das Modellierungswerkzeug MoRE für die Regionalisierte Pfadanalyse sowie die Stoffflussanalyse prioritärer Stoffe ausführlich vorstellen) aus Deutschland wiederfinden.

#### **2.1.2 Fachliche Begleitung des Diskussionsprozesses zur Durchführung der Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe in Deutschland**

Für die Durchführung der Bestandsaufnahme in Deutschland wurde mit Mandat vom Bund/Länder Arbeitskreis (BLAK) Abwasser eine Bund/Länder ad hoc Arbeitsgruppe (AG) zur Koordinierung der Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe eingerichtet. Ziel der Arbeiten der ad hoc AG war ein abgestimmtes und harmonisiertes Vorgehen in Deutschland zu erarbeiten

und die Umsetzung der Bestandsaufnahme fachlich zu begleiten. Diese Arbeitsgruppe hat sich im Zeitraum 2009 – 2014 zu insgesamt 13 Sitzungsterminen getroffen.

Von Seiten des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) wurden zahlreiche fachliche Beiträge zu methodischen Ansätzen und Ergebnissen der Bestandsaufnahme zu diesen Sitzungen vorbereitet. KIT hat die fachlichen Inhalte auf den Sitzungen jeweils entsprechend vertreten.

Die ad hoc AG hat das harmonisierte methodische Vorgehen in insgesamt 6 Arbeitspapieren, die einerseits das gewählte Vorgehen und erste Ergebnisse dokumentieren und andererseits eine Arbeitsgrundlage für weitere Aktivitäten bilden, festgehalten. Für einen Teil dieser Arbeitspapiere hat das KIT ebenfalls Beiträge geliefert.

## **2.2 Erarbeitung fachlicher Inhalte und Ergebnisse für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe**

Dieser Arbeitsschritt umfasst sowohl die Aktualisierung von Eingangsdaten für die Stoffeintragsbilanzierung, die Ableitung neuer Eingangsdaten bspw. die Ableitung von pfadspezifischen Emissionsfaktoren als auch die Bereitstellung der Ergebnisse (RPA, SFA) für ausgewählte Stoffe. Zudem werden die Ergebnisse zur Verbesserung der Datengrundlage für die Modellierung von Einträgen aus Altbergbaugebieten skizziert.

### **2.2.1 Ableitung von Eingangsdaten bzw. Emissionsfaktoren für prioritäre Stoffe und Identifikation des weiteren Handlungsbedarfes**

Dieser Arbeitsschritt bildet die Grundlage für die in diesem Vorhaben vorgesehenen Modellierungsarbeiten mittels RPA und SFA. Die Durchführung der Bestandsaufnahme soll grundsätzlich auf Basis vorliegender Datengrundlagen erfolgen. Entsprechend der Relevanz, der Datenverfügbarkeit und den vorliegenden Kenntnisse und Erfahrungen können zur Abschätzung der Emissionen, Einleitungen und Verluste unterschiedliche methodische Ansätze gewählt werden. Diese Auswahl muss spezifisch für jeden Stoff erfolgen. RPA und SFA haben hierbei einen hohen Datenbedarf, liefern allerdings auch entsprechend differenzierte und aussagekräftige Ergebnisse. Dementsprechend untergliedert sich dieser Arbeitsschritt in wichtige Teilarbeitsschritte:

- Sichtung und Klassifizierung des verfügbaren Datenmaterials zu allen prioritären Stoffen im Hinblick auf die Relevanz der Stoffe für Deutschland

Neben der Relevanzeinschätzung ist dieser Arbeitsschritt in Verknüpfung mit der Prüfung von Datenverfügbarkeiten Grundlage zur Auswahl des stoffspezifischen methodischen Ansatzes zur Umsetzung der Bestandsaufnahme. Neben den bereits genannten Ansätzen SFA und RPA empfiehlt der Technische Leitfaden den fließgewässerfrachtbezogenen Ansatz. Die Ergebnisse dieser Analyse sind unmittelbar Grundlage für das Vorgehen in Deutschland hinsichtlich der Auswahl des stoffspezifischen methodischen Ansatzes, welches in einem der Arbeitspapiere der Bund/Länder ad hoc AG beschrieben ist.

- Identifikation wesentlicher Kenngrößen mit guter Datenverfügbarkeit zur Plausibilisierung von Konzentrationen und von Emissionsabschätzungen

In diesem Arbeitsschritt wurden u.a. Informationen aus dem beendeten EU Projekt SOCOPSE<sup>1</sup> (Source control of priority substances in Europe) genutzt und Daten aus laufenden Arbeiten zu Stoffflussanalysen im COHIBA<sup>2</sup> Projekt („Control of hazardous substances in the Baltic Sea Region“) ausgewertet. Zu drei ausgewählten prioritären Stoffen (Nonylphenol, Oktylphenol und Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)) wurden relevante Angaben zu Charakteristika, Umweltverhalten und Umweltkonzentrationen

---

<sup>1</sup> <http://www.socopse.se/>

<sup>2</sup> <http://www.cohiba-project.net/>

## **Entwicklung europäischer Leitlinien für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste gemäß Art. 5(1) und 5(6) der Tochterrichtlinie zu prioritären Stoffen**

zusammengestellt (s. Anhang A: [Eigenschaften ausgewählter prioritärer Stoffe zur Eintragsmodellierung](#)). Darüber hinaus wurden für die Stoffe Diuron und Isoproturon relevante Eingangsdaten zusammengetragen. Für die Abschätzung der Einträge aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen wurden Daten der Bundesländer und Daten aus weiteren europäischen Studien ausgewertet. Diese Daten wurden entsprechend für die Modellierung der Stoffeinträge mittels RPA und SFA wie folgt verwendet:

- Fortschreibung der Datengrundlagen und Modellergebnisse der RPA (Schwermetalle und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)<sup>3</sup> und der SFA (Blei und PAK) bis zum Jahr 2010,
- Erweiterung der RPA und der SFA um weitere prioritäre Stoffe auf Basis der vorangegangenen Arbeitsschritte und
- Ableitung von Emissionsfaktoren zur Abschätzung der Stoffeinträge aus kommunalen Kläranlagen.

### **2.2.1.1 Durchführung der SFA**

Ergebnisse der SFA lagen bereits vor Beginn dieses Vorhabens für Schwermetalle und PAK<sub>16</sub> vor. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die Stoffflussanalysen für Blei und PAK<sub>16</sub> aktualisiert. Neue SFA wurden durchgeführt für die Stoffe:

- DEHP,
- Nonylphenol und
- Oktylphenol.

Die verwendeten Datengrundlagen, die methodischen Ansätze und eine Abschätzung der Qualität der Eingangsdatenbasis wurden in einem Methodenpapier beschrieben. Hieraus lässt sich auch der weitere Handlungsbedarf hinsichtlich der Verbesserung der Eingangsdatenbasis für die Modellierung ableiten. Das Methodenpapier wurde den Bundesländern und Flussgebietsgemeinschaften zusammen mit den Modellierungsergebnissen zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt (s. Anhang D: [Methodenpapier Stoffflussanalyse](#)).

### **2.2.1.2 Durchführung der RPA**

Ergebnisse der RPA lagen bereits vor Beginn dieses Vorhabens für Schwermetalle und PAK<sub>16</sub> für den Zeitraum 2003-2005 vor. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die Eingangsdaten und Modellergebnisse für Schwermetalle und PAK<sub>16</sub> nicht wie ursprünglich geplant bis zum Jahr 2010 aktualisiert, sondern aufgrund nicht verfügbarer Daten nur bis zum Jahr 2008.

Darüber hinaus wurde die RPA unter Verwendung des Modellinstruments MoRE erweitert um die Stoffe:

- DEHP,
- Isoproturon,
- Diuron und
- Nonylphenol.

Grundlage für diese Integration weiterer Stoffe war der Ausbau des Datenbankmodells und des Berechnungsmoduls zur Anpassung von entsprechenden Rechenoperationen. Diese Anpassungsarbeiten wurden ebenfalls im Rahmen dieses Vorhabens geleistet. Entsprechende Änderungen im Modellinstrument werden fortlaufend in Form von Flussdiagrammen dokumentiert (s. Anhang C: [Flowcharts](#)).

Die für die Aktualisierung und Erweiterung verwendeten Datengrundlagen, die methodischen Ansätze und eine Abschätzung der Qualität der Eingangsdatenbasis wurden in einem Methodenpapier beschrieben.

---

<sup>3</sup> In der RPA und der SFA werden die PAK als Summenparameter PAK<sub>16</sub> dargestellt. Einzelparameter werden nicht betrachtet.

Hieraus lässt sich auch der weitere Handlungsbedarf hinsichtlich der Verbesserung der Eingangsdatenbasis für die Modellierung ableiten. Das Methodenpapier wurde den Bundesländern und Flussgebietsgemeinschaften zusammen mit den Modellierungsergebnissen für den Zeitraum 2006-2008 zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt (s. Anhang B: [Methodenpapier zur Regionalisierten Pfadanalyse](#), die [Modellierungsergebnisse auf Ebene der Subunits](#) und [Modellierungsergebnisse auf Ebene der Analysegebiete](#) sind als Excel-Datei beigefügt).

### **2.2.1.3 Ableitung von Emissionsfaktoren im Ablauf kommunaler Kläranlagen**

Unter Berücksichtigung der eingeschätzten Relevanz prioritärer Stoffe sollten, für eine Auswahl an Stoffen Emissionsfaktoren für den Ablauf kommunaler Kläranlagen abgeleitet werden. Basis zur Ableitung von Emissionsfaktoren sollten ursprünglich die aus unterschiedlichen Monitoringprogrammen der Länder vorliegenden Daten sein. Bei Auswertung der vorliegenden Datenbasis hat sich allerdings gezeigt, dass diese zur Umsetzung der Aufgabe nur ungenügend ist. Grund sind häufig zu unsensible Analysemethoden und damit zu hohe Bestimmungsgrenzen, die bei Abschätzung der Einleitungen zu falschen Ergebnissen führen.

Aus diesem Grund wurde von der Bund/Länder ad hoc AG ein von der DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) und den Ländern finanziertes Monitoringvorhaben für kommunale Abwasserbehandlungsanlagen mit dem Titel „Entwicklung eines Bilanzierungsinstruments für den Eintrag von Schadstoffen aus kommunalen Kläranlagen in Gewässer“ initiiert. In diesem Vorhaben wurde ein Probenahmekonzept entwickelt, welches speziell auf die Zielstellung – Ermittlung plausibler mittlerer Ablaufkonzentrationen zur Eintragsfrachtberechnung – ausgerichtet ist. Dieses Vorhaben wurde koordinierend vom KIT begleitet.

Die Ergebnisse dieses Vorhabens wurden zusammen mit vorliegenden, verwendbaren Monitoringdaten für die Ableitung von Emissionsfaktoren verwendet.

Die verwendeten Datengrundlagen, die methodischen Ansätze und Ergebnisse wurden in einem Methodenpapier beschrieben. Das Methodenpapier wurde den Bundesländern und Flussgebietsgemeinschaften zusammen mit den Emissionsfaktoren zur weiteren Verwendung zur Verfügung gestellt (s. Anhang E: [Methodenpapier zur Abschätzung stoffspezifischer Emissionsfaktoren für den Ablauf kommunaler Kläranlagen](#), die [tabellarische Zusammenfassung](#) ist als Excel-Datei beigefügt).

### **2.2.2 Verbesserung des methodischen Konzepts zur Erfassung der Einträge von Schwermetallen in Altbergbaugebieten**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens 204 24 218 „Modellbasierte Quantifizierung und internetbasierte Visualisierung der Einträge prioritärer Stoffe in die Flussgebiete Deutschlands“ wurden die direkten Einträge aus historischen Bergbaualtlasten aus verschiedenen Quellen zusammengetragen. Die Daten wurden mit den betroffenen Bundesländern abgestimmt. Für 57 Bergbaualtlasten wurden Schwermetalleinträge ermittelt, geo-referenziert und in die Vorgängerversion von MoRE aufgenommen. Abhängig von den in den Ländern vorliegenden Informationen waren Datenumfang und -qualität zu Bergbaualtlasten sehr unterschiedlich. Zudem werden durch die Erfassung von Frachten aus einzelnen Mundstollen möglicherweise nicht alle Einträge erfasst, da Bergbaualtlasten zum Teil sehr diffus über eine Vielzahl von Einleitungen eingetragen werden können.

Weiterhin konnte der modellierte Eintrag von Schwermetallen in die Gewässer über die verschiedenen Eintragspfade (bspw. Kläranlagenabläufe) in den vergangenen Jahren zum Teil erheblich verbessert werden. Durch einen Rückgang der Einträge aus diesen einzelnen Eintragspfaden steigt gleichzeitig die Relevanz der anderen Eintragspfade, wie die des historischen Bergbaus.

Um umfassendere Informationen zu den Einleitungen aus Altbergbaugebieten zu erhalten, wurde ein Expertenworkshop mit Ländervertretern aus den Wasser- und Bergbaubehörden durch den Partner Fraunhofer ISI durchgeführt, um sich einen Überblick über die bestehenden Daten zu verschaffen und

Kontakte zu knüpfen. Hierauf aufbauend wurden für drei ausgewählte Analysegebiete detaillierte Daten zu Einleitungen aus Altbergbaubereichen ausgewertet. Aufbauend auf dieser detaillierten Datenlage wurde eine Eintragsmodellierung durchgeführt und die modellierten Gewässerfrachten beobachteten Gewässerfrachten, basierend auf sämtlichen vorliegenden Konzentrationsmessungen, Tagesabflusswerte und z.T. Klimadaten, gegenübergestellt. Dieser Vergleich ergab keine einheitliche Systematik zu einer Über- oder Unterschätzung der modellierten Einträge und der daraus resultierenden Gewässerfrachten (s. Anhang F: [Weitergehende Untersuchungen zur Emissionsbilanzierung für Altbergbaustandorte und Bewertung von Emissionsminderungsmaßnahmen](#), Abschnitt „Überprüfung des methodischen Ansatzes der Stoffeintragsmodellierung von Schwermetallemissionen aus dem Altbergbau“).

Zudem wurde die Relevanz von individuellen Altbergbaustandorten abgeschätzt. Die Auswertung ergab, dass wenige Stollen mit hohen Konzentrationen oder Abflüssen für den Großteil der Schwermetalleinträge aus dem Altbergbau in die Gewässer verantwortlich ist. Ein „Übersehen“ einer solchen Quelle in Deutschland ist unwahrscheinlich, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die relevanten Quellen im Modellsystem MoRE erfasst sind. (s. Anhang F [Weitergehende Untersuchungen zur Emissionsbilanzierung für Altbergbaustandorte und Bewertung von Emissionsminderungsmaßnahmen](#), Abschnitt „Relevanz von Altbergbaustandorten bzgl. Schwermetalleinträgen in Gewässer“).

## **2.3 Gewährleistung der Anwendbarkeit des Modells in internationalen Flussgebieten**

Zur Anwendbarkeit des Modells auf europäischer Ebene wurde in MoRE ein Werkzeug zum Import von Topologien und Eingangsdaten umgesetzt (Fuchs et al., 2014). So ist gewährleistet, dass die Modellierung auch auf Basis unterschiedlicher, bspw. in anderen Ländern verfügbaren, Topologien durchgeführt werden kann. Zudem können durch das Importwerkzeug weitere Eingangsdaten bspw. unterschiedlicher räumlicher Auflösung aus anderen Flussgebieten ohne großen Aufwand in der MoRE-Datenbank gespeichert werden. Des Weiteren wurde MoRE als zweisprachiges Instrument (Deutsch und Englisch) entwickelt, was die Einsetzbarkeit auf internationaler Ebene gewährleistet.

Zum Informationsaustausch nahmen die Projektbeteiligten an einem COHIBA-Projekttag (05.11.2009 in Berlin) sowie an einer Sitzung der IKSD (Internationale Kommission zum Schutz der Donau) der P & M Expert Group (25.3.2010 in Landshut) teil und hielten Vorträge zu Schwermetalleinträgen bzw. Einträgen von prioritären Stoffen in die Gewässer.

## **2.4 Durchführung von Workshops zur Abstimmung mit Länderbehörden, Flussgebietsgemeinschaften und europäischen Nachbarländern**

Im Mai 2011 fand im Rahmen der Karlsruher Flussgebietstage eine internationale Konferenz zu prioritären Stoffen in Flussgebieten statt. Neben der Fragen der Datenverfügbarkeit wurden dabei auch unterschiedliche Modellkonzepte diskutiert. Die inhaltliche Diskussion und Abstimmung auf nationaler und europäischer Ebene wird als essentiell für den Erfolg dieses Vorhabens angesehen.

## **2.5 Prüfung von Kandidatenstoffen**

Im Rahmen der Überprüfung der prioritären Stoffe aus Anhang X der Richtlinie 2000/60/EG hatte die Kommission die in Anhang III der Richtlinie 2008/105/EG aufgeführten Stoffe geprüft. Ende Januar 2012 wurde dann ein Vorschlag zur 1. Fortschreibung der Tochterrichtlinie 2008/105/EG von der Kommission vorgelegt. Mit der RL 2013/39/EU vom 12. August 2013 (Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union 2013) zur Änderung der RL 2008/105/EG (Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union 2008) wurden für weitere prioritäre Stoffe Umweltqualitätsnormen festgelegt.

**Entwicklung europäischer Leitlinien für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste gemäß Art. 5(1) und 5(6) der Tochterrichtlinie zu prioritären Stoffen**

---

Daher wurden im vorliegenden Vorhaben für die folgenden Stoffe:

- Aclonifen
- Bifenox
- Cypermethrin
- Dicofol – (PHS)
- Heptachlor – (PHS)
- Quinoxifen – (PHS)
- Cybutryn
- Dichlorvos
- Terbutryn
- Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) – (PHS)
- Hexabromcyclododecan (HBCDD) – (PHS)
- Dioxin und dioxinähnliche Verbindungen (PCDD, PCDF, dioxinähnliche PCBs) – (PHS)

bekannte Eintragsquellen- und -mengen in Stoffdatenblättern zusammengestellt. Grundlage der Stoffdatenblätter waren die verschiedenen Hintergrunddokumente auf EU-Ebene (u.a. stoffspezifische EQS-Dossiers; Stoffbewertungen im Rahmen der Technischen Unterstützung bei der Folgenabschätzung der Überprüfung der prioritären Stoffe gemäß der Richtlinie 2000/60/EG; stoffspezifische Quellen Screenings und Maßnahmenbeschreibungen, basierend auf dem Konzeptpapier über die Kontrolle von Emissionen, Einleitungen und Verlusten prioritärer Stoffe und prioritäre gefährliche Stoffe im Rahmen von Artikel 16 der Richtlinie 2000/60/EG). Für PFOS, HBCDD und Dioxine/ Furane/dioxinähnliche PCBs wurden zusätzlich Informationen aus dem COHIBA-Vorhaben berücksichtigt. . Die Stoffdatenblätter finden sich im Anhang G: [Stoffdatenblätter der neuen prioritären Stoffe](#).

## **2.6 Geplante Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes**

Im Rahmen des Vorhabens ist geplant die fachlichen Ergebnisse in unterschiedlichen Fachzeitschriften zu veröffentlichen. Diese werden im Folgenden kurz skizziert.

## **2.6.1 Modelling pollutant emissions into water bodies on a catchment level: an open-source river basin management tool**

In einer ersten Veröffentlichung werden die technische Umsetzung und die Funktionalitäten des Flussgebietsmanagementtools MoRE dargestellt.

- 1 Software
- 2 Introduction
- 3 Architecture and realization of the MoRE system
  - 3.1 Model architecture
  - 3.2 Calculation engine
  - 3.3 The database
  - 3.4 The graphical user interfaces
    - 3.4.1 MoRE Developer
    - 3.4.2 MoRE Visualizer
  - 3.5 Suitability of the MoRE system as river basin management tool
- 4 Implementation of MoRE as river basin management tool
  - 4.1 MONERIS concept as basis for MoRE
  - 4.2 Spatial and temporal resolution
  - 4.3 Realization of MONERIS in MoRE
    - 4.3.1 Input data and its pre-processing
    - 4.3.2 Approaches
    - 4.3.3 Point sources
    - 4.3.4 Mitigation measures
    - 4.3.5 Results
    - 4.3.6 Documentation
  - 4.4 Immission tool
  - 4.5 Suitability of MoRE for the use in international river basins
- 5 Conclusions

## **2.6.2 Estimation of substance-specific emission factors for priority substances for the effluent of municipal wastewater treatment plants**

In diesem Artikel wird die Vorgehensweise zur Abschätzung von Emissionsfaktoren für den kommunalen Abwasserpfad für prioritäre Stoffe beschrieben.

1. Introduction
2. Material and methods
  - 2.1. General conditions
  - 2.2. Substances selection
  - 2.3. Criteria for the literature selection
  - 2.4. Data processing
  - 2.5. Emission factor and activity rate
3. Results
  - 3.1. Assessment of relevance
  - 3.2. Occurrence of priority substances in the effluent
  - 3.3. Substance emissions
  - 3.4. Estimation of substance-specific emission factors
4. Discussion
5. Conclusions

### **2.6.3 Modelling emissions of priority substances into German water bodies on the level of hydrological catchments – case 1: DEHP**

In dieser Publikation werden verschiedene Quantifizierungsmethoden der Stoffeinträge miteinander verglichen und bewertet.

- 1 Introduction
- 2 Material and methods
  - 2.1 Different approaches for the quantification of emissions
  - 2.2 Riverine load oriented approach
  - 2.3 Pathway oriented approach
  - 2.4 Substance flow analysis
- 3 Results and Discussion
  - 3.1 Results for riverine load and pathway oriented approach
  - 3.2 Comparison with observed river loads and SFA
  - 3.3 Which approach makes sense under certain circumstances?
- 4 Conclusions

### **2.6.4 Weitergehende Untersuchungen zur Emissionsbilanzierung für Altbergbaustandorte (ISI)**

#### Kurzbeschreibung

Im Rahmen der Verbesserung der Modellansätze für die verschiedenen Eintragspfade für Schwermetalle zeigt sich zum einen, dass bei der Bilanzierung von Emissionen aus Altbergbaustandorten Verbesserungspotential bestand, zum anderen, dass eine hohe Relevanz dieses Eintragspfades im Vergleich zu den anderen Eintragspfaden nach wie vor besteht.

Im Rahmen des geplanten Papers wird Relevanz von Einträgen aus dem Altbergbau insgesamt sowie die Relevanz einzelner Standorte dargestellt sowie die verschiedenen Ansätze zur Emissionsbilanzierung vorgestellt und miteinander verglichen.

Maßnahmen für eine Reduktion von Schwermetallemissionen aus Altbergbaustandorten werden im Rahmen einer Kosten-Wirksamkeitsbetrachtung vorgestellt und das Potential der Maßnahmen zur Reduktion von Schwermetalleinträgen aus Altbergbaustandorten in Deutschland aufgezeigt.

#### Gliederung

1. Einleitung mit Darstellung der Relevanz des Eintragspfades Altbergbau für die Schwermetallbelastung der Gewässer
2. Datengrundlage und Methodik
  - 2.1. Datengrundlage und Methoden zur Abschätzung von Schwermetalleinträgen aus dem Altbergbau (Monitoringdaten, Modell)
  - 2.2. Informationsgrundlage für die Ermittlung von Maßnahmen zur Reduktion von Schwermetalleinträgen aus Altbergbaustandorten
3. Ergebnisse

- 3.1. Abschätzung von Schwermetalleinträgen aus dem Altbergbau basierend auf Monitoringdaten
- 3.2. Abschätzung von Schwermetalleinträgen aus dem Altbergbau mittels MoRE
- 3.3. Relevanz individueller Altbergbaustandorte bzgl. Schwermetalleinträge in die Gewässer
- 3.4. Kosten-Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduktion von Schwermetalleinträgen aus Altbergbaustandorten
4. Diskussion und Schlussfolgerung
  - 4.1. Vergleich der modellhaft berechneten Einträgen (MoRE) mit Immissionswerten basierend auf Monitoringdaten der Gewässerüberwachung und aus Sondermessprogrammen
  - 4.2. Potential der Maßnahmen zur Reduktion von Schwermetalleinträgen aus Altbergbaustandorten in Deutschland

## **2.6.5 Potential of the substance flow analysis (SFA) as part of the assessment of pollutant-emissions into water bodies and for the derivation of programs of measures for the reduction of pollutant-emissions (ISI)**

### Kurzbeschreibung

In dem geplanten Paper wird die Relevanz der SFA als Teil der Bewertung der Schadstoffemissionen in die Gewässer dargestellt. Hierzu wird zunächst die Herangehensweise vorgestellt. Für ausgewählte Mikroschadstoffe mit unterschiedlichen Emissionsmustern werden die Ergebnisse einer SFA vorgestellt. Anhand dieser Ergebnisse können das Potential und die Grenzen der SFA aufgezeigt werden.

### Gliederung

1. Introduction  
(relevance of SFA as part of the assessment of pollutant-emissions into water bodies)
2. Methodology of SFA of micropollutants (Betrachtungsbereich, substanz-/stoffgruppenbezogene Besonderheiten, Datengrundlage)
3. SFA results of selected micropollutants with specific flow patterns (heavy metal (Pb) with wide distribution of usage vs. pharmaceutical substances with limited emission pathways)
4. Potential and limitation of SFA as part of the assessment of pollutant-emissions into water bodies and for the derivation of measures for the reduction of pollutant-emissions in relation to flow patterns

### **3. Zusammenfassung**

Ziel dieses Vorhabens war es, die im Zusammenhang mit der Begleitung des europäischen Diskussionsprozess gewonnenen Erfahrungen sowie die mittlerweile fortgeschrittenen Ansätze und Datengrundlagen zur Bilanzierung ausgewählter prioritärer Stoffe zur fachlichen Unterstützung der Arbeiten des zweiten Bewirtschaftungsplans bereitzustellen. Für Deutschland wurde eine weitestgehend harmonisierte Vorgehensweise erreicht.

Für die deutschen und angrenzenden europäischen Flussgebiete liegt zwischenzeitlich mit dem Modellsystem MoRE ein Werkzeug vor, mit dessen Hilfe bei guter Datenbasis sehr flexibel und vollständig dokumentiert Stoffeinträge für quasi beliebige Stoffgruppen berechnet werden können. Das Modell wurde im Mai 2011 der Fachöffentlichkeit vorgestellt und mit dem Abschlussbericht zu dem UBA-Vorhaben „Methodische Optimierung von Modellansätzen zur Nähr- und Schadstoffbilanzierung in Flussgebietseinheiten zur Förderung der Umsetzungsstrategie zur Wasserrahmenrichtlinie“ übergeben. In verschiedenen aktuellen Vorhaben findet eine kontinuierliche Weiterentwicklung statt.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden diese Arbeiten genutzt, um für Deutschland und im europäischen Kontext ein entwicklungsfähiges Konzept der Bestandsaufnahme zu fördern.

Die Arbeiten im Rahmen des Vorhabens wurden in enger Abstimmung mit der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und den Flussgebietsgemeinschaften (FGG) der großen Einzugsgebiete in Deutschland durchgeführt.

Zusammenfassend wurden die folgenden Arbeitsschwerpunkte bearbeitet:

- Fachliche Begleitung zur Bestandsaufnahme
  - Begleitung des Verhandlungsprozesses zur Umsetzung der Anforderungen der RL 2008/105/EG auf EU-Ebene und Mitarbeit am Leitlinienpapier
  - Fachliche Begleitung des Diskussionsprozesses zur Durchführung der Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe in Deutschland
- Erarbeitung fachlicher Inhalte und Ergebnisse für die Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste prioritärer Stoffe
  - Sichtung und Klassifizierung des verfügbaren Datenmaterials zu allen prioritären Stoffen im Hinblick auf die Relevanz der Stoffe für Deutschland und innerhalb der Europäischen Union
  - Identifikation wesentlicher Kenngrößen mit guter Datenverfügbarkeit, die eine Plausibilisierung von Konzentrationen sowie von Emissionsabschätzungen erlauben
  - Vorbereitung der Datenbank, der Benutzeroberfläche und des Berechnungsmoduls zur Erfüllung der zukünftigen Berichtspflichten des UBA
  - Anpassung (Vereinfachung) einzelner Modellansätze im bestehenden Grundmodell für relevante Eintragspfade
  - Verbesserung der Grundlagen zu Einträgen aus Altbergbaugebieten
  - Fortschreibung und Aktualisierung der Datengrundlage und Modellergebnisse
- Gewährleistung der Anwendbarkeit des Modells in internationalen Flussgebieten
- Durchführung eines Workshops zur Abstimmung mit Länderbehörden und Flussgebietsgemeinschaften
- Prüfung von Kandidatenstoffen und Erstellung von Stoffdatenblättern

## Literaturverzeichnis

Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (2008): Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG. Umweltqualitätsnormenrichtlinie.

Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (2013): Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. August zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* (L226).

European Commission (2012): Technical guidance on the preparation of an inventory of emissions, discharges and losses of priority and priority hazardous substances. Brussels European Commission (Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)). Online verfügbar unter <http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/WFD%20guidance%20on%20emission%20inventories.pdf>.

Fuchs, S.; Scherer, U.; Wander, R.; Behrendt, H.; Venohr, M.; Opitz, D. et al. (2010): Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. 1. Aufl. 1 Band. Dessau-Roßlau (UBA-Texte, 45/10).

Fuchs, S.; Wander, R.; Rogozina, T.; Hilgert, S.; Dimitrova, S.; Kittlaus, S. (2014): Modeling of Regionalized Emissions (MoRE). Handbuch für die Benutzeroberflächen MoRE Developer and MoRE Visualizer Karlsruhe Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft. Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://isww.iwg.kit.edu/MoRE.php>.



## **Anhang**