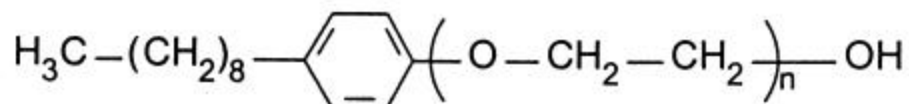
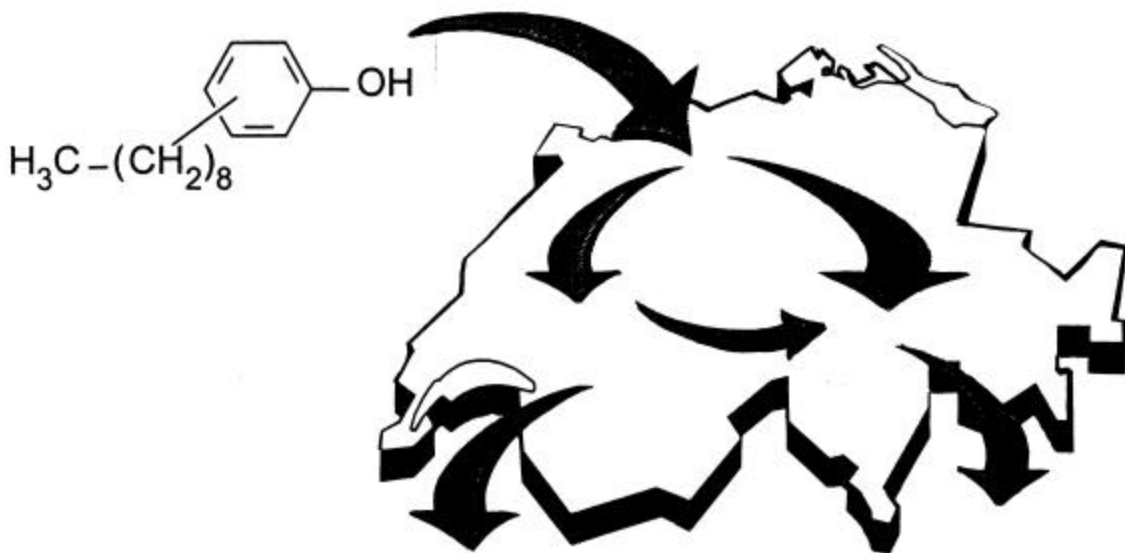


Interdisziplinäre Projektarbeit in Allgemeiner Ökologie

Nonylphenol in der Schweiz

Eine Abschätzung der Belastungssituation
und der ökologischen Wirkungen



Verfasst von: Andrea Radvanszky, Cyrill Rémy,
Barbara Rimml, Martin Wiesmann

Betreut von: PD Dr. Patricia Holm

IKAÖ, Universität Bern. Juli 2000

INHALTSVERZEICHNIS

1	VORWORT	5
2	AUSGANGSLAGE UND ZIELSETZUNG	5
2.1	Ausgangslage	5
2.2	Zielsetzung	6
3	METHODE	7
3.1	Ziel der Stoffflussanalyse	7
3.2	Konzept	7
3.3	Vorgehen.....	11
4	UMSETZUNG DER METHODE	12
4.1	Strukturierung des Systems	12
4.2	Datengewinnung	13
5	ERGEBNISSE	15
5.1	Stoffcharakterisierung	15
5.1.1	Chemisch-physikalische Stoffcharakterisierung und Abkürzungen.....	15
5.1.1.1	Nonylphenol.....	15
5.1.1.2	Octylphenol.....	15
5.1.1.3	Nonylphenoethoxylat	16
5.1.2	Umwandlung von NP in NPEO	16
5.1.3	Stoffabbau.....	17
5.1.4	Analysemethoden.....	18
5.2	Endokrine und Ökotoxikologische Effekte	18
5.2.1	Toxikologische Wirkung.....	18
5.2.2	Endokrine Effekte	19
5.2.3	Auswirkungen auf das Ökosystem.....	20
5.3	Anwendungsbereiche und Vorkommen in Europa	21
5.3.1	Nonylphenol (NP).....	21
5.3.2	Nonylphenoethoxylate (NPEO).....	22
5.4	Stoffflussanalyse im System Schweiz	24
5.4.1	Verkehr mit Produkten und Verkehr mit Ausland	24
5.4.1.1	Produktion und Aussenhandel.....	24

5.4.1.1.1	Nonylphenol (NP) und Octylphenol (OP).....	24
5.4.1.1.2	Nonylphenolethoxylate (NPEO).....	24
5.4.1.2	Nutzung	26
5.4.1.2.1	Nonylphenol (NP).....	26
5.4.1.2.1.1	Klebstoffe	26
5.4.1.2.1.2	Kunststoffe	27
5.4.1.2.1.3	Schmieröle & Schmierstoffe	27
5.4.1.2.2	Nonylphenolethoxylate (NPEO).....	27
5.4.1.2.2.1	Emulsionspolymerisation.....	27
5.4.1.2.2.2	Textil- und Lederhilfsmittel.....	28
5.4.1.2.2.3	Reinigungsmittel.....	29
5.4.1.2.2.4	Schmieröle & Schmierstoffe	31
5.4.1.2.2.5	Flockungshilfsmittel.....	31
5.4.1.2.2.6	Pflanzenschutzmittel.....	32
5.4.1.2.2.7	Farben und Lacke	33
5.4.1.2.2.8	Veterinärmedizin	33
5.4.1.2.2.9	Kosmetika und medizinische Produkte	34
5.4.1.2.2.10	Kunststoffe und Klebstoffe.....	35
5.4.1.2.2.11	Papier & Karton.....	35
5.4.1.2.2.12	Gummi und Elastomere	35
5.4.1.2.2.13	Elektrotechnik	35
5.4.2	Abwasserrelevanz der Anwendungen.....	37
5.4.2.1	Herstellung von NPEO.....	37
5.4.2.1.1	Klebstoffe	37
5.4.2.1.2	Kunststoffe	37
5.4.2.1.3	Emulsionspolymerisation	37
5.4.2.1.4	Textil- und Lederhilfsmittel.....	37
5.4.2.1.5	Reinigungsmittel.....	38
5.4.2.1.6	Schmieröle und Schmierstoffe	38
5.4.2.1.7	Flockungshilfsmittel.....	38
5.4.2.1.8	Pflanzenschutzmittel.....	38
5.4.2.1.9	Farben und Lacke	38
5.4.2.1.10	Veterinärmedizin	38
5.4.2.1.11	Kosmetika und medizinische Produkte.....	39
5.4.2.1.12	Papier & Karton.....	39
5.4.2.1.13	Gummi- und Elastomere	39
5.4.2.1.14	Elektrotechnik.....	40
5.4.3	Abfallwirtschaft	40
5.4.3.1	Abwasserreinigungsanlagen (ARA).....	40
5.4.3.1.1	Eintrag von Nonylphenol in die Kläranlagen.....	40
5.4.3.1.2	Abfluss von NP aus den ARAs	41
5.4.3.1.3	Verhalten von NP in Kläranlagen	43
5.4.4	Umwelt	43
5.4.4.1	Hydrosphäre	43
5.4.4.2	Sedimentablagerung	44
5.4.4.3	Biota in der Hydrosphäre	44
5.4.4.4	Pedosphäre	44
5.4.5	Graphische Darstellung der Resultate	45
5.5	Diskussion der Ergebnisse.....	46
5.5.1	Aussagekraft der Daten.....	46
5.5.2	Konzentration von NP in Gewässern und PNEC-Werte	47
5.5.3	Tendenz des Gebrauchs von NP und NPEO	47
5.5.4	Methodendiskussion.....	48
5.5.5	Zielerreichung.....	48

6 FAZIT UND LÖSUNGSVORSCHLÄGE	49
6.1 Fazit	49
6.2 Lösungsvorschläge.....	50
7 LITERATURVERZEICHNIS	51
<u>Anhang 1</u>: Synonymliste	54
<u>Anhang 2</u>: Zusammenstellung der Abkürzungen mit Erklärungen.....	56
<u>Anhang 3</u>: Schema der Produkte beim mikrobiellen Abbau.....	57
<u>Anhang 4</u>: Definitionen von endokrin wirksamen Substanzen.....	58

1 Vorwort

Dieses Projekt wurde im Rahmen des Studienganges in Allgemeiner Ökologie an der Universität Bern durchgeführt. Es lief über zwei Semester. Das Projektteam setzte sich zusammen aus vier StudentInnen. Es waren dies: Andrea Radvanszky, Soziologiestudentin, Barbara Rimml, Soziologiestudentin, Cyrill Rémy, Biologiestudent und Martin Wiesmann, Physikstudent. Betreut wurde die Gruppe von PD Dr. Patricia Holm.

Wir möchten allen danken, die uns bei der Durchführung der Arbeit geholfen haben, insbesondere PD Dr. Patricia Holm, Prof. W. Giger (EAWAG), Dr. C.D. Hager, Dr. C. Studer (BUWAL), Hr. M. Sägger (Gewässer- und Bodenschutzlabor, Kt. Bern), allen Industrie- und Verbandsmitgliedern, die uns ihre Informationen zu Verfügung gestellt haben, und der Oberzolldirektion.

2 Ausgangslage und Zielsetzung

2.1 Ausgangslage

Neben der Kontamination mit Schwermetallen wird die Umwelt zunehmend mit Xenobiotika belastet. Dies sind im weitesten Sinne Stoffe, die einem bestimmten Ökosystem fremd sind. Im engeren Sinne handelt es sich dabei um eine Sammelbezeichnung für in der Umwelt des Menschen – im engsten Sinne: in seiner Nahrung – nicht natürlich vorkommende Stoffe anthropogenen Ursprungs (Römpp 1998). Zu beachten ist, dass die freigesetzten Xenobiotika in der Umwelt „... diese in zum Teil sehr geringen Konzentrationen kurz oder längerfristig negativ beeinträchtigen können.“ (Candinas 1999: 114)

Von verschiedenen Xenobiotika ist heute eine Wirkung auf den Hormonhaushalt von Organismen bekannt. Stoffe mit endokriner Wirkung (sog. “endocrine disrupters”) greifen störend in das Hormonsystem bei Mensch und Tier ein und verursachen dadurch negative Wirkungen beim Individuum oder seinen Nachkommen. Ein ‘sex hormone disrupter’ ist dabei von besonderem Interesse, weil er als exogener Stoff durch Änderungen der Hormonfunktionen Reproduktionsstörungen im intakten Organismus (z.B. bei Fischen) erzeugen kann. Der Zusammenhang zwischen beobachteten Störungen und der Belastung mit hormonwirksamen Stoffen ist bei Wildtierpopulationen in einigen Fällen erhärtet und wird beim Menschen diskutiert (BUWAL 1996: 7). Diese Wirkungen werden auch beim Menschen vermutet, z.B. die Abnahme der Spermiedichte und -qualität bei Männern.

Für die Einschätzung und Beurteilung bezüglich Ausmass, Vorkommen sowie Wirkungen von endokrinen Stoffen besteht weltweit ein erheblicher Forschungsbedarf (BUWAL 1999: 53). Die schlechte Datenlage und der mangelnde Kenntnisstand bezüglich Produktion, Substanzmengen, Eintrag in die Umwelt und deren Folgen auf verschiedene Organismen waren Anlass dieser Studie.

Aus der grossen Anzahl hormonwirksamer Stoffe hat sich die Projektgruppe wegen seiner Toxizität und Abwasserrelevanz für Nonylphenol entschieden. Die Substanz wird bei vielen industriellen Produkteherstellungen eingesetzt und gelangt dabei oder später bei der Verwendung des Produkts oft mit dem Abwasser in die Umwelt. Weil im Wasser viel

weniger Sauerstoff gelöst ist als in der Luft, müssen die Atemorgane der Wasserbewohner, die Kiemen, verhältnismässig stark umströmt sein. Aquatische Organismen sind also schädlichen Substanzen viel stärker exponiert als Land- oder Luftlebewesen. Des Weiteren spielt die Aufnahme über die Haut, sowie die Aufnahme von Nahrung, die schon Kontakt mit schädlichen Substanzen hatte, bei Wasserbewohnern eine viel grössere Rolle (Holm 2000).

Obwohl Nonylphenoethoxylat weniger toxisch ist, wurde auch diese Substanz untersucht, da sie wieder zu Nonylphenol abgebaut wird. In der Schweiz ist der Gebrauch von Nonylphenoethoxylat für die Herstellung von Textilwaschmitteln seit 1986 verboten, jedoch wird die Substanz in der Industrie weiterhin u.a. in Reinigungsmitteln verwendet. Nonylphenol wird zudem als Zusatz in Kunststoffen, Farben und Pestiziden eingesetzt (BUWAL 1999: 16 und 116).

Xenobiotika stellen also biotische Faktoren anthropogenen Ursprungs dar, die auf diverse Organismen der (aussermenschlichen) Natur negative Wirkungen erzielen können. Bereits dadurch ist die Problematik von allgemein-ökologischem Charakter. In Anbetracht der Vermutung, dass die ausgetragenen Stoffe ebenso auf den Menschen rückwirken können, ergibt sich eine ernstzunehmende Wechselwirkung zwischen dem Menschen und seiner Umwelt. Bei der gegebenen allgemein-ökologischen Fragestellung steht also nicht in einem normativ-anthropozentrischen Standpunkt nur der Mensch im Zentrum des Interesses. Die allgemein-ökologische Relevanz ist vor allem bei den physischen, wirtschaftlichen und politischen Aspekten der untersuchten Wechselwirkung gegeben. Im weiteren Sinne werden aber auch die sich daraus ergebenden sozialen und kulturellen Aspekte betrachtet.

2.2 Zielsetzung

Die Projektarbeit soll einen Beitrag leisten zur Schliessung von Kenntnislücken bezüglich der Belastungssituation der Schweiz durch Nonylphenol. Es sollen Ausmass und Vorkommen, d.h. Herkunft, Anwendung, Umwandlung sowie Entsorgung beschrieben werden. Zusätzlich sollen die Stoffcharakterisierung und bekannte Wirkungen auf die Umwelt recherchiert werden.

Der vorliegende Forschungsbericht soll gemäss dieser Zielsetzung folgende Fragen beantworten:

Welche Mengen der Substanzen werden in der Schweiz vom Menschen jährlich produziert, genutzt und wie viel davon gelangt in die Umwelt?

Welches sind die toxischen und hormonellen Wirkungen von Nonylphenol und Nonylphenoethoxylat?

3 Methode

Stoffflussanalyse

Das Modell, das wir benutzt haben, ist in BUWAL (1996) beschrieben und wurde von Prof. Dr. P. Baccini (EAWAG, ETH Zürich) entwickelt. Es soll hier zusammenfassend dargestellt werden.

3.1 Ziel der Stoffflussanalyse

Die Stoffflussanalyse ist eine Methode zur Erfassung, Beschreibung und Interpretation der Stoffflüsse in einem gegebenen System. Für einen definierten Raum in einer bestimmten Zeitperiode wird der Umsatz eines bestimmten Stoffes quantifiziert. Mit der Stoffflussanalyse können Herkunft, Nutzung und Verbleib sowie Import und Export eines Stoffes erfasst werden. Damit zeigt die Stoffflussanalyse, auf welchen Pfaden der betrachtete Stoff im System transportiert wird und wo Stoffumwandlungen stattfinden (BUWAL, 1996: 11ff).

3.2 Konzept

Im Unterschied zum naturwissenschaftlichen Ansatz von Prof. Dr. P. Baccini geht die vorliegende Methode davon aus, dass mit vorhandenen Datensätzen gearbeitet wird. Deshalb bestimmen Art, Genauigkeit und Umfang der verfügbaren Stoffdaten die Struktur des gewählten Systems (BUWAL, 1996: 13).

Terminologie

Stoffe

Als Stoffe gelten chemische Elemente oder chemische Verbindungen.

Produkte, Güter

Produkte und Güter sind Stoffe und Stoffgemische, die vom Menschen bewertete Funktionen erfüllen.

Prozesse

Als Prozess bezeichnet man den Transport, die Transformation, die Lagerung und die Wertveränderung von Stoffen und Gütern.

System

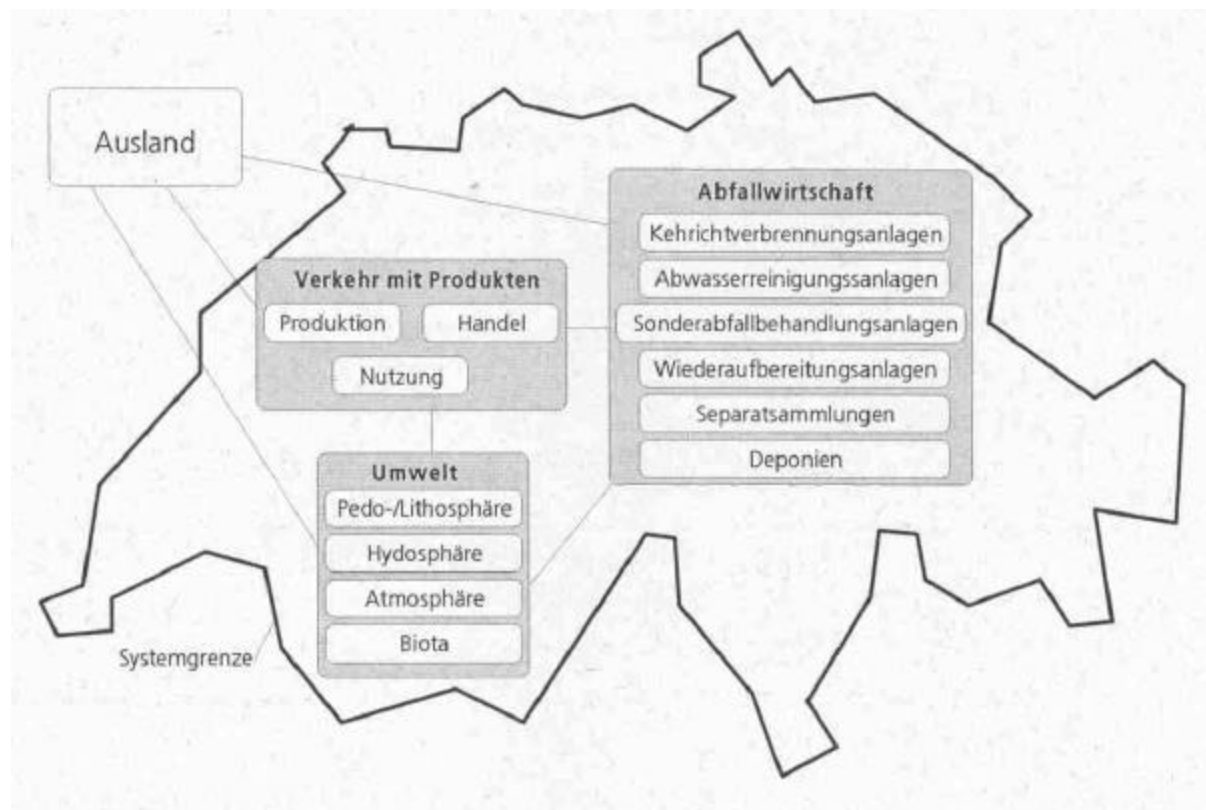
Damit ist ein offenes System aus Gütern und Prozessen, mit Systemgrenzen, durch das Stoffe und Güter fließen, gemeint. Das System kann weiter unterteilt werden in abgrenzbare Teilsysteme. (BUWAL, 1996: 13)

System Schweiz

Die Landesgrenze Schweiz wird als Systemgrenze definiert, da die Stoffflüsse in diesem Raum interessieren. Stoff- und Güterflüsse können über die Grenze hinausreichen, sie werden in der Aussenhandelsstatistik erfasst. Da die meisten Stoffe die gleichen Prozesse durchlaufen, sind diese Prozesse vordefiniert und werden in vier Grundprozessen aufgeteilt:

- Ausland (Import / Export)
- Verkehr mit Produkten
- Abfallwirtschaft
- Umwelt

Fig. 1: Das System Schweiz: Systemgrenze und Prozesse für eine Stoffbilanz Schweiz



Quelle: BUWAL (1996: 15)

Der Betrachtungszeitraum beträgt ein Jahr. Die Flüsse werden in Tonnen pro Jahr angegeben. Das System wird stufenweise immer weiter aufgelöst. Figur 1 zeigt die Struktur des Systems und in Tabelle 1 sind die Grundprozesse und ihre Unterteilungen dargestellt. Beim Prozess `Ausland` wird unterschieden zwischen geogener, das heisst natürlicher, und anthropogener Wechselwirkung, das heisst vom Menschen verursacht.

Tab 1: Strukturierung der Prozesse in der vorliegenden Methode

Ebene 3: Fein (13 Prozesse)	Ebene 2: Mittel (3 Prozesse)	Ebene 1: Grob (2 Prozesse)
Produktion	Verkehr mit Produkten	Anthroposphäre Schweiz
Handel		
Nutzung		
Kehrichtverbrennungsanlage	Abfallwirtschaft	
Abwasserreinigungsanlage		
Sonderabfallbehandlungsanl.		
Wiederaufbereitungsanlage		
Separatsammlung		
Deponie		
Pedo-/Lithosphäre	Umwelt	
Hydrosphäre		
Atmosphäre		
Biota		
Import geogen	Geogene Wechselwirkung mit dem Ausland	Ausland
Export geogen		
Import anthropogen	Verkehr mit dem Ausland	
Export anthropogen		

Quelle: BUWAL (1996: 16)

Die einzelnen Prozesse sollten soweit aufgeschlüsselt sein, bis für den betrachteten Stoff die gestellten Fragen mit der Stoffflussanalyse beantwortet werden können. Um einen Prozess auf einer tieferen Ebene aufzuschlüsseln zu können, müssen entsprechende Daten zu den Stoffströmen vorhanden sein. „Damit die Resultate und Aussagen vergleichbar sind, müssen die Ebenen immer gleich definiert und verknüpft und die Prozesse gleich definiert sein. Einzelne Prozesse können je nach Bedürfnisse zusammengefasst oder unterteilt werden. Die Abgrenzungen und die gegebenen Grundprozesse dürfen jedoch nicht verändert werden.“ (BUWAL, 1996: 17)

Datenquellen

„Die Datenbeschaffung ohne eigene Messung ist der schwierigste Teil einer Stoffflussanalyse und gleicht oft einer Detektivarbeit.“ Es müssen die Anwendungsbereiche des betrachteten Stoffes erfasst werden und die jeweilige Konzentration in den Produkten sowie deren Wege von der Herstellung bis zur Entsorgung zusammengetragen werden. In der vorliegenden Arbeit sind verschiedene mögliche Datenquellen zusammengefasst. Bei der Zusammenstellung soll die Genauigkeit der gefundenen Daten dokumentiert werden, damit die resultierende Stoffflussanalyse auf ihre Aussagekraft hin beurteilt werden kann (BUWAL, 1996: 19).

Bilanzierungsmethode

Der Stofffluss wird anhand der Stoffkonzentration und des Produktflusses errechnet:

$$\text{Stoffkonzentration} * \text{Produktfluss} = \text{Stofffluss}$$

Ein Prozess wird als black box betrachtet: Wir haben einen Stofffluss, der hinein (Input) und einen, der hinaus (Output) fließt. Stimmen Input und Output nicht überein, so kommen folgende Ursachen in Frage:

Lagerveränderung

Im Prozess akkumuliert sich ein Stoff oder bestehende Lager werden abgebaut.

Stoffabbau:

In einem Prozess kann ein betrachteter Stoff abgebaut oder durch Umwandlung in andere Stoffe übergeführt werden.

Stoffaufbau:

In einem Prozess kann ein Stoff z.B. durch Produktion aus anderen Grundstoffen entstehen.

Um Lagerveränderungen erkennen zu können müssen Input- und Outputgrößen eines Prozesses über mehrere Jahre verfolgt werden. Und wenn möglich, sollte die Aufenthaltsdauer der entsprechenden Güter erfasst werden. Wenn Input- und Outputgrößen zweier verschiedener Prozesse bekannt sind, können sie als Kontrollgrößen verwendet werden (BUWAL, 1996: 20ff).

Resultate

„Als Resultat einer Stoffbilanz werden die Stoffflüsse durch das gewählte System numerisch und grafisch ausgewiesen. Die wichtigsten Produkte, Stoffkonzentrationen, Herkunft, Verbleib und Lagerorte werden für den betrachteten Stoff identifiziert.“, (BUWAL, 1996: 23)

Analyse und Interpretation der Resultate

Datenqualität

Die Aussagekraft der Resultate hängt stark von der Datenqualität ab. Deshalb ist es wichtig, sich über die Genauigkeit der verwendeten Daten und über mögliche Lücken im klaren zu sein. Die Qualität der Daten und ihre Herkunft muss beschrieben werden. Daten können je nach Herkunft in Primär-, Sekundär- und Tertiärdaten eingeteilt werden. Primärdaten sind Informationen, die recherchiert wurden. Sekundärdaten sind Publikationen und Fachliteratur und Tertiärdaten sind reine Schätzungen.

Zeitliche Entwicklung

Für die Beurteilung des Stellenwerts, der Trends und Lagerveränderungen der Stoffströme ist die zeitliche Entwicklung zu beobachten. Ideal ist es, wenn die Stoffflussanalyse für mehrere Jahre durchgeführt werden kann.

Stellenwert der anthropogenen Stoffflüsse

Das Resultat der Stoffflussanalyse soll uns letztlich darüber Auskunft geben, in welchem Ausmass die anthropogenen Flüsse des betrachteten Stoffes die Umwelt-Prozesse (Pedo-/Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre und Biota) beeinflussen. Es sind einerseits die vom Menschen verursachten Flüsse in die Umwelt und andererseits deren Verhältnis zu natürlichen Flüssen gefragt (BUWAL, 1996: 25).

3.3 Vorgehen

In diesem Kapitel wird kurz beschrieben, wie man vorgeht, um eine Stoffflussanalyse zu realisieren. In Figur 2 sind die einzelnen Schritte und die Abfolge aufgezeichnet.

Datensuche

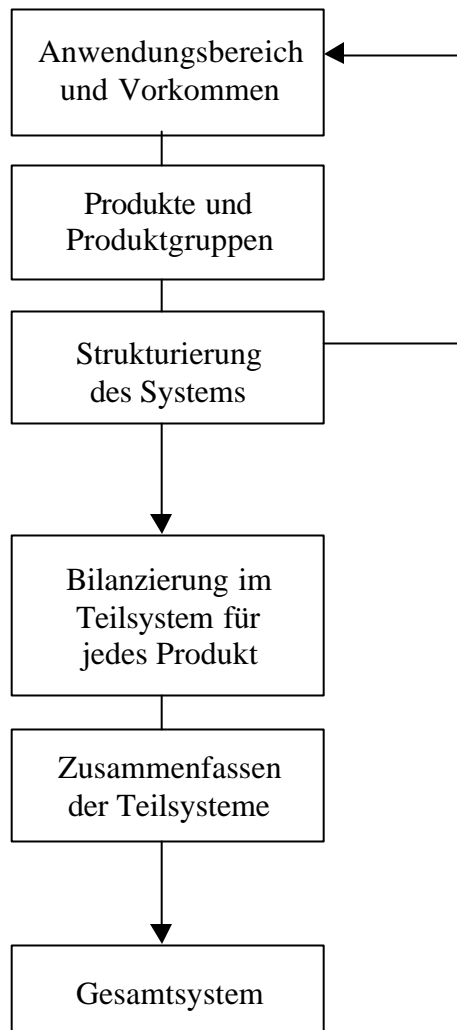
Als erstes müssen alle relevanten Anwendungsbereiche und Vorkommen zusammengestellt werden. Dazu sollte man sich anfangs auf öffentlich zugängliche Informationen beschränken, wie z.B. Literatur- und Datenbankauswertungen und Anfragen bei den Kantonen. Parallel zur Aufstellung der Anwendungsbereiche erfolgt die Zusammenstellung der Produkte, die den gesuchten Stoff enthalten.

Nach einer ersten Übersicht können auch Wirtschaftsverbände und Unternehmen nach detaillierteren Angaben angefragt werden. Wenn die ersten Daten beisammen sind, wird die Struktur des Systems festgelegt. Dazu wählt man die Prozesse, die von dem zu betrachtendem Stoff durchlaufen werden und schlüsselt sie je nach Fragestellung und Datenlage auf. Diese Schritte, die Zusammenstellung der Anwendungsbereiche und Produkte und die Strukturierung des Systems, werden idealerweise (iterativ) mehrmals wiederholt, so dass Datenlücken erkannt und geschlossen werden können.

Bilanzierung des Systems

Die Stoffflüsse werden nun anhand der gefundenen Daten errechnet und graphisch dargestellt. Anstelle der graphischen Darstellung der Stoffflüsse, lässt sich eine Bilanz auch mittels einer Matrix beschreiben. Alle möglichen Beziehungen zwischen den Prozessen werden in der Matrix dargestellt, jedes Feld entspricht einer Beziehung. Damit können auch Lagerveränderungen ausgemacht werden.

Fig 2: Übersicht des Vorgehens der Stoffflussanalyse



4 Umsetzung der Methode

4.1 Strukturierung des Systems

Grundlage für die Umsetzung der Methode sind vorhandene Daten. Art, Genauigkeit und Umfang der verfügbaren Stoffdaten bestimmen die Struktur des gewählten Systems (BUWAL 1996: 13).

Nach der Analyse vorhandener Literatur zur Belastungssituation in Europa und nach ersten Gesprächen mit Experten der EAWAG (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) und des BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) war uns schnell klar, dass sich eine Stoffflussanalyse, wie sie im vorherigen Kapitel beschrieben wurde, für Nonylphenol nicht realisieren lässt.

Ein wichtiger Grund liegt darin, dass es sich bei Nonylphenol um einen alten Stoff handelt (vor 1981 vermarktet), was bedeutet, dass wichtige Informationen bezüglich Zusammensetzung und Umweltverhalten des Stoffes fehlen. Seit 1986 müssen Hersteller gemäss

Stoffverordnung für die Anmeldung neuer Stoffe eine Selbstkontrolle durchführen, deren Resultate sie den Behörden mitzuteilen haben. Dazu gehören z.B. Angaben zur Zusammensetzung und zu physikalisch-chemischen, ökologischen und toxischen Eigenschaften des neuen Stoffes (Stoffverordnung 1999: Art. 12-20).

Da für Nonylphenol Konzentrationsangaben nicht vorliegen, lassen sich auch keine Stoffflüsse anhand der Produktflüsse berechnen. Wir mussten uns also auf beantwortbare Fragestellungen beschränken: Welche Mengen des Stoffes werden in der Schweiz in welcher Branche verwendet? Welche Mengen befinden sich in der Umwelt?

Wir haben das System folgendermassen strukturiert: Innerhalb des Grundprozesses „Ausland“ haben wir uns auf den Prozess „Verkehr mit dem Ausland“ (Import und Export anthropogen) beschränkt. Für den Grundprozess „Verkehr mit Produkten“ haben wir uns auf die Prozesse „Produktion“ und „Nutzung“ konzentriert. Den Prozess „Produktion“ verstehen wir im engen Sinn und meinen damit nur die Herstellung des Stoffes. Den Prozess „Nutzung“ verstehen wir im weiten Sinn: hier ist sowohl die Verarbeitung des Stoffes als auch der Endkonsum gemeint. Wir haben den Prozess „Nutzung“ nach Branchen gegliedert. Aufgrund der stoffspezifischen Eigenschaften (Abbaubarkeit und Toxizität, siehe Kapitel 5.1 und 5.2) sowie der vorhandenen gemessenen Daten haben wir uns innerhalb des Grundprozesses „Abfallwirtschaft“ eingeschränkt auf „Abwasserreinigungsanlage“ und im Grundprozess „Umwelt“ auf „Hydrosphäre“ (Wasser) und „Pedo/Lithosphäre“ (Boden).

Tab. 2: Strukturierung des Systems

Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3
Ausland	Verkehr mit Ausland	Import und Export anthropogen
Anthroposphäre Schweiz	Verkehr mit Produkten	Produktion
		Nutzung
	Abfallwirtschaft	Abwasserreinigung
Biosphäre Schweiz	Umwelt	Hydrosphäre
		Pedo-/Lithosphäre

4.2 Datengewinnung

Zur Erstellung der Stoffflussanalyse mussten wir vor allem Primärdaten erarbeiten. Den grössten Teil der Zeit investierten wir in Befragungen von Herstellern, Händlern und Wirtschaftsverbänden.

Aufgrund der vorhandenen Sekundärdaten des „SIDS Initial Assessment Report“ des OECD-Altstoffprogramms über Nonylphenol (OECD 1997), welcher den europäischen Mengenverbrauch an Nonylphenol pro industrieller Branche angibt (siehe 5.3.1), wählten wir die relevantesten Branchen aus, um für den Prozess „Nutzung“ Daten zu sammeln.

In einem ersten Schritt wandten wir uns jeweils an die entsprechenden Wirtschaftsverbände, um, falls vorhanden, direkt Informationen von ihnen über den Verbrauch des Stoffes zu beziehen, oder aber, was eigentlich fast immer der Fall war, um uns eine Übersicht über die betreffende Branche in der Schweiz zu beschaffen. Es ging uns in diesen Gesprächen darum, die grössten und wichtigsten Mitglieder der Verbände ausfindig zu machen.

Der zweite Schritt bestand darin, diese Firmen zu befragen. Wir stellten uns zu diesem Zweck als Leitfaden einen Fragebogen zusammen.

Tab. 3: Fragebogen zur Befragung der Firmen

1. Welche Mengen Nonylphenol bzw. Nonylphenoethoxylate haben Sie 1999 verbraucht?
2. Wo haben Sie die Nonylphenol / Nonylphenoethoxylate gekauft (Import oder in der Schweiz)?
3. Wieviel Prozent der Produkte mit Nonylphenol / Nonylphenoethoxylaten verkaufen Sie in die Schweiz, wieviel exportieren Sie? (Ungefähre Grössenverteilung)
4. Für die Schweiz: an welche Branchen verkaufen Sie diese Produkte? (Ungefähre Grössenverteilung nach Branchen). Wie gross ist ihr Marktanteil in diesen Branchen?

Wie erwähnt handelt es sich bei diesem Fragebogen um einen Leitfaden, den wir je nach Branche (und somit nach Verwendungsart des Stoffes) mehr oder weniger gut gebrauchen konnten. Oft mussten wir unsere Fragen flexibel, der jeweiligen Situation gemäss, stellen.

Aufgrund von Mangel an Informationen mussten wir für einige der Branchen auf Tertiärdaten – also reine Schätzungen – ausweichen. Wir haben zur Veranschaulichung der Aussagekraft der hochgerechneten Daten (Primär- und Tertiärdaten) unsere Werte immer mit entsprechenden Werten aus Deutschland verglichen. Es standen uns hier zwei Datenquellen zur Verfügung: ein Forschungsbericht mit Zahlen von 1995 im Auftrag des Umweltbundesamtes (Leisewitz/Schwarz 1997), sowie eine Zusammenstellung mit Zahlen von 1997 von Herrn Hager, eines Experten bezüglich der Situation in der EU und Deutschland (Hager 1999). Wir haben die deutschen und nicht die europäischen Daten zum Vergleich beigezogen, da sich die Schweiz und Deutschland in ihrer Wirtschaftsstruktur sehr ähnlich sind. Die deutschen Daten haben wir, um Werte für die Schweiz zu erhalten, durch 10 dividiert, da die Schweizer ca. 10% der Deutschen Einwohnerzahl ausmacht. Diese Art der Abschätzung wird auch von Behörden häufig verwendet (Giger 2000).

5 Ergebnisse

5.1 Stoffcharakterisierung

Die Stoffcharakterisierung ist bei Nonylphenol (NP) und vor allem bei Nonylphenoethoxylat (NPEO) schwer zu verstehen, weil die Substanzen z.T. Abbauprodukte voneinander darstellen und für NPEO in der Literatur und in der Praxis keine klar definierte und einheitlich gebrauchte Charakterisierung existiert. Zum besseren Verständnis wird auch auf die Herstellung von NPEO eingegangen.

5.1.1 Chemisch-physikalische Stoffcharakterisierung und Abkürzungen

Alkylphenole (AP) ist die Bezeichnung für Derivate der Phenole, bei denen am aromatischen Ring eines oder mehrere der H-Atome durch gleiche oder verschiedene Alkyl-Gruppen ersetzt sind (Römpp 1998). Befinden sich am Phenolring 9 C-Atome, spricht man von **Nonylphenol (NP)**, im Falle von 8 C-Atomen von **Octylphenol (OP)**. Im Anhang 1 befinden sich weitere Synonyme und zusätzliche Daten von NP, OP und NPEO. Anhang 2 enthält eine Zusammenstellung aller Abkürzungen mit zusätzlichen Erklärungen.

5.1.1.1 Nonylphenol

Tab. 4: Chemische Charakterisierung von NP

Nonylphenol (NP):	C ₁₅ H ₂₄ O
Molekulargewicht:	220,34 g/mol
Relative Dichte:	0.95 bei 20°C
Schmelzpunkt:	Ca. -8°C
Siedepunkt:	295–304°C
Wasserlöslichkeit:	6 mg/l bei 20°C, pH-abhängig
CAS RN:	25154-52-3

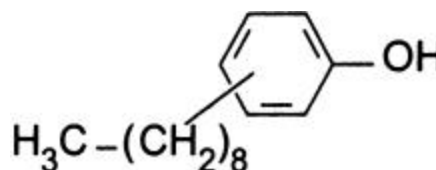
Quelle: Römpp 1998

Nonylphenol, eine klare, gelbliche, zähe Flüssigkeit, ist in Wasser schlecht löslich, so dass die Substanz gut sedimentiert (siehe Abbauarten)

5.1.1.2 Octylphenol

Als Industrieprodukt besteht technisches NP aus z.B. 85% *para*-NP, 10% *ortho*-NP, (para=neben, ortho=gegenüber; gemeint sind bei NP am Phenolring die Positionen der OH-Gruppe und der C9-Kette am Phenolring zueinander) 4% Decyl- und anderen Alkylphenolen. Es wird im allgemeinen zur Ethoxylierung weiterverarbeitet (Römpp 1998).

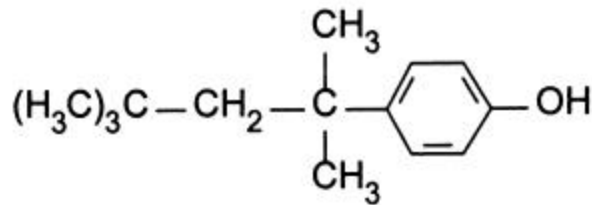
Fig.3: Strukturformel von NP:



Tab. 5: Chemische Charakterisierung für OP

Octylphenol (OP):	C ₁₄ H ₂₂ O
Molekulargewicht:	206,33 g/mol
Relative Dichte:	0.89 bei 90°C
Schmelzpunkt:	72-74°C
Siedepunkt:	280-283°C
CAS RN:	140-66-9

Fig. 4: 4-tert.-Octylphenol



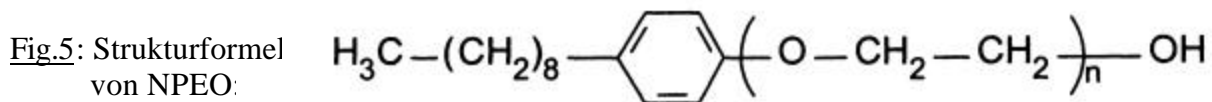
Quelle: Römpp 1998

Octylphenol zeigt sich in der Form farbloser Flocken. Bezüglich Wasserlöslichkeit hat es ähnliche Eigenschaften wie Nonylphenol (Römpp 1998 und OECD1997: 7).

Die Alkylphenolpolyethoxylate (APnEO) gehören aufgrund ihrer Eigenschaften polar (wodurch hydrophil d.h. wasserbindend) und apolar (wodurch hydrophob d.h. wasserabstoßend) sowie der fehlenden Ladung zu den nichtionischen Tensiden (grenz- und oberflächenaktive Stoffe, engl. Surfactants) (Wettstein 2000: 3).

5.1.1.3 Nonylphenoethoxylat

Nonylphenolpolyethoxylat (NpnEO) bzw. Nonylphenoethoxylat (NPEO), auch Nonoxinol, ist der internationale Freiname für verschieden hoch ethoxylierte Ether des 4-Nonylphenols, die z.B. durch eine nachgestellte Zahl ($n=4,9,15,30$) charakterisiert sind (CD Römpp 1998). Es gibt für NPEO keine klaren Zahlendaten (z.B. Molekulargewicht), weil es keine klar chemisch zu charakterisierende Substanz ist, sondern ein Gemisch aus Homologen, Oligomeren und Isomeren (Wettstein 2000: 4).



5.1.2 Umwandlung von NP in NPEO

Unter Ethoxylierung (auch Oxethylierung) versteht man das Einfügen (Insertion) einer oder mehrerer -CH₂-CH₂-O- (Ethoxy = EO) Gruppen in Verbindungen, die ein saures, (d.h. positiv geladenes) Wasserstoffatom aufweisen. Neben z.B. Fettalkoholen sind die Alkylphenole (AP), zu denen auch Nonylphenol (NP) gehört, geeignete Ausgangsverbindungen (Römpp 1998).

In der heutigen industriellen Herstellung von APnEO wird zuerst der Alkylphenolteil aus Phenol und einem vorgängig erstellten Alkylteil synthetisiert, im zweiten Reaktionsschritt unter hoher Temperatur und unter Druck mit einem basischen Katalysator (NaOH, Ca(OH)₂) vermischt. Durch die Wahl des Zeitpunktes der Einleitung des Ethylengases wird die durchschnittliche Ethoxykettenlänge gesteuert. Diese variiert je nach Anwendung zwischen einer und hundert Ethoxyeinheiten (Wettstein 2000:3f).

„Nonylphenoethoxylate sind kommerziell die wichtigsten Alkylphenoethoxylate.“ (Hager 1999a:3). Bei einer jährlichen weltweiten Nachfrage von 600'000 Tonnen APEO betragen die NPEO 92% im Gegensatz zu 6% Octylphenol- und 2% Dodecylphenol-ethoxylate (Wettstein 2000: 3f).

5.1.3 Stoffabbau

Photochemischer Abbau

In mit Sonnenlicht künstlich bestrahltem Süßwasser (aus einem See) wurde für NP nahe der Wasseroberfläche eine Halbwertszeit (also bis die Hälfte der vorhandenen Stoffmenge abgebaut ist) von 10-15h gemessen. In 20-25 cm Tiefe dauerte sie ca. 1,5 mal länger. NPnEO wird signifikant langsamer abgebaut als NP; NP1EO ist noch stabiler (Ahel et al.1994:1361).

Abbau in der Luft

In die Atmosphäre freigesetztes NP wird rasch mit Hydroxyl-Radikalen (\bullet O-H) degradiert und wird so selten weit von der Emissionsquelle über die Atmosphäre wegtransportiert. Die Halbwertszeit beträgt konstant etwa 7,2 h (OECD1997:32).

Abbau im Boden

NP/NPEO könnte mit ausgetragenen Klärschlamm in der Landwirtschaft auf die Felder gelangen. Es ist noch unklar wie gross ein Verdampfungseffekt ist und ob eine Aufnahme der Substanzen ins Bodenmaterial die Abbaubarkeit verschlechtert (Warhurst 1994: 7ff). Eine realistische Halbwertszeit könnte 30 Tage sein (OECD 1997:36).

Mikrobieller Abbau

Dieser kann unter aeroben (sauerstoffreichen) und anaeroben (sauerstoffarmen) Bedingungen stattfinden. Je nach Bakterienkultur und Bedingungen ergeben sich unterschiedliche Resultate. Typische Messungen von Kulturen, die vielleicht adaptiert sind, betragen für die Halbwertszeit von angebotenem NPnEO und OPnEO zu NP / OP schätzungsweise 8-15 h (Warhurst 1994:5). Die Abbildung im Anhang 3 zeigt die Abbauprodukte APnEC und APnEO.

Abbau in Gewässern

„Hydrolyse und Photolyse werden als vernachlässigbare Abbauprozesse für Nonylphenol **in aquatischer Umgebung** vermutet“ (OECD 1997: 32). Der Abbau erfolgt vorwiegend mikrobiell und ist bei APEO in Gewässern sehr langsam. In einer Studie wurden Abbaugeschwindigkeiten von nur 0,06% bis 1,2% der Gesamtmenge pro Tag gemessen. In einer anderen Studie betrug die Halbwertszeit 16 Tage. Über die ganze Länge des Glattbaches im Kanton Zürich (35 km lang) wurden nur 24% APnEO abgebaut (OECD 199: 55). NP und NPEO kann also im Wasser in dieser Zeit über eine weite Strecke transportiert werden, was massgebend bei der Verbreitung der Substanzen in der Umwelt ist. Es wurden vor allem Nonylphenoxy Carbonsäuren (NP1/2EC) gemessen, die weiter zu NP abgebaut werden

können. Wichtig sind auch saisonale Schwankungen. Im Winter, bei geringer Sonnenstrahlung pro Tag und tiefen Temperaturen sind die Abbauezeiten länger (Ahel 1994b: 1143). "Die Abbauezeiten der langkettigen NPnEO sind im Vergleich zum Abbau von APEO und AP1/2EO kurz" (Wettstein 2000: 6ff). Studien bei Flussmündungen haben gezeigt, dass signifikante Mengen an APEO im Sediment und im Gewässer bleiben. Biologischer Abbau von APEO und NP ist möglich, aber langsam, speziell bei anaeroben Bedingungen. (Warhurst 1995: 7). Dies zeigt, dass Gewässersysteme eindeutig unter die Lupe genommen werden müssen.

5.1.4 Analysemethoden

Es existieren verschiedene Analysemethoden für NP / NPEO und deren verschiedene Abbausubstanzen. NP1EC und NP2EC wurden 1987 mit der Hochauflösungs-Gaschromatographie / Massenspektrometrie Methode und mit der Hochauflösungs-Flüssigchromatographie Methode bei einer Konzentration von 1 µg/L gemessen (Ahel et al. 1987:697). Unter dieser Konzentration liess sich NP gar nicht nachweisen. Neuere und spezifischere Analysemethoden sind Varianten der Gaschromatographie-Massenspektrometrie kombiniert mit Filtration, Ansäuerung und Fluoreszenz (Wettstein 2000:15ff).

5.2 Endokrine und Ökotoxikologische Effekte

Im vorliegenden Abschnitt soll auf die Wirkungen von NP, NPEO und OP näher eingegangen werden. Betrachtet werden dabei Toxizität, endokrine Effekte sowie daraus folgend die Auswirkungen auf das Ökosystem.

5.2.1 Toxikologische Wirkung

Es existieren keine natürlichen Quellen von NP und NPEO, das heisst ihr Vorkommen in der Umwelt ist alleinige Konsequenz menschlichen Handelns (Environment Canada/ Health Canada 2000: 22). Die Freisetzung von NP und NPEO kann zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen, namentlich bei deren Produktion, Weiterverarbeitung und Verwendung. Die Toxizität von APEO's ist vom Ethoxilierungsgrad abhängig. NP und OP sowie weitere kurzkettige Metaboliten wirken toxischer als längerkettige Verbindungen. So ist der LC50-Wert (lethale Konzentration bei der 50% der Tiere verenden, hier innerhalb 48 Stunden) von NP16EO in Fischen 110 mg/L und fällt auf 1,4 mg/L für NP. Grob verallgemeinernd ist die akute Toxizität von NP etwa 100 mal stärker als diejenige von NPEO (Fent 1998: 233). Einen weiteren Hinweis auf die höhere Toxizität von NP und OP im Gegensatz zu NPEO liefern Fische (Regenbogenforellen), wo die tiefste Konzentration in Wasser, bei der eine Vitellogenininduktion (siehe weiter unten) festgestellt werden kann, bei 5 µg/L (OP) und 10 µg/L (NP) und für NPEO bei 30 µg/L (BUWAL 1999: 102). Neue, noch unveröffentlichte Studien beziffern den Wert mit 1 µg/L NP (Holm 2000).

Die akute Säugertoxizität von APEO ist gering. Für Säugetiere wurde bei einer oralen Aufnahme von OP eine schnellere Umwandlung und Ausscheidung nachgewiesen als bei aquatischen Spezies. Eine Bioakkumulation in Säugern ist daher weniger wahrscheinlich (Fent 1998). Hingegen ist die Toxizität für aquatische Organismen wesentlich höher. NP gilt für Fische, aquatische Wirbellose und Algen als sehr toxisch. Für Fische liegt der LC50-Wert

zwischen 0,13 und 1,4 mg/L, für Wirbellose zwischen 0,18 und 3,0 mg/L und für Algen zwischen 0,027 und 1,5 mg/L. OP ist fischtoxisch bei einem Wert von 1,05 mg/L. Durch NP wird zudem das Wachstum vieler Bodenbakterien gehemmt (Leisewitz/Schwarz 1997: 112).

5.2.2 Endokrine Effekte

Anlässlich eines EU-Workshops 1996 über die Wirkung von endokrin wirksamen Stoffen, legte man sich auf eine Definition des Begriffs „endocrine disruptor“ fest. Darunter versteht man einen exogenen Stoff, der durch Änderung der Hormonfunktion gesundheitliche Störungen im intakten Organismus oder seinen Nachkommen erzeugt. Der englische Ausdruck ist mit den deutschen Begriffen „endokrin wirksame Stoffe“ oder „hormonaktive Stoffe“ gleichzusetzen (BUWAL 1999: 53, Definition siehe Anhang 4).

Völlig unerwartet entdeckte man 1991, dass NP und OP sowie weitere Abbauprodukte von APEO estrogene Aktivität besitzen. Bis heute existieren jedoch noch keine intensiven Untersuchungen nach Stoffen mit endokriner Wirkung. Deshalb ist davon auszugehen, dass etliche Stoffe mit hormoneller Wirkung noch nicht identifiziert sind. (BUWAL 1999: 76) NP und OP wirken sowohl auf Säugetiere als auch auf Fische estrogen und wurden in allen In-vitro-Testsystemen konsistent als estrogenartige Stoffe erkannt. Für Säugetiere liegen die wirksamen Dosen im oberen mg/kg-Bereich. Doch bereits bei weit kleineren Dosen von OP (<1mg/kg pro Tag) wurde eine beeinträchtigte Entwicklung der Reproduktionsorgane bei männlichen Nachkommen festgestellt (Sharpe et al. 1995). Zur Zeit existieren verschiedene Methoden, um Störungen des Hormonsystems durch exogene Stoffe zu erfassen. In-vivo-Tests bestimmen die Wirkung von Stoffen auf intakte Testorganismen (an Säugetieren und eierlegenden Wirbeltieren) während die In-vitro-Methode Effekte auf zellulärer und molekularer Ebene erfasst (eignet sich für eine erste grobe Beurteilung von Fremdstoffen) (BUWAL 1999: 12). Die heute am häufigsten verwendete Messgrösse bei In-vivo-Tests ist die Induktion der Vitellogeninsynthese. Vitellogenin wird physiologisch nur unter Einwirkung von Estradiol, und dabei normalerweise nur von Weibchen produziert (Fent 1998: 231). Die Feststellung, dass (u.a. auch in der Schweiz) in männlichen Tieren ebenso das Vitellogenin gebildet wird, weist auf eine Belastung der Gewässer durch schwer abbaubare estrogen wirksame Substanzen hin (Burkhart-Holm und Studer 2000).

Im BUWAL-Bericht 1999 wurde die Wirkung endokriner Stoffe auf verschiedene Tierarten, wie Vögel, Fische und verschiedene Säugetiere, z.B. Schafe, Fischotter oder Nager, beschrieben. Was die Wirkung von NP, OP und NPEO betrifft, liegen die ausführlichsten Untersuchungen zu Regenbogenforellen, Mäusen und Ratten vor. Deshalb sollen diese im Folgenden etwas näher betrachtet werden.

Eine dreiwöchige Exposition männlicher Regenbogenforellen an NP, OP und NPEO zeigte eine Induktion der Vitellogeninsynthese. Die Wasserkonzentration von 30 µg/L führte bei all diesen getesteten Substanzen zu erhöhtem Vitellogeningehalt im Blut, einer Reduktion des Hodenwachstums und zu veränderter Spermienbildung. Die kleinste Konzentration mit messbarer Vitellogenininduktion liegt für OP bei 5 µg/L, für NP bei 20 µg/L. Neuere unveröffentlichte Zahlen beziffern den Wert mit 1 µg/L (Holm 2000). OP erwies sich damit um einen Faktor 4 aktiver als NP. Bei juvenilen Regenbogenforellen reichte jedoch bereits eine Wasserkonzentration von 10 µg/L NP während einer 72-stündigen Expositionszeit um die Vitellogenininduktion festzustellen. Der Zeitpunkt der Einwirkung des hormonaktiven Stoffes im Lebenszyklus eines Organismus spielt daher eine wesentliche Rolle. Während die

Effekte beim adulten Organismus reversibel sind oder abklingen, sobald das Hormon nicht mehr vorhanden ist, verursacht es im sich entwickelnden Organismus bleibende Defekte. In Untersuchungen von NP mit Säugetieren führten Injektionen bei juvenilen Ratten und Mäusen zur Steigerung des Uterusgewichts. Bei Ratten, denen über das Futter verschiedene Konzentrationen von NP über drei Generationen verabreicht wurden, zeigten männliche Nachkommen ab einem Futtergehalt von 650 ppm (49 mg/kg Körpergewicht/Tag) eine reduzierte Spermiedichte in den Nebenhoden und eine reduzierte Anzahl Spermatozoen in den Hoden. Bei den weiblichen Tieren wurde ein beschleunigtes Eintreten der Geschlechtsreife und ein reduziertes Gewicht der Eierstöcke festgestellt.

Bezüglich der Belastung des Menschen mit hormonaktiven Substanzen liegen nur sehr wenige Daten vor. Die Feststellung von Fortpflanzungs- und Gesundheitsstörungen ist aus verschiedenen Gründen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. So sind beispielsweise die Expositionsunterschiede in der Bevölkerung unbekannt, aber auch die Erfassung gesundheitlicher Auswirkungen ist problematisch. Zur Zeit ist nämlich noch unklar, welche Parameter für das Erkennen von Reproduktionsstörungen relevant sind. Bisher konnten Spermiedichte und -qualität kaum mit der Fertilität verbunden werden. Des Weiteren erschweren die lange Generationszeit des Menschen und die gleichzeitige Belastung durch verschiedene Chemikalien die Untersuchung möglicher Beeinträchtigungen der Entwicklung. Auch ist die vorgeburtliche Exposition im Uterus und damit die Belastung der Mutter von grosser Bedeutung (BUWAL 1999: 170f). In der Schweiz zeigen Krebsstatistiken der Kantone Neuenburg und Waadt eine zunehmende Häufigkeit der Hodenkrebsfälle auf, wobei die im BUWAL 1999 zitierten Autoren keine Erklärung für die festgestellte Zunahme haben. Gleiches wurde auch für die Brustkrebshäufigkeit festgestellt, wobei hier eine wesentliche Ursache für diese Erhöhung die verbesserten Diagnosemöglichkeiten (Mammographie) vermutet werden (BUWAL 1999: 171).

5.2.3 Auswirkungen auf das Ökosystem

Seit der Einsatzbeschränkung der APEO's von 1986 (Verbot in Textilwaschmitteln), sind die Gehalte der Abbauprodukte – vor allem NP - im Abwasser stark rückläufig. Sie konnten jedoch 1997 nach wie vor in Abflüssen von Kläranlagen im Bereich bis zu wenigen $\mu\text{g/L}$ und im Klärschlamm nachgewiesen werden. Erhöhte Werte wurden in Abwasser- und Flussproben gefunden, die durch Abwasser aus der Textilindustrie, vor allem in der Ostschweiz belastet sind (siehe Kapitel 5.4.3/4).

Zur Einschätzung der Belastungssituation in der Schweiz kann folgendes gesagt werden: Die Konzentrationen der Abbauprodukte von APEO's liegen in Kläranlagenabläufen und Fließgewässern unterhalb denjenigen Gehalten, die bei Regenbogenforellen Vitellogenin induzieren. Wie bereits oben erwähnt, lagen die kleinsten, bisher bekannten Effektkonzentrationen (LOEC-Wert, Lowest Observed Effect Concentration, siehe Anhang 2) von NP für Vitellogenininduktion bei juvenilen und adulten männlichen Regenbogenforellen bei $10\mu\text{g/L}$ beziehungsweise $20\mu\text{g/L}$ und für OP bei $5\mu\text{g/L}$. Im Bereich von Kläranlagen, die stark mit APEO belastet sind, können jedoch estrogenere Effekte bei Fischen nicht ausgeschlossen werden, da die NP-Konzentration, die keinen Effekt auf aquatische Systeme haben sollte (PNEC-Wert, Predicted No Effect Concentration, siehe Anhang 2) bei Kläranlagenabläufen zum Teil überschritten wird (BUWAL 1999: 18). Der von der EU vorgeschlagene PNEC für das aquatische System beträgt $0,33\mu\text{g/L}$ (DETR 1999).

In den letzten Jahren wurde mehrfach ein Zusammenhang zwischen der Belastung mit hormonwirksamen Stoffen und negativen Wirkungen auf die Reproduktion bei Fischen und anderen Wildtieren nachgewiesen. In der Schweiz liegen dazu aber kaum Studien vor (Fent 1999). Es lässt sich daher nur sehr schwer abschätzen, ob die vorhandenen NP-, OP- und NPEO-Konzentrationen die Gesundheit von Tierarten hierzulande gefährden. Unabhängig davon, sieht sich die Schweiz seit Anfang der 80er Jahre mit einer stark rückläufigen Fischfangquote, vor allem von Bachforellen, konfrontiert. Die Ursachen hierfür sind nicht bekannt. Die Fische wiesen jedoch in verschiedenen Fließgewässern der Ostschweiz Organschäden in Leber und Niere auf. Markante Beeinträchtigungen traten auch unterhalb von Kläranlagen auf (Burkhard-Holm und Studer 2000).

Wichtig für die Beurteilung der Umweltbelastung sind die Effekte von Gemischen der verschiedenen APEO-Abbauprodukte. Mit grosser Wahrscheinlichkeit addieren sich nämlich die Wirkungen der einzelnen Stoffe (was in In-vitro-Studien beobachtet wurde). (BUWAL 1999: 180) So sind auch die festgestellten Veränderungen nicht spezifisch auf eine Substanz zurückzuführen, sondern das Resultat eines Schadstoffgemischs (Burkhard-Holm und Studer 2000).

Weitere Konzentrationen von NP und NPEO wurden in Sedimentprofilen verschiedener Schweizer Seen gemessen. Die Gehalte in jüngeren Sedimentschichten nahmen aber im Vergleich zu Daten aus den 80er Jahren stark ab (siehe 5.4.4). Über die Belastung der Böden mit NP und NPEO ist zur Zeit nichts bekannt. Es ist aber denkbar, dass es aufgrund der hohen Gehalte von NP im Klärschlamm zu einer Belastung landwirtschaftlicher Böden durch sein Ausbringen führen könnte. Auch werden NPEO's als Zusätze in Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Die Eidgenössische Forschungsanstalt Wädenswil äusserte diesbezüglich zwar keine Bedenken, da NP und NPEO nicht von der Pflanze aufgenommen werden und somit für den Menschen keine Gefahr besteht (Müller 2000).

Die ungenügenden Kenntnisse der Belastungssituation von NP und NPEO in der Schweiz und die damit verbundenen möglichen Wirkungen auf Tier, Mensch und Ökosystem weisen auf einen grossen Forschungsbedarf hin. Es sind aber heute verschiedene Untersuchungen im Gange, wie zum Beispiel die soeben angelaufene EU-Studie (COMPREHEND) an der EAWAG, das Projekt „Netzwerk Fischrückgang Schweiz“ (Fischnetz) von EAWAG und BUWAL sowie auch die vorliegende Arbeit, die es sich zum Ziel gemacht haben, einen Beitrag zur Schliessung dieser Kenntnislücken zu leisten.

5.3 Anwendungsbereiche und Vorkommen in Europa

Der erste Schritt beim Erstellen einer Stoffflussanalyse ist das Zusammenstellen der Anwendungsbereiche und Vorkommen des Stoffes (siehe Kapitel 3.3). Wir haben diesbezüglich Literatur zu Anwendungsbereichen und Vorkommen von NP und NPEO in Europa konsultiert.

5.3.1 Nonylphenol (NP)

NP ist ein Zwischenprodukt. In Westeuropa existieren zwei wesentliche Anwendungsbereiche von NP: einerseits in der Kunststoffindustrie für die Produktion von Phenolharzen, Epoxidharzen und Kunststoffadditiven, andererseits für die Herstellung von NPEO (OECD 1999, Hager 1999, Leisewitz/Schwarz 1997).

Tab. 6: Anwendung von Nonylphenol in der Europäischen Union (1994, 1997)

Anwendungsbereich	Menge in Tonnen		Prozent	
	1994	1997	1994	1997
Nonylphenoethoxylate	42'350	47'000	54	60
Phenolharze und Kunststoffadditive	33'750	29'000	43	37
Phenol-Oxime	2'400	2'500	3	3
Total	78'500	78'500	100	100

(OECD 1999: 10)

Die Verbrauchsmengen von Nonylphenol blieben in der Periode 1994-1997 konstant. Was sich hingegen verändert hat, ist die Verbrauchsstruktur: Es wurden mehr Nonylphenole für die Ethoxylierung verwendet.

5.3.2 Nonylphenoethoxylate (NPEO)

Es wurde zwar mehr NP für die Ethoxylierung verwendet, aber von den produzierten NPEO wurden auch mehr exportiert. Die Verbrauchsmenge an NPEO ist zwischen 1994-1997 in etwa gleich geblieben.

Tab. 7: Produktion und Verbrauch von Nonylphenoethoxylaten in der EU (1994, 1997)

	Menge in Tonnen	
	1994	1997
Produktion	109'808	118'000
- Export	35'400	46'000
+ Import	399	5'600
Verbrauch in der EU	74'807	77'600

Angaben zusammengestellt aus OECD 1997: 16 , OECD 1999: 15

Die aus NP hergestellten NPEO werden breit verwendet. In Europa finden sie vor allem Anwendung in Reinigungsmitteln, in Textil- und Lederhilfsmitteln, als Emulgatoren (Mittel, welche Emulsionen stabilisieren) in der Emulsionspolymerisation und in anderen chemischen Anwendungen, als Formulierungshilfsmittel bei der Herstellung von Pflanzenschutzmitteln, in der Produktion von Farben und Lacken und als Papierhilfsmittel.

NPEO werden weiter in Bauchemikalien, Mineralölprodukten, in medizinischen und veterinärmedizinischen Produkten, in der Kosmetik und als Flockungshilfsmittel für Kläranlagen eingesetzt.

Tab.8: Anwendung von Nonylphenoethoxylaten in der EU (1994, 1997)

Anwendungsbereich	Mengen in Tonnen		Prozent	
	1994	1997	1994	1997
Industrielle Reinigungsmittel	22'956	23'000	35.32	30
Textilhilfsmittel	7'734	8'000	11.9	10
Lederhilfsmittel	6'274	6'000	9.62	8
Landwirtschaft	4'919	5'000	7.57	6
Emulsionspolymerisation	4'679	9'000	7.2	12
Chem. Industrie: NPEO-Derivate	4'681	7'000	7.15	9
Farben	3'997	4'000	6.15	5
Papierhilfsmittel	802	1'000	1.23	1
Metallindustrie	93	2'000	0.14	3
Mineralölindustrie	93	7'000	0.14	9
Fotografische Industrie	93		0.14	
Elektrische/elektronische Industrie	93		0.14	
Bauindustrie	93		0.14	
Andere	8'500		13.07	
Total Verbrauch in EU	65'007	72'000	99.91	93
Differenz zu Verbrauchszahlen Tab.7	9'800	5'600		7

Angaben zusammengestellt aus OECD 1997: 15f , OECD 1999: 15

Die Mengen des Gesamtverbrauchs von NPEO in den verschiedenen Anwendungen liegen unter den Werten von Tabelle 7. Bezüglich der Differenz 1994 von 9'800 Tonnen wird angenommen, dass sie auf Unterschieden in den von den Firmen rapportierten Daten beruht (OECD 1997: 14). Die Differenz 1997 von 5'600 Tonnen entspricht gerade dem Importvolumen von 5'600 Tonnen (siehe Tab. 7). Es wird angenommen, dass sich diese Menge auf alle Anwendungen verteilt (OECD 1999: 15).

Die bedeutendste Anwendung von NPEO in Europa ist die Herstellung von industriellen Wasch- und Reinigungsmitteln. 1995 wurde von den grössten europäischen Herstellern eine Vereinbarung getroffen, NPEO nicht mehr in Haushaltreinigungsmitteln zu verwenden. Bis zum Jahr 2000 sollte dies auch für alle übrigen Reinigungsmittel geschehen. Es ist also zu erwarten, dass die Verbrauchsmengen von Nonylphenoethoxylaten für Reinigungsmittel abnehmen werden (OECD 1999: 18).

5.4 Stoffflussanalyse im System Schweiz

5.4.1 Verkehr mit Produkten und Verkehr mit Ausland

Wir haben der besseren Übersicht wegen die Stoffflüsse von Nonylphenol und Nonylphenol-ethoxylaten getrennt behandelt und erst in der abschliessenden Graphik zusammengeführt. Die recherchierten Mengen in der Schweiz beziehen sich auf das Jahr 1999.

5.4.1.1 Produktion und Aussenhandel

5.4.1.1.1 Nonylphenol (NP) und Octylphenol (OP)

In der Aussenhandelsstatistik werden NP und OP unter der gleichen Tarifnummer (2907.1300) erfasst. NP wird in der Schweiz nicht mehr hergestellt, OP hingegen schon.

Tab. 9: Produktion und Aussenhandel von NP und OP in der Schweiz 1999

	Nonylphenol in Tonnen	Octylphenol in Tonnen
Produktion	-	1300
Import	940	900
Export	0	2030
Verbrauch in der Schweiz	940	170

Quelle: Aussenhandelsstatistik 2000, Hager 2000, Eigenerhebung

Die Zahlen wurden folgendermassen berechnet:

Nach Auskunft von Herrn Hager wurden 940 Tonnen NP importiert, wovon 800 Tonnen (85%) für die Ethoxylierung verwendet wurden und die restlichen 140 Tonnen (15%) als Zwischenprodukt. Gemäss Aussenhandelsstatistik wurden 1840 Tonnen NP/OP importiert, was bedeutet, dass OP hiervon 900 Tonnen ausmachten ($1840\text{t OP/NP} - 940\text{t NP} = 900\text{t OP}$). Gemäss Angaben des Herstellers von OP wurden 2200 Tonnen OP in der Schweiz verkauft, wovon aber nur 80 Tonnen in der Schweiz verblieben (Käufer: Firmen der Chemischen Industrie) und 2120 Tonnen exportiert wurden. Diese Zahlen decken sich nicht ganz mit den Exportzahlen. Laut Aussenhandelsstatistik wurden nur 2030 Tonnen OP/NP exportiert – demnach müssen also zusätzliche 90 Tonnen OP in der Schweiz verblieben sein, was einen Schweizer Gesamtverbrauch von 170 Tonnen OP ergibt ($2030\text{t} - \text{OP/NP} - 2200\text{tOP} = -170\text{t}$).

5.4.1.1.2 Nonylphenolethoxylate (NPEO)

NPEO werden in der Aussenhandelsstatistik als nichtionische Tenside (Tarifnummer: 3402.1390) aufgeführt. Da nicht ersichtlich ist, welche Tenside NPEO-haltig sind und welche nicht, konnte die Aussenhandelsstatistik zur Berechnung der Importe und Exporte von NPEO nicht beigezogen werden.

In der Schweiz existieren 2 Hersteller von Nonylphenoethoxylaten:

Tab.10: Hersteller 1, Produktionsdaten 1999

	Tonnen Nonylphenol	Nonylphenoethoxylate	
		in Tonnen	in Prozent
Verbrauch	140		
Produktion		467	100
Verkauf ins Ausland		397	85
Verkauf in die Schweiz		70	15

Quelle: Eigenerhebungen

Hersteller 1 geht von einem durchschnittlichen Ethoxylierungsgrad von 30% aus. Die in die Schweiz verkauften NPEO gehen fast ausschliesslich in die Metallreinigung.

Tab.11: Hersteller 2, Produktionsdaten 1999

	Tonnen Nonylphenol	Tonnen Nonylphenoethoxylate
Verbrauch	Keine Angabe	
Produktion		Keine Angabe
Verkauf ins Ausland		Keine Angabe
Verkauf in die Schweiz		250

Quelle: Eigenerhebungen

Hersteller 2 erwähnt, dass der durchschnittliche Konzentrationsgrad von NP in NPEO in Europa etwa ein Drittel betrage. Die in die Schweiz verkauften NPEO gehen hauptsächlich in die Farben- und Lackindustrie, in die Emulsionspolymerisation und in die Agrarindustrie. Ein Teil gelange auch in die industrielle Reinigung und in den Parfumbereich (NPEO würden dort als Lösungsvermittler eingesetzt).

Tab. 12: Produktion und Aussenhandel von NPEO in der Schweiz 1999

	Nonylphenoethoxylate in Tonnen
Produktion (aus 800 Tonnen NP)	2400
Export	2080
Import	780
Verbrauch in der Schweiz	1100

Quelle: Hager 2000, Eigenerhebung

Bemerkung: es wird von einem durchschnittlichen Ethoxylierungsgrad von 33.3% ausgegangen.

Die Zahlen wurden folgendermassen berechnet:

Aus 800 Tonnen NP wurden 2400 Tonnen NPEO hergestellt (Ethoxylierungsgrad: 33.3%). Von diesen 2400 Tonnen wurden nach Angaben der Hersteller (siehe oben) insgesamt 320 Tonnen NPEO in die Schweiz verkauft, der Rest, also 2080 Tonnen NPEO, exportiert (2400t – 320t = 2080t). Der inländische Gesamtverbrauch an NPEO betrug 1100 Tonnen (Hager 2000), was ein Importvolumen von 780 Tonnen NPEO ergibt (1100t – 320t = 780t).

Es muss davon ausgegangen werden, dass etwa die Hälfte der in der Schweiz verkauften NPEO das Land wieder verlässt – entweder es wird in Form von Produkten oder aber direkt über Händler exportiert (Hager 2000). **550 Tonnen NPEO verbleiben demnach in der Schweiz** und werden hier verbraucht.

5.4.1.2 Nutzung

5.4.1.2.1 Nonylphenol (NP)

Der grösste Teil der NP wird in der Schweiz zur Herstellung von NPEO verwendet, nur gerade 15% werden direkt, d.h. als Zwischenprodukt genutzt.

Tab.13: Nutzung von Nonylphenol in der Schweiz 1999

Nutzung	Nonylphenol	
	in Tonnen	in Prozent
Herstellung von NPEO	800	85
Zwischenprodukt (für Klebstoffe, Kunststoffe, Schmieröl)	140	15
Total	940	100

Quelle: Hager 2000

Es muss davon ausgegangen werden, dass etwa die Hälfte der als Zwischenprodukt verkauften NP das Land wieder verlässt – entweder es wird in Form von Produkten oder aber direkt über Händler exportiert (Hager 2000). **70 Tonnen NP verbleiben demnach in der Schweiz** und werden hier verbraucht.

5.4.1.2.1.1 Klebstoffe

NP und NPEO wurden in Haft- und Klebemittel, Bindemittel und Zerstreuer vermutet. In den Telefonaten wurden **35 Tonnen NP** gefunden, davon etwa 34.5 Tonnen als Härter in Epoxylebern, 0.5 Tonnen als Reste in Epoxidharzen und 25 kg für standardisierte Reihenversuche. **0.5 Tonnen NPEO** wurden auch als Restvorkommen angegeben.

Mit deutschen Studien verglichen sollten sich in der Schweiz 25 t NP-Harze in Klebern (Leisewitz/Schwarz 1997: 122) befinden. Die Zahl liegt wahrscheinlich höher, weil sie vor allem aus den Angaben einer Firma mit effektiv 10,5 t NP und einem angegebenen Marktvolumen von 30% hochgeschätzt wurde. Restvorkommen sind jeweils explizite Angaben von Firmen. Es handelt sich bei der hier angegebenen Zahl von 35 Tonnen NP aber um den gleichen Grössenbereich wie in den Studien aus Deutschland. NPEO wird darin nicht erwähnt.

NP ist in der Schweizer Klebstoffbranche ein Begriff. Viele Firmen haben NP vor zwei Jahren noch produziert oder verwendet. Die meisten haben auf andere Produkte umgestellt, es bleiben NP-Vorkommen in einigen Epoxylebern. Gemäss mehreren Gesprächspartnern aus dieser Branche bemüht man sich, ganz davon wegzukommen.

5.4.1.2.1.2 Kunststoffe

In Additiven werden NP/EO als Verstärker bzw. Stabilisatoren vermutet.

In den Telephonaten wurden **je 0,5 Tonnen NP und NPEO** in Restvorkommen in flüssigen Injektionsmengen für Grundwasserrohr-Abdichtungsmassen gefunden.

In deutschen Studien wurden 23,7 Tonnen Tris(nonylphenyl)phosphit (Leisewitz/ Schwarz 1997: 115-119) als Costabilisator in PVC Rezepturen gefunden. Es gab seit dem allerdings viele Veränderungen in der Kunststofftechnologie.

Bis in die 90er Jahre wurden NP-Additive in vielen Firmen gebraucht, in einer Firma noch bis vor 6 Monaten. Aus lebensmittelrechtlichen Gründen werden die Substanzen nicht mehr verwendet. Zudem wird der Polymermarkt in der Schweiz zusehends kleiner und fast alle Rohstoffe für Kunststoffprodukte kommen aus dem Ausland. Oft wissen die Firmen die Zusammensetzung der verwendeten Rohmaterialien nicht, und Herstellerfirmen geben die Rezepturen nicht bekannt.

5.4.1.2.1.3 Schmieröle & Schmierstoffe

Für diese Branche wurden bei den Telephonaten **1.8 Tonnen NP** gefunden. Weitere Informationen zur Branchendiskussion siehe weiter unten bei NPEO.

Tab.14: Direkte Nutzung von Nonylphenol in der Schweiz für 1999.

Nutzung	NP in Tonnen
Klebstoff	35
Schmieröl	1.8
Kunststoff	0.5
Total	37.3

Quelle: Eigene Zahlen

Die recherchierten 37.3 Tonnen von NP als Zwischenprodukt sind bedeutend weniger als die von Hager (2000) angegebenen 70 Tonnen. Die Differenz lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Nutzer erfasst werden konnten und es den Angefragten oft an Kenntnis oder Auskunftsbereitschaft mangelte. In die Bilanzierung werden die 70 Tonnen eingehen.

5.4.1.2.2 Nonylphenoethoxylate (NPEO)

In der Schweiz wurde die Nutzung von NPEO in folgenden Anwendungen untersucht: Chemische Industrie, Textil- und Leder, Reinigungsmittel, Schmieröl, Flockungshilfsmittel, Pflanzenschutzmittel, Farben und Lacke, Veterinärmedizin, Kosmetik, Kunst- und Klebstoff, Papierhilfsmittel, Kautschuk und Elektrotechnik.

5.4.1.2.2.1 Emulsionspolymerisation

NPEO wird als Emulgator bei der Herstellung von Emulsionspolymerisaten verwendet. Diese Polymerisate können sehr vielfältig eingesetzt werden. Ein grosser Teil wird für Dispersionsfarben und -lacke genutzt. Sie dienen „als Emulgatoren und Dispergiermittel, die die Polymere (Bindemittel) und die unlöslichen Pigmente in Lösung zu bringen, insbesondere aber Polymerdispersionen lagerstabil zu halten haben.“ NPEO „fungieren in der Farben- und

Lackindustrie auch als Glanzgeber, Verlaufsmittel und ähnliche Zusätze, die zu einer optimalen Ausbildung des Lackfilms beitragen, indem sie ein Ausflocken von Partikeln bei der Filmbildung verhindern.“ (Leisewitz/Schwarz 1997: 131).

In der Papierbeschichtung werden die Polymerisate als Bindemittel verwendet. Ausserdem finden sie noch in den Anwendungsbereichen Textil / Teppichrücken, Klebstoffe, Bauchemie und anderen Verwendung (Leisewitz/Schwarz 1997: 131).

In der Schweiz sind laut Informationen von Fachleuten aus der Wirtschaft die NPEO zu einem grossen Teil durch Alkoholphenole substituiert worden. Als Gründe wurden die gesetzlichen Änderungen und das schlechte Image von NP angegeben. Zu Verbrauchsmengenangaben äusserten sich nicht viele der kontaktierten Firmen, sei es weil dies ein Geschäftsgeheimnis sei oder es einer grösseren Aktion gleichkomme, diese Daten zu beschaffen. Unter ihnen befand sich ein bedeutender Farben- und Lackhersteller, der einen grossen Marktanteil besitzt.

Angaben wurden dennoch gemacht, so dass eine Abschätzung möglich ist. Es wurde der Verbrauch von etwa 60 Tonnen NPEO 1999 in der Schweiz angegeben. Davon entfällt 48 t auf die Bauchemie und der Rest ist für Textilien, Harze und Klebstoffe bestimmt. Damit ist der Markt schätzungsweise zu etwa 25% abgedeckt. Das ergibt eine Verbrauchsmenge für das Jahr 1999 von 240 Tonnen, wovon nur etwa die Hälfte, also **120 Tonnen**, in der Schweiz verbleiben.

Tab. 15: Verbrauch von NPEO im Bereich Polymerisation in der Schweiz (in Tonnen)

	1999 ¹	1995 ²
Polymerisation	240	620
Davon in Farbe/Lacke		240
Papier		200
Textil		100
Klebstoff		50
Bauchemie		17.5
Sonstiges		12.5
Davon in Export	120	310
In der Schweiz verbleibend	120	310

Quelle: ¹eigene Zahlen

²Leisewitz/Schwarz (1997: 133): für die Schweiz umgerechnete Zahlen

Diese Verbrauchsmengenangaben sind grobe Schätzungen. Der Trend zeigt eindeutig in Richtung weiterer Substitution von NPEO. Einige Firmen gaben an, NPEO schon jetzt oder in wenigen Jahren vollständig ersetzt zu haben.

5.4.1.2.2.2 Textil- und Lederhilfsmittel

In der Textil- und Lederindustrie wird NPEO als Hilfsmittel und Additiv eingesetzt. NPEO wird hier als waschaktive Substanz, zudem aber auch als Hilfsstoff mit emulgierender beziehungsweise dispergierender Wirkung bei der Wollaufbereitung, in der Spinnerei und Weberei verwendet (Leisewitz/Schwarz 1997: 141).

NPEO-haltige **Lederhilfsmittel** werden hauptsächlich zur Entfettung der Häute eingesetzt (Leisewitz/Schwarz 1997: 141). In der Schweiz wird jedoch nur sehr wenig gegerbt und es existiert auch kein Zwischenproduktimport. Der Importanteil an Fertiglleder, welches nicht weiter behandelt werden muss, beläuft sich auf ca. 95%. Es darf deshalb davon ausgegangen werden, dass solche Verarbeitungsprozesse hierzulande ohne Bedeutung sind und vor allem in Lieferländern für Rohleder vonstatten gehen. Laut Informationen eines grossen Textil- und Lederhilfsmittelherstellers sind jedoch in der Lederindustrie hauptsächlich Dispergiermittel von Bedeutung. Über die Mengen der darin enthaltenen NPEO und auch OP konnte keine Auskunft gegeben werden. Laut einer schriftlichen Stellungnahme eines bedeutenden Lieferanten von Lederhilfsmittel für die Schweiz wurden in den vergangenen Jahren die in den Mitteln enthaltenen APEO's nach und nach ersetzt. Zur Zeit existieren noch ca. zwölf Produkte, welche APEO's meist in geringen Mengen (< 2%) enthalten, wobei auch hier in Zukunft ein Austausch stattfinden wird. Zur Frage, wie viele Tonnen NPEO dabei jährlich zur Herstellung verwendet werden, wurden auch hier keine Angaben gemacht.

Die Datenbeschaffung im Bereich der **Textilindustrie** erwies sich als besonders schwierig, da die Textilfirmen ihre Produkte häufig als Effektchemikalien einkaufen, so beispielsweise in Form von Entfettungsmittel oder Geschmeidigkeitsgeber. Dabei wissen sie nicht, dass NPEO in der Formulierung enthalten ist. Oft wurde argumentiert, die Firma sei darauf angewiesen, dass die von ihr eingesetzten Textil- oder Lederhilfsmittel den gesetzlichen Vorschriften entsprechen, und dass darum die Lieferanten diese einzuhalten und zu kontrollieren hätten. Nachdem sich die Datenerhebung über die Mitglieder des Textilverbandes Schweiz als wenig fruchtbar erwies, wendeten wir uns direkt an die Hersteller. Hier besteht die allgemeine Tendenz und das Bestreben, auf eine Formulierung mit NPEO in den Hilfsmitteln zu verzichten, zumal das Problem mit solchen Stoffen als bekannt gilt. Gemäss weiterer Auskunft einer grossen Textilveredlungsfirma wird bereits seit einigen Jahren auf den Einsatz von NPEO in den von ihr verwendeten Produkten verzichtet. Eine gefundene Anwendung von NPEO ist die in Spinnpräparationen, wo Spinn-, Antistatik- und Gleitmittel bei der Herstellung von technisch hochfestem Garn eingesetzt werden. 1998 wurden 28,2 Tonnen NPEO für die Spinnpräparation verwendet. 1999 waren es indessen nur noch 8,2 Tonnen, da die befragte Firma auf ein NPEO-freies Mittel umgestiegen ist.

Aufgrund mangelnder Informationen in der Textil- und Lederbranche muss hier auf den Vergleich mit Deutschland ausgewichen werden. In der Schweiz fanden demnach umgerechnet **90 Tonnen** NPEO in Textil- und Lederhilfsmittel Verwendung (Hager 1999). Diese Zahl ist bereits um die Import- und Exportmengen der Fertigprodukte bereinigt. Diese Angabe haben wir jener von Leisewitz/Schwarz (1997) vorgezogen, da sie aktueller ist und auf einer detaillierteren Erhebung der TEGEWA (Verband der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel-, Gerbstoff- und Waschrohstoff-Industrie Deutschland) von 1997 basiert.

5.4.1.2.2.3 Reinigungsmittel

NPEO werden in Reinigungsmitteln als Tenside gebraucht (Leisewitz/Schwarz 1997: 141). Für Textilwaschmittel ist der Gebrauch von APEO in der Schweiz seit 1986 verboten (Stoffverordnung 1999: Anhang 4). In der Folge ging der Verbrauch von NPEO für Reinigungsmittel drastisch zurück. Heute werden nach Auskünften von Vertretern der Branche NPEO nicht mehr für „Publikumsprodukte“ (Reinigungsmittel für den Haushalt) verwendet, sondern nur noch für die gewerbliche bzw. industrielle Reinigung (z.B. Reinigung von Oberflächen, Böden, Maschinen und Autos, Desinfektionsmittel, etc.) und die Metallreinigung.

a) Industrielle Reinigung

Nach Angaben des Verbandes der Schweizerischen Seifen- und Waschmittelindustrie SWI wurden 1999 noch 32 Tonnen NPEO gebraucht.

Tab.16: Verbrauch von Nonylphenoethoxylaten in Tonnen 1995-1999 für gewerbliche Produkte (Mitglieder SWI)

	1995	1996	1997	1998	1999
NPEO-Verbrauch in Tonnen	23	19	23	39	32

Quelle: SWI 2000

Die Mitglieder des Verbandes decken 95% des Schweizer Marktes an Reinigungsmitteln ab (SWI 2000). Das ergäbe bei einer Hochrechnung auf 100% also etwa 34 Tonnen Gesamtverbrauch an NPEO für industrielle Reinigung.

Die Telefonrecherche bei Firmen *ausserhalb* des Verbandes hat jedoch eine *zusätzliche* Verbrauchsmenge von 20 Tonnen NPEO ergeben.

Wie sollen diese Angaben interpretiert werden? Es bieten sich folgende Interpretationen an:

- 1) Die Mitglieder des Verbandes haben weitgehend auf den Gebrauch von NPEO verzichtet. Es handelt sich demnach vor allem noch um kleinere Firmen ausserhalb des Verbandes, die NPEO im grösseren Stil verwenden.
- 2) Nicht alle Mitglieder des Verbandes geben ihre Verbrauchszahlen an NPEO an.
- 3) Die Firmen wissen gar nicht, ob NPEO in ihren Produkten enthalten ist, da sie entweder Reinigungsmittel nur einkaufen und vertreiben oder aber für die Produktion ihrer Reinigungsmittel bereits hergestellte Halbfabrikate verwenden.

Äusserungen von Vertretern der Branche untermauern Interpretation 1). NPEO seien auf Verbandsebene „abgeschossen“ und würden deshalb kaum mehr gebraucht. Die grossen Firmen könnten sich den Gebrauch von NPEO nicht mehr erlauben, es seien sehr wahrscheinlich nur noch kleinere Betriebe, die sich den Umstieg von NPEO auf Fettalkoholethoxylate aus Kostengründen nicht leisten können. Jemand vermutete, NPEO werde nur noch verwendet von „kleineren Dilettanten im Markt, die Formulierungen machen, ohne zu wissen womit“. Tatsächlich erzählte ein Waschmaschinen-Hersteller, dass er seine Waschmittel aus Konzentraten zusammensetze, die er aus den USA beziehe und deren Zusammensetzung er nicht kenne. Die Vermutung liegt nahe, dass diese Konzentrate NPEO enthalten, da nach Auskunft von Fachleuten der Verbrauch von NPEO in den USA weniger verpönt ist.

Das Verbot von NPEO in Textilwaschmitteln sowie die freiwillige Vereinbarung der Europäischen Produzenten, den NPEO-Verbrauch zu reduzieren, haben Wirkung gezeigt – der Gebrauch von NPEO ist verpönt. Tatsächlich gab auch Grossteil der ausserhalb des Verbandes befragten Firmen an, NPEO nicht mehr zu verwenden (18 von 25 befragten Herstellern).

Aufgrund der Zahlen des Verbandes (32 Tonnen) sowie der recherchierten Mengen (20 Tonnen) wird der Schweizer NPEO-Verbrauch 1999 für **industrielle Reinigung** auf **60 Tonnen** geschätzt. Diese Menge übersteigt die umgerechneten Vergleichszahlen von Deutschland, die 50 (Hager 1999: 5) bzw. 10 Tonnen (Leisewitz/Schwarz 1997: 141) betragen.

b) Metallreinigung

NPEO werden in der Metallreinigung verwendet, zum Beispiel als Metallentfettungsmittel. 4 von 6 befragten Herstellern gaben an, NPEO zu benutzen. Einer verbrauchte nur wenige Kilos, ein anderer 35 Tonnen, wovon etwa 25 Tonnen in die Schweiz verkauft wurden. Die versprochenen Zahlen der anderen zwei Hersteller blieben aus. Die Tendenz ist nach Auskünften von Vertretern der Branche auch hier rückläufig. Der Schweizer Verbrauch wird aufgrund der recherchierten Mengen sowie aufgrund der Angaben von NPEO-Hersteller 1 (siehe Tabelle 10) auf **80 Tonnen** geschätzt.

Diese Zahl ist um Vielfaches höher als die umgerechneten Mengen der deutschen Zusammenstellung, die 10 Tonnen für Metallentfettungsmittel (Hager 1999: 8) angibt. Die Unterschiede in den Zahlen ergeben sich wahrscheinlich daraus, dass sich 1995 die deutschen Verbände zu einem freiwilligen Gebrauchsverzicht von NPEO in Industrie- und Metallreinigern bereit erklärt hatten (Leisewitz/Schwarz 1997: 141).

Tab.17: Verbrauch von NPEO in Reinigungsmitteln 1999

Anwendung	in Tonnen
Industrielle Reinigung	60
Metallreinigung	80
Total in Reinigungsmitteln	140

5.4.1.2.2.4 Schmieröle & Schmierstoffe

NP/EO wurde als Additiv in Schmierölen vermutet, als Alterungsinhibitor und zur Verhinderung von Metallfragment-Aggregation in Tanks sowie Reduktion des Wasserkontakts. Bei den Telefonaten wurde nach Auskunft des Verbandes Schweizerischer Schmierölimporteure und eines führenden Schweizer Schmierölherstellers **1.8 t NP** in phenolischen Antioxidans und **20 t NPEO** (Diese Zahl ist nicht in der industriellen Reinigung berücksichtigt) zur Pflege und Reinigung von Produktionsmaschinen hochgeschätzt. Die Zahl ist nicht sehr verlässlich, da die gefundenen Angaben von den Gesprächspartnern auch geschätzt waren.

Gemäss Umrechnung von Westeuropa-Verbrauchszahlen, sollten in Additiven 24 t NP (1995) gemäss Zahlen aus Deutschland sollten 60 t NPEO (1997) in Schmier- und Bohrölen verwendet werden (Hager 1999: 7f). Diese Zahlen sind wahrscheinlich nicht mehr mit der aktuellen Situation vergleichbar.

Als Additivbestandteil wird NP aufgrund des Giftgesetzes wahrscheinlich überhaupt nicht mehr gebraucht. Der grösste Schweizer Additivhersteller versicherte mir dies, sogar nach Rücksprache mit anderen europäischen Additivherstellern. Von NPEO als Reinigungsmittel wegzukommen, gibt man sich in der Branche die grösste Mühe.

5.4.1.2.2.5 Flockungshilfsmittel

Bei der Reinigung von industriellen und kommunalen Abwässern und der Schlammwässerung, bei der Aufbereitung von Trinkwasser und der Schwimmaufbereitung (Flotation) von Erzen, Kohlen, Salzen werden Flockungshilfsmittel (Sedimentationsbeschleuniger) eingesetzt, welche eine Zusammenballung von Feststoffpartikeln bewirken. Als Emulgatoren in Flockungshilfsmitteln werden u.a. APEO's eingesetzt (Leisewitz/Schwarz 1997: 142).

Gemäss Informationen des deutschen Umweltbundesamtes gibt es europaweit eine Selbstverpflichtung der Industrie, die in den Flockungshilfsmittel enthaltenen APEO's auf Null zu reduzieren. Bis Dezember 2001 soll laut einer Pressemitteilung des Bundesumweltministeriums ganz darauf verzichtet werden. 95% dieser Flockungshilfsmittel im EU-Raum werden von 10 Produzenten hergestellt. Der APEO-Anteil in den Mitteln beträgt ca. 2%, wobei davon mehr als 90% NPEO und nur ein kleiner Rest OPEO sind.

Die TEGEWA geht davon aus, dass in der Schweiz dieselben Produkte wie in der EU eingesetzt werden, da es hierzulande keine Produktion gibt. Gestützt auf die Daten von Hager (1999) lag in der Schweiz der Gesamtverbrauch an Flockungshilfsmitteln bei 1'100 Tonnen, was einem NPEO-Anteil von **20 Tonnen** entspricht.

5.4.1.2.2.6 Pflanzenschutzmittel

NPEO werden als Hilfsstoffe in Pflanzenschutzmitteln verwendet, und zwar als Emulgatoren bei der Herstellung von lagerstabilen Konzentraten für flüssige Spritzmittel (Leisewitz/Schwarz 1997: 133).

Der Verbrauch von NPEO für die Formulierung von Pestiziden ist nur schwer abzuschätzen, da die Zahl der Formulierungen sehr gross ist - in der Schweiz sind momentan etwa 1400 zugelassene Pflanzenschutzmittel im Handel (Verzeichnis 1999) - und die Formulierungen für einzelne Stoffe stark variieren können.

Die Tendenz besteht laut Informationen von Vertretern der Branche und des Bundes, die NPEO aus Pflanzenschutzmitteln herauszunehmen – für neue Formulierungen werden NPEO nicht mehr gebraucht. Da die NPEO-haltigen Emulsionskonzentrate (emulsifier per concentrates, e.c.) lösemittelhaltig sind, verstärkt sich wegen der Lenkungsabgabe des Bundes auf flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) die Tendenz zur Umformulierung der Rezepturen. Die Firmen steigen auf lösungsmittelfreie Suspensionskonzentrate um, die auch keine NPEO mehr enthalten (Müller 2000). Der Gebrauch von NPEO in Pestiziden ist in der Schweiz also stark rückläufig.

Für die Schweiz waren durchschnittliche Konzentrationswerte für NPEO in Pestiziden nicht erhältlich (Müller 2000). Eine Auswertung von deutschen Pflanzenschutzmittel-Rezepturen ergab für 1993 einen durchschnittlichen NPEO-Gehalt von 1.4% bezogen auf die Wirkstoffmenge. Berücksichtigt man den Rückgang der letzten Jahre, so kann mit einem NPEO-Anteil von etwa 1% gerechnet werden (Leisewitz/Schwarz 1997: 134).

Tab.18: Verbrauch an Pflanzenschutzmitteln und NPEO 1999 in der Schweiz

	Menge in Tonnen
Verbrauch Pflanzenschutzmittel in der Schweiz (Wirkstoffe)	1600
darunter flüssige Spritzmittel (90%)	1440
Verbrauch an NPEO in Pflanzenschutzmitteln (Gehalt: 1%)	14.4

Quelle: SGCI 2000, Leisewitz/Schwarz 1997

14.4 Tonnen NPEO in Pflanzenschutzmitteln entspricht der Hälfte der auf die Schweiz umgerechneten Mengen der deutschen Studien von 30 Tonnen (Hager 2000: 7, Leisewitz/Schwarz 1997: 134). Eine Erklärung für diesen Unterschied sehen wir darin, dass in der Schweiz der Alpen wegen verhältnismässig weniger Ackerbau betrieben wird als in Deutschland.

5.4.1.2.2.7 Farben und Lacke

Ausser in Dispersionsfarben und Lacken wird NPEO auch als Netzmittel beim Vermahlen von Pigmenten, als Glanzgeber und als Verlaufmittel in Farben und Lacken eingesetzt. (Leisewitz/Schwarz 1997:141f)

Viele Herstellerfirmen teilten mit, dass sie NPEO schon ersetzt oder sie nie verwendet hätten. Ein grosser Hersteller aus dem Ausland erwähnte, dass sie in einigen Jahren kein NPEO mehr benutzen wollten, über den gegenwärtigen Verbrauch wollte er sich nicht äussern. Der recherchierte Verbrauch beträgt knapp eine Tonne für das Jahr 1999.

In Anbetracht dessen, dass zwei grössere Hersteller keine Auskunft gaben und einige Fachleute meinten, NPEO seien in Farben und Lacken schon fast verbannt, kann der Gesamtverbrauch für die Schweiz auf etwa **5 Tonnen** geschätzt werden. Von Deutschland auf die Schweiz umgerechnete Zahlen betragen 20 Tonnen (Hager 1999: 5) für das Jahr 1997. Diese grosse Differenz könnte mit der fortschreitenden Substitution von NPEO erklärt werden. Nach der Aussage einer Fachperson vom Verband Schweizerischer Farben- und Lackfabrikanten wird NPEO in Farben und Lacken in einigen Jahren keine Rolle mehr spielen.

5.4.1.2.2.8 Veterinärmedizin

NPEO werden in der Veterinärmedizin vor allem in Zitzentauchmitteln für Kühe verwendet. Die Euterzitzen werden nach dem Melken zur Vorbeugung gegen Infektionen (Mastitis) in einen Becher mit einer Iod-haltigen Lösung getaucht. Die wirksame Substanz Iod ist der besseren Haftung wegen in NPEO-Verbindungen eingebaut. (Kaiser 1998: 162f)

Der Anteil der NPEO an der Gesamtlösung beträgt nach Auswertungen der Angaben im Tierarzneimittelkompendium (IKS 2000) 0.5-2.5% mit einem Mittelwert von 1.4%.

Tab.19: Inlandverbrauch an Zitzentauchmittel und NPEO-Gehalt 1999

	Menge in Tonnen
Absatz an Zitzentauchmitteln in der Schweiz	300
1.4%-Anteil an NPEO	4.2

Quelle: Hochrechnung aufgrund Befragungen der Hersteller und Vertreiber (1999)

Deutsche Studien gehen von einem Mittelwert von 2.8% NPEO-Anteil aus und berechnen einen Gesamtverbrauch von 50 Tonnen NPEO (Leisewitz/Schwarz 1997: 143). Für den Vergleich: Mit einem Konzentrationsgrad von 1.4% ergäbe das 24.5 Tonnen für Deutschland. Ausnahmsweise werden nicht 10% sondern 15% der deutschen Zahlen zum Vergleich herangezogen, da die Schweiz 15% der deutschen Anzahl an Kühen hat (Bauernverband 2000). Die so umgerechneten Zahlen aus Deutschland ergäben 3.7 Tonnen für die Schweiz, was leicht unter den berechneten 4.2 Tonnen der Schweiz liegt.

Die Tendenz zur Verwendung von NPEO-haltigen Zitzentauchmitteln ist rückläufig. So erklärte einer der Händler, dass er den Vertrag mit seinem bisherigen Lieferanten gekündigt habe, da dieser keine Angaben über den NPEO-Gehalt machen wollte. Er habe nun einen neuen Lieferanten, in dessen Produkte NPEO nicht mehr enthalten seien.

5.4.1.2.2.9 Kosmetika und medizinische Produkte

In der Kosmetikindustrie werden NPEO's von unterschiedlichen Kettenlängen als oberflächennegative Stoffe eingesetzt (DETR 1999: 6). Bei der für die Schweiz relevanten Verbindung handelt es sich vorwiegend um Nonoxynol-9 (NP9EO).

Laut Auskunft des WWF (WWF 2000) wurden in den durchgeführten Ökoteams die Kosmetikprodukte nicht auf ihren NPEO-Gehalt untersucht. Eigene Recherchen ergaben, dass in Rasierschaum, Präservativen, Haargel, Haarfärbemittel und deren Entwickler Nonoxynole verschiedener Kettenlängen immer noch eingesetzt werden. Was Rasierschaum, Haargel, Haarfärbemittel und Entwickler betrifft, können keine weiteren Angaben gemacht werden, da die betreffenden Grossverteiler aus unternehmenspolitischen Gründen die Herausgabe der Informationen verweigerten. Gemäss Herstellerangaben enthalten die Präservative, die mit einer Extrabeschichtung zur Schwangerschaftsbekämpfung versehen werden, 0,6 Gramm Nonoxynol-9. Von diesen werden jährlich eine Million Stück verkauft, was einen Gesamtverbrauch von ungefähr 600 Kilogramm NPEO entspricht. Der Hersteller dieses Produktes deckt dabei nahezu 100% des schweizerischen Marktes ab. Resultate einer neueren Studie aus Kanada weisen auf teilweise beträchtliche Konzentrationen von NPEO in Kosmetikartikeln hin. So machen NPEO's beispielsweise in Haarbleich- und Färbemittel, Shampoos und Spülungen zum Teil einen Gewichtsanteil von über 30% aus, in Augenmake-ups, Gesichtsreinigern und Feuchtigkeitscremen ca. 3 bis 10% (Environment Canada/Health Canada 2000: 108). Diese Angaben lassen sich jedoch nicht ohne weiteres auf Europa oder die Schweiz übertragen, da auch im Bereich Kosmetik der Einsatz von NPEO verpönt ist und sich der freiwillige Verzicht auf NPEO-haltige Produkte schon ziemlich stark durchgesetzt hat. Ganz anders verhält es sich in Nordamerika, wo die Verwendung von APEO's im Allgemeinen nicht als ein Problem betrachtet werden. Aufgrund dieses Sachverhaltes, kann ein Import NPEO-haltiger Kosmetikartikel aus Nordamerika nicht ausgeschlossen werden.

Auf Anfrage zehn mittelgrosser bis grosser Kosmetikhersteller, darunter auch Firmen, die teilweise im Ausland produzieren, ihre Artikel aber in die Schweiz verkaufen, darf mit ziemlicher Sicherheit davon ausgegangen werden, dass NPEO in den allermeisten Produkten nicht mehr enthalten ist. Bezüglich der erwähnten Produkten, die in der Schweiz vertrieben werden, kann lediglich spekuliert werden, weshalb diese noch NPEO's enthalten: Sie gehören entweder zu den alten Formulierungen, die noch nicht ersetzt wurden, oder es sind Importe aus den USA. Zwar wird eine Bewilligung für eingeführte Artikel benötigt, da Stoffe, welche in der „Verordnung über kosmetische Mittel“ (1998) auf der Verbotliste aufgeführt sind, nicht enthalten sein dürfen, doch werden in dieser Liste weder NP noch NPEO genannt. Die alleinige Vorschrift ist es, sämtliche Inhaltsstoffe auf der Packung nach der INCI- (International Nomenclature Cosmetic Ingredients) oder DCI- (Denomination of Cosmetical Ingredients) Nomenklatur aufzuführen.

Neben den Untersuchungen von Präservativen, die ebenso als Heilmittel registriert sind, wurden keine Erhebungen zu weiteren Medizinprodukten durchgeführt. Die von Leisewitz/Schwarz (1997) genannte Zahl von NPEO in Arzneimitteln beträgt etwa zehn Jahrestonnen. NPEO's werden dabei direkt als Wirkstoff oder als Hilfsmittel eingesetzt. Für die Schweiz würde die Verwendung von NPEO in medizinischen Produkten folglich auf rund eine Tonne geschätzt. Diese Schätzung scheint jedoch ziemlich ungenau, da alleine schon die eingesetzte Menge an NPEO in Kondomen sich auf 600 Kilogramm beläuft. Zusammen mit weiteren nicht erfassten NPEO-haltigen **Arznei- sowie (importierte) Kosmetikmitteln**, darf hier also von einem jährlichen Gesamtverbrauch von rund **zwei Tonnen** ausgegangen werden.

5.4.1.2.2.10 Kunststoffe und Klebstoffe

In diesen zwei Branchen zusammen wurde eine Tonne NPEO gefunden. Die Branchendiskussion befindet sich weiter oben unter NP.

5.4.1.2.2.11 Papier & Karton

NPEO wurden in Papierhilfsmitteln und v.a. in Antischäumungsmitteln (auch Entschäumer) und Bindemitteln, zudem als Reinigungsmittel für Papiermaschinen vermutet. Aus den Angaben von 4 Papierfabriken konnten zusammen 255 t Entschäumer berechnet werden. Effektiv würden nach Meinung eines Experten der Papierherstellung in der Schweiz deutlich mehr als 255 t Entschäumer eingesetzt. Wenn (geschätzt) 500 t Entschäumer verwendet würden, berechnen sich daraus **39 kg OP und 16.5 kg NP**.

Eine Kartonfirma gab an, 2500 t Bindemittel einzusetzen. Zu der genauen Zusammensetzung dieser Substanzen wurde bei keiner befragten Stelle Auskunft gegeben.

Verglichen mit deutschen Studien könnten sich im Papierrecycling 1.1 kg NP befinden und in Papierhilfsmitteln 6.4 t NPEO (Hager 1999: 26). Die Zahlen erscheinen recht realistisch, aber inzwischen wurden in der Schweiz sowie in Deutschland allgemein auf Maschinen umgestellt, die kein NP und NPEO mehr verwenden.

Die Papier- und Kartonindustrie fühlt sich stark dem Lebensmittelgesetz verpflichtet. NP/NPEO ist in der Branche bekannt, aber viele Fabriken sind inzwischen ISO-zertifiziert und so wurde NP in der Papierherstellung vor 2-5 Jahren aus dem Verkehr gezogen. Es kann aber sein, dass NPEO nach wie vor als Reinigungsmittel für Maschinen eingesetzt wird. Es wurde in dieser Branche oft auf Farben und Lacke verwiesen. Es wurde von einem Spezialisten zudem gesagt, die Industrie habe einfach von NP auf OP umgestellt als Reaktion auf die Forderungen von Gesetz und Umweltverbänden.

5.4.1.2.2.12 Gummi und Elastomere

NP und NPEO wurde als Vernetzungschemikalien für die Herstellung von Gummi vermutet. Bei den Telefonaten gaben alle Gesprächspartner an, sie brauchen die Substanzen nicht.

Als Vernetzungschemikalien würde die Schweiz umgerechnet 125 t NPE (Leisewitz/ Schwarz 1997: 122) verwenden.

Die befragten Firmen beziehen alle die Grundchemikalien aus dem Ausland und führen vor allem den Vulkanisierungsschritt durch. Es kam von den meisten befragten Geschäften die Aussage, NP sei „wahrscheinlich ein Exot“ und teuer.

5.4.1.2.2.13 Elektrotechnik

NP, NPEO und NPEC wurden in Ätzbädern und für den Farbdruck bei der Leiterplattenherstellung vermutet.

Mit einem der wichtigsten Schweizer Leiterplattenhersteller konnte ich seinen Epoxyharzverbrauch auf 85 Mio t berechnen. Die Gehälter an NP/EO konnten weder bei diesem, noch bei anderen Herstellern in Erfahrung gebracht werden.

Ausser der Information, NP werde als Härtner in Lacken verwendet, wurde auch in Deutschlandstudien zu dieser Branche nichts gefunden.

Allgemein gaben sich die Gesprächspartner dieser Branche Mühe bei den Befragungen möglichst brauchbare Informationen zu liefern. Ca. 1/3 der Befragten erwähnten NP/EO im Zusammenhang mit Epoxyharzen oder Reinigungsmitteln. Nur eine Firma sagte, sie brauche NPEO, die Menge war aber ein „Firmengeheimnis“. Der grosse Leiterplattenmarkt „sei in den

USA und Asien, er spiele hier in der Schweiz keine grosse Rolle mehr. Zudem sei dieser Markt sehr unübersichtlich.“

Tab. 20: Gesamtverbrauch von Nonylphenoethoxylat in der Schweiz (in Tonnen)

Branche	1999¹	1997²	1995³
Chemische Industrie total	120	200	300
davon Farbe / Lacke			120
Papier			100
Textil			50
Klebstoff			25
Bauchemie			9
Sonstiges			6
Textil / Leder	90	90	25
Reinigungsmittel total:	140	60	10
davon Industriereiniger	60	50	
Metallentfettung	80	10	
Schmieröl	20	60	
Flockungshilfsmittel	20	20	20
Agrarindustrie (Pflanzenschutzmittel)	14.4	30	30
Farbe / Lacke	5	10	16
Veterinärmedizin	4.2		3.75
Kosmetik / med. Produkte	2		1
Kunststoff / Klebstoff	1		
Total⁴	420	470	405

Quelle: ¹Eigene Zahlen

²Hager (1999)

³Leisewitz/Schwarz (1997)

⁴gerundetes Total

Die recherchierten **420 Tonnen** NPEO kommen den von Hager (2000) für den schweizerischen Verbrauch geschätzten 550 Tonnen nahe (siehe Kap. 5.4.1.1). In die Bilanz werden die 420 Tonnen eingehen.

5.4.2 Abwasserrelevanz der Anwendungen

5.4.2.1 Herstellung von NPEO

Bei der Herstellung von NPEO ist ein direkter Eintrag in die Umwelt nicht zu erwarten, da es sich bei der Produktion um ein geschlossenes System handelt. Indirekt kann jedoch ein Eintrag ins Abwasser via Spülwasser (Anlagenreinigung) erfolgen. Aufgrund fehlender Informationen wird der Eintrag ins Abwasser auf **5 Tonnen** geschätzt (entspricht einem Anteil von 0.2% der Produktionsmenge von 2400 Tonnen NPEO).

5.4.2.1.1 Klebstoffe

In der Klebstoffbranche scheint es keine abwasserrelevanten Anwendungen zu geben, weil die Klebstoffe hart werden und auch die Epoxyharze in feste Bestandteile (z.B. Leiterplatten) eingebaut werden. Solche Materialien landen zumeist auf Bauschutt Deponien oder in Verbrennungsanlagen.

5.4.2.1.2 Kunststoffe

In der Kunststoffbranche sind die Restvorkommen an NP und NPEO in Abdichtungsmassen von Grundwasserrohren abwasserrelevant, jedoch ist dies eine sehr kleine Menge, die so ins Wasser gespült werden kann.

5.4.2.1.3 Emulsionspolymerisation

Bei der Herstellung von Emulsionspolymerisate ist nicht mit einem grossen Eintrag in die Umwelt zu rechnen, da die Abfälle aus den Mischbehältern oft verbrannt oder eingedampft werden. Dagegen ist eine grössere Freisetzung von NPEO bei den Anwendungen zu erwarten. Vor allem Farben und Lacke werden beim Ausspülen von Pinseln und Behältern und durch Erosion abwassergängig. Auch bei der Herstellung von Papierbeschichtungen, Textilhilfsmittel und Klebstoff ist mit einem Eintrag in die Umwelt zu rechnen. Abschätzungen sind jedoch kaum möglich, da nähere Untersuchungen fehlen.

5.4.2.1.4 Textil- und Lederhilfsmittel

Das vordergründige Problem der Textilhilfsstoffe ist ihr indirekter Eintrag in die aquatische Umwelt. Sie gelangen über Rohtextilien in die Schweiz und werden während dem Veredelungsprozess, also beim Färben / Drucken, Auswaschen und Entschlichten ins Abwasser eingeführt. Auch die importierten Fertigtextilien aus Indien und der Türkei enthalten in ihren Fasern Restmengen von NPEO, welche dann bei der ersten Wäsche im Haushalt wieder abgegeben werden. Nach Hager (2000) gelangen durch den Rückstand in den Textilien mittels Privathaushaltwäsche pro Kilogramm Wäsche ein bis zwei Gramm NPEO ins Abwasser. Gesamthaft beläuft sich die auf diese Weise eingetragene Menge auf **50 bis 100 Tonnen** pro Jahr. Dieselbe Ansicht vertritt auch der WWF.

Bei der für die Textil- und Lederindustrie Schweiz geschätzten Zahl von 90 Tonnen wird davon ausgegangen, dass lediglich 4,5%, also rund vier Tonnen NPEO von Gewässerrelevanz sind. Die verbleibenden 86 Tonnen werden als kaum wassergängig eingestuft. Für die Schweiz zeichnet sich demnach folgendes Bild: Während der direkte Einsatz von NPEO-haltigen Textil- und Lederhilfsmitteln für die Gewässer kaum ins Gewicht fällt (**4 Tonnen**),

liegt deren indirekte Eintragsmenge, das heisst über importierte Roh- und Fertigtextilien um ein Vielfaches höher (50 – 100 Tonnen). Insgesamt wird mit **80 Tonnen** gerechnet.

5.4.2.1.5 Reinigungsmittel

Die **130 Tonnen** NPEO in Reinigungsmitteln (industrielle und Metallreinigung) sind abwasserrelevant.

5.4.2.1.6 Schmieröle und Schmierstoffe

In der Schmieröl- und Schmierstoffindustrie wird NPEO zur Reinigung und zum Schutz von Produktionsmaschinen noch eingesetzt. Die Substanz kann bei einigen Firmen ins Abwasser gelangen. Die Branche ist somit wahrscheinlich noch als abwasserrelevant anzusehen, stellt aber keinen Hotspot dar.

5.4.2.1.7 Flockungshilfsmittel

Gemäss den Daten von Hager (1999), ergeben sich bei einem NPEO-Anteil von 20 Tonnen in den Flockungshilfsmitteln auf die Schweiz umgerechnet ca. **11 Tonnen**, die als gewässerrelevant eingestuft werden.

5.4.2.1.8 Pflanzenschutzmittel

NPEO in Pflanzenschutzmitteln sind kaum abwasserrelevant. Sie werden auf der Pflanze durch Licht relativ gut abgebaut und die NP/NPEO werden von den Pflanzen nicht aufgenommen (Müller 2000). Hingegen erfolgt laut Informationen von der EAWAG bei der Reinigung der Spritzbehälter auf dem Hof ein Eintrag ins Abwasser (Holm 2000). Dieser Eintrag scheint jedoch bei einer Menge von 14 Tonnen NPEO in Pflanzenschutzmitteln vernachlässigbar.

5.4.2.1.9 Farben und Lacke

Während der Herstellung von Farben und Lacken sei die Freisetzung von NPEO in die Umwelt sehr gering, teilte uns ein Fachmann einer Herstellerfirma mit. NPEO kann jedoch auf dem Entsorgungsweg, zum Beispiel beim Auswaschen von Pinsel und Behältern oder in Deponien freigesetzt werden.

5.4.2.1.10 Veterinärmedizin

Von den aufgetragenen Zitzentauchmitteln tropft nach Ansicht von Experten über die Hälfte im Melkstand ab und gelangt so in die Kanalisation. Der grösste Restteil gelangt via Stall in die Gülle. (Kaiser 1998: 163)

Tab.21: Eintragswege von NPEO in Zitzentauchmittel

Eintragsweg	Anteil in Prozent	NPEO in Tonnen
Eintrag in Kanalisation (via Melkstand)	55	2.3
Eintrag in Gülle (via Stall)	40	1.7
Eintrag auf die Weide (direkter Bodenkontakt)	5	0.2
Total	100	4.2

Angaben zu Eintragswegen aus Kaiser 1998: 163

Es sind also **2.3 Tonnen** NPEO aus Zitzentauchmitteln abwasserrelevant.

5.4.2.1.11 Kosmetika und medizinische Produkte

Zur Abwasserrelevanz der Kosmetikindustrie sind von Hager (1999) keine Angaben gemacht worden. Leisewitz/Schwarz (1997) rechnen bei den medizinischen Mitteln mit einem Anteil von 60 % der Ausgangsmenge. Die für die Schweiz angenommene Menge an NPEO in medizinischen Produkten wurde mit Bezug auf Leisewitz/Schwarz auf eine Tonne geschätzt, was demnach einen jährlichen Eintrag von **600 Kilogramm** in die Gewässer entspricht.

Wie erwähnt, sind zu den Kosmetikartikeln keine Angaben verfügbar. Ausgehend von den vorhandenen Informationen können dennoch einige qualitative Einschätzungen gemacht werden. Es ist mit ziemlicher Sicherheit von einem NPEO-Eintrag auch über Kosmetikmittel in die aquatische Umwelt auszugehen. So ist die Verwendung, dass heisst das Ausspülen NPEO-haltigen Rasierschaums, Haargels, Haarfärbemittels und Entwicklern von direkter Abwasserrelevanz.

Anders verhält es sich bei den Präservativen. Die Problematik des Gebrauchs liegt nämlich weniger bei ihrer Abwassergängigkeit, da während dem Herstellungsprozess die Extrabeschichtung mit Nonoxynol-9 in Tropfenform erfolgt, so dass kein NPEO freigesetzt wird, und die Entsorgung meistens über die Kehrlichtverbrennungsanlage geschieht. Bedenken äusserten jedoch andere Hersteller von Kondomen bezüglich der möglichen krebserzeugenden Wirkung des Nonoxynols.

5.4.2.1.12 Papier & Karton

In der Papier & Karton-Industrie wird NP als abwasserrelevante Papierhilfsmittel in der Regel nicht mehr eingesetzt. Fraglich ist, wie gross der NPEO-Anteil in Entschäumern ist. Diese Branche war bis vor 5 Jahren bezüglich Abwasserrelevanz noch ein wichtiger Hotspot (Hager 1999: 8), heute aber nicht mehr, da viele Fabriken in der Schweiz aufgrund des Lebensmittelgesetzes und ISO-Zertifikaten die NP / NPEO Verwendung bei der Papier- und Kartonherstellung einstellen mussten.

5.4.2.1.13 Gummi- und Elastomere

In der Gummi- und Elastomerbranche sind allgemein keine abwasserrelevanten Verwendungen bekannt.

5.4.2.1.14 Elektrotechnik

In der Elektrobranche wurde kein abwasserrelevanter Einsatz der gesuchten Substanzen ausgemacht.

Tab. 22: Abwasserrelevante Anwendungen

	In Tonnen	In Prozent
Reinigungsmittel	140	58.6
Textil-/Lederhilfsmittel	80	33.4
Flockungshilfsmittel	11	4.6
Herstellung von NPEO	5	2.1
Veterinärmedizin	2.3	1.0
Kosmetika / med. Produkte	0.6	0.3
Total	238.9	100

Quelle: Eigenerhebungen

5.4.3 Abfallwirtschaft

Wir beschränken uns auf den Prozess Kläranlage, da diese den Haupteintrag an NP und NPEO in die Umwelt liefert.

In Emissionen von Kehrlichtverbrennungsanlagen konnte kein NP nachgewiesen werden. NP-haltige Produkte (z.B. Kunststoffe und Bauschutt) werden auch in Deponien entsorgt. NP kann dort herausgewaschen werden und somit in die Umwelt gelangen. Die Mengen, die über diesen Weg in die Umwelt freigesetzt werden, sind jedoch nicht quantifizierbar.

5.4.3.1 Abwasserreinigungsanlagen (ARA)

Die Abwässer in der Schweiz wurden von der EAWAG unter der Leitung von Prof. W. Giger nach NP und NPEO untersucht. Erstmals, als bekannt wurde, dass NP ein Problem für Fische sein könnte wurden in den 80er Jahren die Abwässer von verschiedenen Kläranlagen im Glatttal und um die Stadt Zürich nach diesen Stoffen analysiert. In den Jahren 1997/98 wurden diese Messungen wiederholt, um die Auswirkungen der gesetzlichen und freiwilligen Einschränkung des Gebrauchs von NP zu überprüfen.

Wenn das Abwasser in die ARA eintritt wird es zuerst mechanisch gereinigt, dann kommt es in das Vorklärbecken (VKB). Danach wird es chemisch und biologisch behandelt. Nach dieser Reinigung befindet sich das Wasser im Nachklärbecken (NKB), von wo aus es in den Vorfluter fliesst.

5.4.3.1.1 Eintrag von Nonylphenol in die Kläranlagen

Um berechnen zu können wieviel NP jährlich in die ARAs fliesst, müssen wir die NP-Konzentration des Abwassers vor der Reinigung und die Gesamtabwassermenge kennen. Letzteres wurde in BUWAL (1994) publiziert. Die NP- und NPEO-Konzentrationen konnte aus technischen Gründen nicht im unbehandelten Abwasser gemessen werden. Deshalb

wurden die Konzentrationen im VKB gemessen. Während der mechanischen Reinigung des Abwassers wird jedoch nur wenig NP abgebaut.

Tab.23: Konzentration von NP und NPEO in den VKB und hochgerechnete Mengen

	1983 - 85	1997
Messung im Vorklärbecken [$\mu\text{g/L}$]	1400 ¹	150 ²
Abwassermenge [10^{12} L/a]	1.75 ³	1.9 ⁴
Gesamtmenge NP in der Schweiz [t]	2520	285

Quelle:

¹Ahel et al. (1994a: 1133)

²Giger (1999)

³BUWAL (1994: 27)

⁴eigene Schätzung

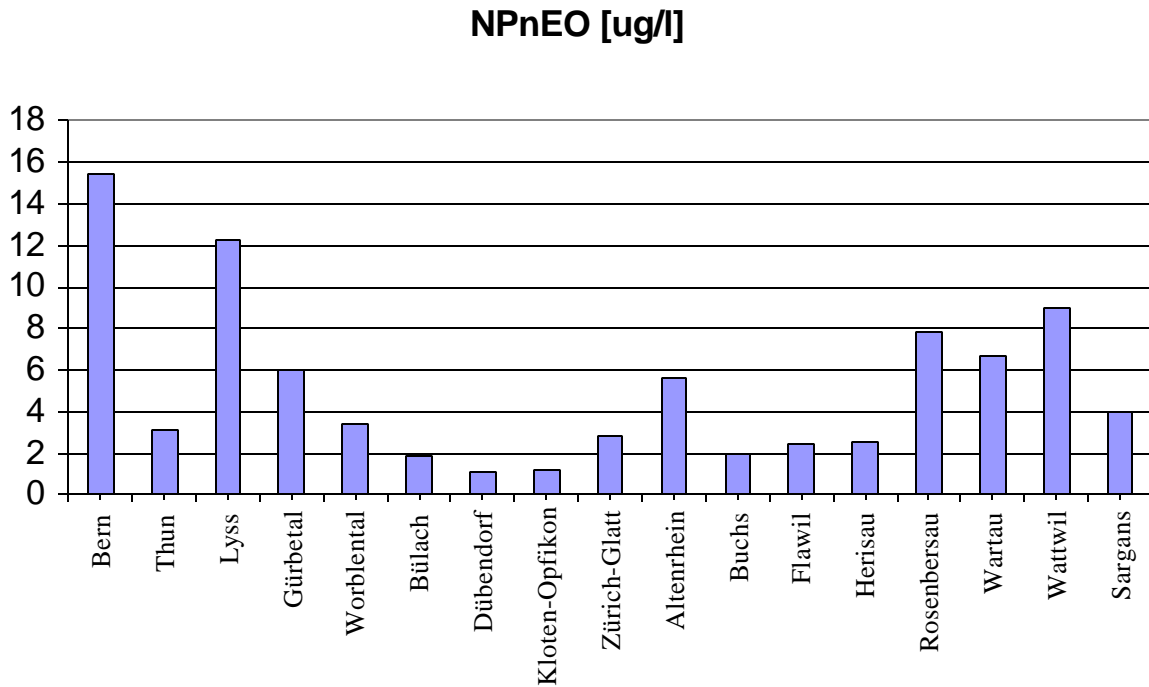
In der Tabelle 23 sind die Konzentrationen von NP und NPEO in den VKB und die daraus errechneten Stoffflüsse zusammengefasst. Die Konzentrationsangabe der Jahre 1983-85 ist ein Durchschnittswert aus Messungen an verschiedenen Kläranlagen im Kanton Zürich. Die Angabe des Jahres 1997 stammt aus den Messungen an der Kläranlage der Stadt Zürich. Darum sind die oben angegebenen Stoffflüsse nur als Abschätzungen zu behandeln. In die Bilanzierung werden die **285 Tonnen** einfließen.

5.4.3.1.2 Abfluss von NP aus den ARAs

Der Abfluss von NP aus den ARAs berechnet sich aus der Konzentration von NP im NKB und der Gesamtabwassermenge. Das Abwasser im NKB wird nicht mehr gereinigt bevor es in die Gewässer gelangt. Die dort gemessenen Konzentrationen von NP können problemlos für die Berechnung des Outputs des Prozesses ARA verwendet werden. NP wird jedoch nicht nur im Wasser aus den ARAs getragen, sondern auch im Klärschlamm. Es wird angenommen, dass das Verhältnis ‚Menge NP im Klärschlamm‘ zu ‚Menge NP im NKB‘ 0,5 sei. (Ahel et al. 1994a) Fig. 6 zeigt die gemessenen Konzentrationen in den verschiedenen ARAs.

In der Figur 6 fällt auf, dass einige ARAs sehr viel höhere Konzentrationen haben als andere. Dafür gibt es verschiedene Erklärungen: Die ARAs Bern und Lyss sind alt und deren Technik nicht mehr auf dem neuesten Stand. Sie werden demnächst renoviert. Die ARAs Rosenbergsau, Sargans, Wartau und Wattwil liegen in der Ostschweiz, wo die meisten Textilunternehmen situiert sind. Ob dabei aber ein direkter Zusammenhang besteht, müsste überprüft werden.

Fig.6: Konzentrationen an NPnEO aus Abläufen einiger ARAs in der Schweiz 1998/9



Quelle: Ahel et al. (1999), Sägesser (2000): angegebene Konzentrationen sind die Summen der gemessenen Konzentrationen für NP und NP1/2EO und NP3EO bei Bern, Thun, Lyss, Gürbetal und Worblental.

Die Tabelle 24 zeigt, dass die Belastung der Flüsse durch NP stark reduziert werden konnte. Einerseits ist dies der Einschränkung der Anwendungen von NP zu verdanken, andererseits auch der technischen Verbesserung der ARAs.

Die NP-Konzentration im VKB sowie im NKB sind starken saisonalen und örtlichen Schwankungen unterlegen.

Tab. 24: Die Abflussmenge pro Jahr:

Abläufe von Kläranlagen	Jahr	Konzentration [mg/L]		Gesamtabflussmenge in der Schweiz [10 ¹² L/a]	NP-Abflussmenge in Tonnen pro Jahr. Durchschnitt auf die ganze Schweiz hochgerechnet	
		Min	Max			
Im Kt. Zürich ¹	1983 – 85	5.1	261	1.75	233	
Im Kt. Zürich ¹	1990	3.3	73.7	1.8	69.3	
Im Kt. Zürich ¹	1997	0.5	3.8	1.9	4.1	9
In der Ostschweiz ¹	1997	< 0.3	13	1.9	12.6	
Im Kt. Bern ²	1997/98	0.59	22.8	1.9	10.3	

Quelle: ¹BUWAL (1999: 121)

²Sägesser (2000)

Bei einer Hochrechnung auf den ganzen **Stofffluss aus den ARAs** in der ganzen Schweiz erhält man für das Jahr 1997 etwa **9 Tonnen**. Der Stofffluss von NP im **Klärschlamm** kann auf etwa **4.5 Tonnen** geschätzt werden (Ahel et al. 1994a).

5.4.3.1.3 Verhalten von NP in Kläranlagen

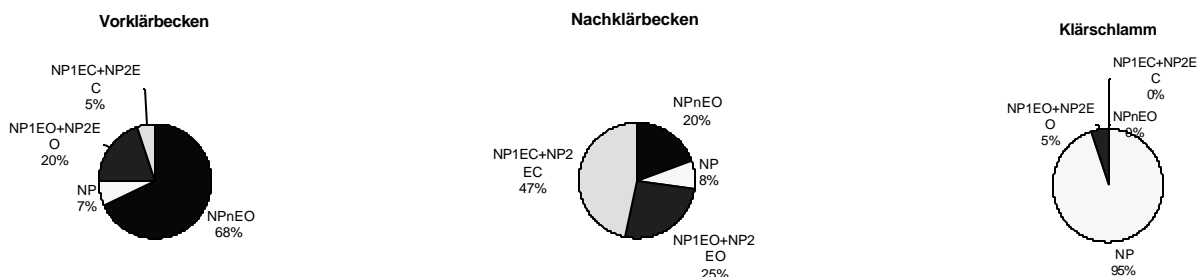
Das Verhalten von NP in ARAs wurde 1983 bis 1985 in 11 ARAs im Glatttal untersucht (Ahel et al. 1994a).

Kommerzielle Produkte, die NPEO enthalten, bestehen meist aus einem Gemisch von NPnEO (wobei n=3...20). Diese langkettigen Moleküle zerfallen relativ schnell zu kürzeren Ketten und schlussendlich zu NP. So enthält das unbehandelte Abwasser alle Ethoxilierungsgrade, der grösste Teil ist aber NP, NP1EO und NP2EO.

Während der mechanischen Reinigung gelangt ein Teil des NP in den Klärschlamm, weil es lipophil (fettliebend) ist. Im VKB findet sich etwa die gleiche Zusammensetzung von NPnEO wie im unbehandelten Abwasser, was die hohen Ethoxilierungsgrade angeht. Der Gehalt von NP, NP1EO und NP2EO ist reduziert. Ein Teil (etwa 3%, Ahel et al. 1994a) des NP wird zu Nonylphenol Carbonsäure (NPEC) umgewandelt.

Während der biologischen Reinigung des Abwassers wird am meisten NP und NPEO abgebaut. Hohe Ethoxilierungen (n>4) werden praktisch ganz abgebaut. NP, NP1EO und NP2EO werden bis zu 90% abgebaut und zu einem weiteren Teil zu NPEC umgewandelt. In Fig.7 sind die Zusammensetzungen der NP-Kompartimente während den verschiedenen Stufen zusammengefasst.

Fig. 7: Mittlere Zusammensetzung der NP-Kompartimente im Vorklärbecken, Nachklärbecken und im Klärschlamm (Ahel et al. 1994a)



5.4.4 Umwelt

5.4.4.1 Hydrosphäre

In der Schweiz wurden in den Jahren 1983-85 und 1997 einige Fliessgewässer auf NP, NPEO und NPEC untersucht. Dabei wurde vor allem die Glatt intensiv untersucht. Die Resultate der Untersuchungen (siehe Tab 23) zeigen, dass die Konzentration von NP und NPEO in den Schweizer Flüssen zwischen den Jahren 1984 und 1997 um bis zu einem Faktor 10 abgenommen haben. (BUWAL 1999: 116ff)

Tab. 25: Konzentrationen von NP/EO in Schweizer Gewässern

Gewässer	Jahr	Konzentration in mg/l	
		Min	Max
Glatt	1984	< 3,6	144
Glatt bei Zweidlen	1983 – 84	< 1,8	85
Glatt bei Glattfelden	1983 – 86	3,5	67
Sitter	1983 – 86	3,6	9
Glatt bei Zweidlen	1997	< 0,3	0,58
Thur bei Andelfingen	1997	< 0,16	0,67
Rhein bei Diepoldsau	1997	< 0,16	0,38
Rhein bei Rekingen	1997	< 0,16	0,39
Rhein bei Weil	1997	< 0,09	0,43

Quelle: BUWAL (1999: 118)

Eine Berechnung des Stoffflusses aufgrund dieser Datenlage ist jedoch nur sehr schwer möglich, da andere Parameter (z. Bsp. Wassermenge) nur unter grossem Aufwand oder gar nicht zu bestimmen sind.

5.4.4.2 Sedimentablagerung

„Aus Analysen von Sedimentprofilen aus Greifen-, Wohlen- und Bielersee kann folgende chronologische Entwicklung abgelesen werden: Sedimentablagerungen vor 1960 zeigen keine messbaren Konzentrationen von NP und NP1EO. In jüngeren Ablagerungen steigen die Konzentrationen an und erreichen im Greifensee Werten von bis zu 1.9 mg/kg TS (Trocken-substanz) für NP und bis zu 1 mg/kg für NP1EO. In Sedimenten des Wohlen- und Bielersees liegen die Werte tiefer. Die Gehalte nehmen in jüngeren Sedimentschichten stark ab. In den obersten Zentimetern liegen die Werte für NP im Greifensee bei ca. 0,2-0,4 mg/kg TS und für NP1EO bei ca. 0,1 mg/kg. Dies entspricht im Vergleich zu den erreichten Maximalwerten einer Reduktion um den Faktor 5 bis 10. Dieselbe Charakteristik findet sich auch in Sedimentprofilen des Wohlen- und Bielersees.,, (BUWAL 1999: 118f)

5.4.4.3 Biota in der Hydrosphäre

1984-85 wurde die Belastung von Algen, Fischen und Enten durch NP-Verbindungen im Bereich Glatt und des Chriesbachs untersucht. Dabei wurden hohe Werte für Algen (2 – 80 mg/kg TS NP+NPnEO (n=1,2)) und relativ geringe für Fische und Enten (0,2 – 5 mg/kg TS) ermittelt. Weiterführende Untersuchungen wurden jedoch noch keine gemacht (BUWAL 1999: 119).

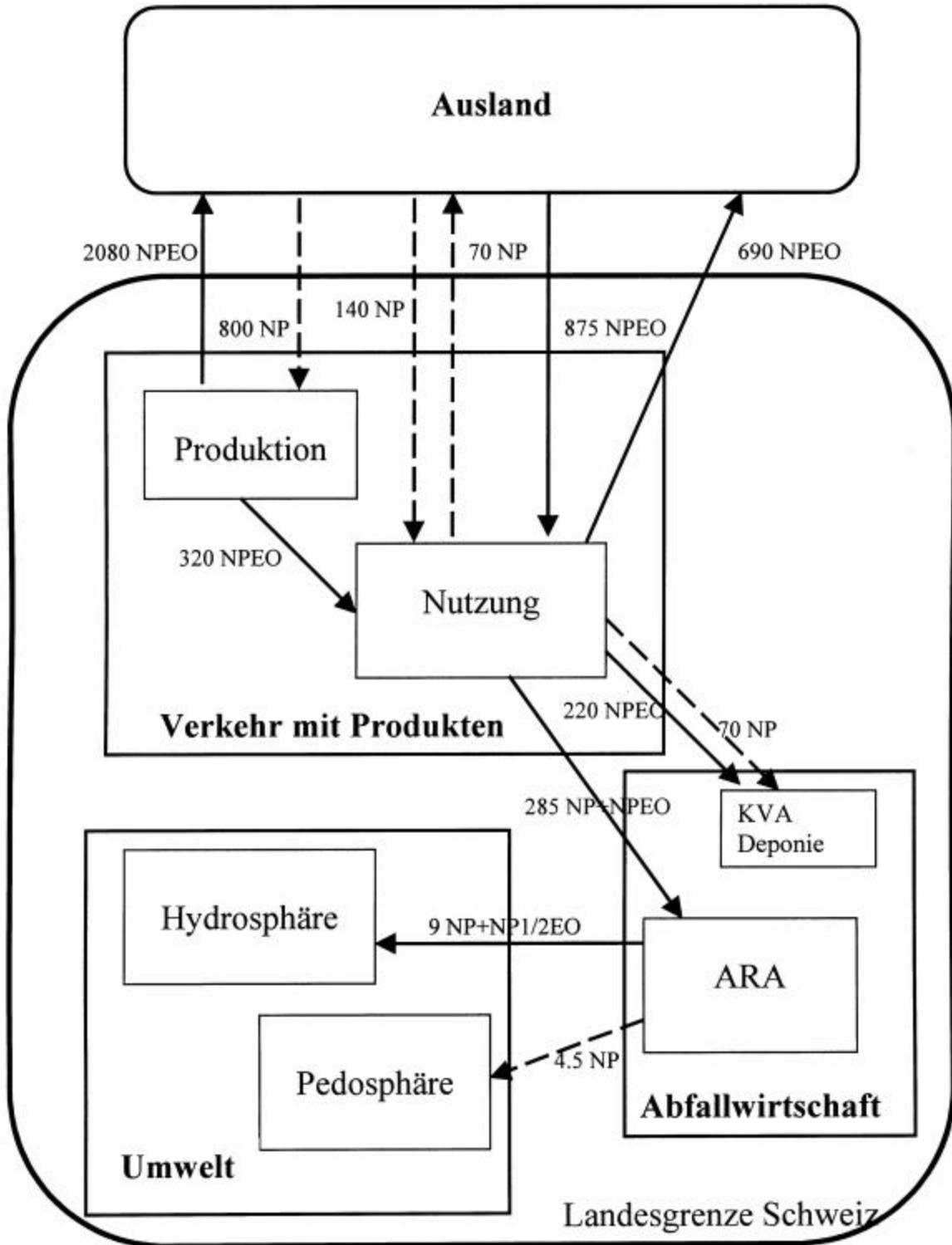
5.4.4.4 Pedosphäre

Über den Klärschlamm wird NP in den Boden getragen. Im Jahre 1999 gelangten so etwa 4,5 Tonnen NP in die Pedosphäre (siehe Kap. 5.4.3.). Über das Verhalten von NP im Boden ist noch wenig bekannt, so dass die Auswirkungen auf die Biosphäre nicht abgeschätzt werden können.

5.4.5 Graphische Darstellung der Resultate

Fig. 8: Graphische Darstellung der recherchierten Stoffflüsse von Nonylphenol und Nonylphenol-ethoxylat in der Schweiz 1999 (In Tonnen/Jahr).

- Stofffluss von NPEO
- - -> Stofffluss von NP



Die Stoffflüsse von NP (gestrichelte Linien) und NPEO (durchgezogene Linien) wurden in der gleichen Graphik dargestellt, da diese Substanzen beide miteinander verknüpft sind. Sie mussten jedoch als getrennte Flüsse behandelt werden, weil NPEO schwerer ist als NP und die Massenflüsse somit nicht direkt vereinigt werden können.

Im Prozess Produktion wird das importierte NP zu NPEO umgewandelt und dieses zu einem grossen Teil unverarbeitet wieder exportiert. Die restlichen 320 Tonnen verbleiben in der Schweiz und werden in der Industrie zur Herstellung von Produkten genutzt (Prozess Nutzung). 95 Tonnen des importierten NPEO ist in Produkten gebunden, vor allem in Roh-textilien und Flockungshilfsmitteln, 780 Tonnen gelangen in reiner Form in die Schweizer Industrie. Stoffflüsse aus dem Prozess Nutzung ins Ausland bedeuten, dass NP, resp. NPEO in Form von Produkten exportiert werden.

Die 285 Tonnen NP und NPEO, die von der Nutzung in die ARA fliessen, sind aus den Konzentrationen von NP und NPEO im Abwasser errechnet worden (siehe Kap. 5.4.3). Die gefundenen abwasserrelevanten Verbrauchsmengen betragen 239 Tonnen NPEO (siehe Kap. 5.4.2). Die beiden Zahlen können als Kontrollgrössen verwendet werden, da sie übereinstimmen sollten. Sie stimmen relativ gut miteinander überein. Die kleine Differenz kann damit erklärt werden, dass nicht alle abwasserrelevanten Anwendungen erfasst wurden.

Der Prozess KVA/Deponie wurde eingebracht, weil nicht alles NPEO ins Abwasser gelangt. Es wurde vernachlässigt, dass sich NP und NPEO im Prozess Nutzung akkumulieren könnten, da Produkte irgendwann in die Abfallwirtschaft gelangen. Die Stoffflüsse von der Nutzung zur KVA/Deponie wurde aus dem Überschuss des Prozesses Nutzung berechnet.

Aus der ARA fliessen 9 Tonnen NP/EO in die Gewässer und 5 Tonnen NP als Klärschlamm in den Boden.

5.5 Diskussion der Ergebnisse

5.5.1 Aussagekraft der Daten

Allgemein sind die verwendeten Daten mit Vorbehalt zu geniessen. In der konsultierten Literatur existieren oft verschiedene und widersprüchliche Aussagen, z.B. unterschiedliche Halbwertszeiten beim Abbau oder unterschiedliche kritische Toxizitätswerte, die je nach experimentellem Ansatz verschieden hoch eingeschätzt werden. Ausserdem wurden wenige Messungen in der Umwelt und in den ARAs vorgenommen. Die meisten Zahlen beruhen auf Hochrechnungen.

Aufgrund der globalisierten Wirtschaftsbeziehungen taucht das Problem von Dunkelziffern in den Stoffflussdaten auf. Stoffströme im System Schweiz sind schwierig zu erfassen. Ein Produkt passiert in der Regel mehrere Händler, Herkunft und Endnutzung der Produkte sind schwierig zu eruieren. Oft wird die Suche auch erschwert durch Fusionierungen von Firmen. Sich eine Übersicht zu verschaffen wird so immer aufwendiger und immer schwieriger.

Wir haben nebst dem Import und Export der Reinstoffe den Export von NP/EO in Produkten berücksichtigt und in die Bilanzierung der Stoffströme einbezogen. Dies war möglich, weil wir inländische Firmen befragt haben. Der Import von NP/EO in Produkten konnte hingegen nur ansatzweise explizit berücksichtigt werden, und zwar für den Import von NP/EO in Flockungshilfsmitteln und Roh-textilien. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die effektiv importierten und durch den Prozess Nutzung in die Umwelt eingetragenen Mengen an NP/EO grösser sind.

Bei der Datengewinnung im Kontakt mit Gesprächspartnern aus der Wirtschaft werden weitere Verzerrungen der Daten vermutet: Durch mangelnde Kenntnisse oder mangelnde Auskunftsbereitschaft („Betriebsgeheimnis“, „keine Zeit...“ usw.) der Ansprechpersonen sowie durch praktische Schwierigkeiten der Erreichbarkeit von Firmenchefs und stark engagierten Mitarbeitenden. Weitere Verzerrungen ergaben sich durch die Schwierigkeit der Relevanz-Abschätzung verschiedener Branchen und Märkte und durch den kurzen und ausserdem durch unser Studium begrenzten Zeitrahmen der Projektrealisationsphase von vier Monaten.

Die Daten blieben aufgrund der angesprochenen Schwierigkeiten unvollständig, weshalb Schätzungen nötig waren. Wir versuchten diese Schätzungen durch Gespräche mit Experten und Vergleiche mit deutschen Stoffflusszahlen so realistisch wie möglich vorzunehmen. Es ist anzunehmen, dass die recherchierten Daten für den Prozess Nutzung die effektiv genutzten Mengen unterschätzen (Import in Produkten nur ansatzweise berücksichtigt, nicht alle Anwendungen von NP/EO untersucht, Abschätzungen des Gesamtverbrauchs aufgrund der Befragung einzelner, und somit nicht aller auf dem Markt agierenden Firmen, mangelnde Auskunftsbereitschaft). Die Differenz zwischen dem von uns berechneten Output des Prozesses Nutzung ans Abwasser (239 Tonnen) sowie des im Abwasser gemessenen Inputs (285 Tonnen) erhärtet diese Annahme (vgl. Kap. 5.4.5)

5.5.2 Konzentration von NP in Gewässern und PNEC-Werte

Im Kap. 5.2.3 wurde der PNEC (Predicted No Effect Concentration) von NP mit 0,33 µg/L angegeben. 1984 betrug die gemessene Konzentration von NP in Schweizer Gewässern <3-144 µg/L (siehe Kap. 5.4.4: Umwelt), womit der PNEC praktisch überall permanent überschritten wurde. Im Jahre 1997 dagegen wurden noch Konzentrationen von <0,16-0,7 µg/L gemessen. Das heisst, obwohl die Konzentrationen von NP in den Gewässern deutlich gesunken sind, wird der PNEC-Wert an „Hot spots“ noch immer überschritten. Zu beachten ist, dass sich „Hot spots“ nicht nur örtlich (bei dichten Industriestandorten), sondern auch saisonal bedingt unterscheiden (siehe Kapitel 5.1: Stoffabbau). „Hot spots“ in der Nutzung von NP ist der Gebrauch als NPEO vor allem in den Anwendungen Reinigungsmittel und Textilhilfsmittel. Problematisch ist ausserdem die Verwendung von NPEO in Flockungshilfsmitteln. (siehe Kap. 5.4.2: Abwasserrelevanz).

5.5.3 Tendenz des Gebrauchs von NP und NPEO

Die Konzentrationen von NP in der Umwelt sind seit den 80er Jahren deutlich zurück gegangen. Die seit dem Schweizer Verbot 1986 von APEO in Textilwaschmitteln erfolgten Verbrauchseinschränkungen sind deutlich sichtbar bzw. messbar - die Werte von NP/EO in Abwasser, Klärschlamm und Fliessgewässern haben stark abgenommen und betragen heute noch etwa 10% der damaligen Werte (vgl. Kap. 5.4.3 und 5.4.4).

Auf europäischer Ebene wurde der Gebrauch von NP/EO zwar nicht verboten, aber NP befindet sich in der EU auf einer Liste von umweltgefährdenden Substanzen (DETR 1999: 1). Dieser Druck von Seiten der EU hat zu freiwilligen Verzichtserklärungen in verschiedenen Branchen geführt, vor allem für abwasserrelevante Anwendungen (z.B. Reinigungsmittel, Flockungshilfsmittel, vgl. Kap. 5.4.1.2).

Die Nutzung von NP und NPEO ist also in Europa und in der Schweiz verpönt. Ein weiterer Rückgang von in die Umwelt eingetragenen NP und NPEO ist für die Zukunft zu erwarten, da die Substitution in vielen Branchen noch im Gange ist (Äusserungen der Wirtschaftsvertreter in Kap. 5.4.1.2).

5.5.4 Methodendiskussion

Die von uns gewählte Methode der Stoffflussanalyse geht davon aus, dass die Konzentrationen des gefragten Stoffes in den Produkten und die Produktflüsse bekannt sind oder zumindest abgeschätzt werden können. Beim NP, resp. NPEO sind solche Konzentrationen jedoch grösstenteils nicht zu eruieren. Deshalb musste das Verfahren zur Berechnung der Stoffflüsse leicht angepasst werden, was einfach zu bewerkstelligen war, da die Methode flexibel ist. Die grössten Schwierigkeiten bei dieser Methode treten während der Datensuche auf. Die Fragestellungen für die Telefonate mussten jeweils den Branchen angepasst werden, wozu ein Hintergrundwissen von Vorteil gewesen wäre. Das Resultat hängt auch stark von der Zugänglichkeit der Daten ab.

5.5.5 Zielerreichung

Die Projektarbeit sollte gemäss Zielsetzung (vgl. Kap.2) einen Beitrag leisten zur Schliessung von Kenntnislücken bezüglich der Belastungssituation der Schweiz durch Nonylphenol.

Die Forschungsfrage nach den vom Menschen produzierten, genutzten und in der Umwelt vorhandenen Mengen der Substanz wurde mit vorliegender Forschungsarbeit annähernd beantwortet (für Zusammenfassung der Resultate siehe Kap. 5.4.5). Annähernd, da in der vorliegenden Studie Lücken vorhanden sind (so wurde im Prozess Umwelt die Atmosphäre und die Pedosphäre vernachlässigt, der Import in Produkten konnte nur ansatzweise berücksichtigt werden), und oben angesprochene Probleme bei der Datengewinnung Schätzungen, also Annäherungen, notwendig machten.

Was die Frage nach den toxischen und hormonellen Wirkungen von Nonylphenol und Nonylphenolethoxylaten betrifft, so sind diese Substanzen insbesondere gefährlich für Fische und Algen (vgl. Kap. 5.2). Sie sind in ihrem Lebensraum Wasser den Substanzen permanent ausgesetzt. Forschungsarbeiten, welche die Wirkungen von NP auf Organismen untersuchen, sind jedoch spärlich und angesichts des komplexen Untersuchungsgegenstandes unvollständig. Hier besteht Forschungsbedarf.

6 Fazit und Lösungsvorschläge

6.1 Fazit

Die Projektarbeit hat in erster Linie gezeigt, dass Massnahmen zur Verringerung der Belastungssituation durch umweltgefährdende Stoffe tatsächlich Früchte tragen, wie der markante Rückgang des Verbrauches sowie der Konzentration in der Umwelt von NP seit den 80er Jahren belegen. Es müssen ja nicht immer Verbote sein, auch wenn diese ökologisch am wirkungsvollsten sind. Lenkungsabgaben, aber auch schon die Aufnahme in Listen von umweltgefährlichen Stoffen (z.B. in der EU) oder „Drohungen“ für zukünftige Auflagen bewirken ein Umdenken auf Unternehmerseite. Die Unternehmen werden sensibilisiert, zukunftsgerichtete Unternehmen steigen aus bzw. um und es werden freiwillige Vereinbarungen der Industrieverbände mit Reduktionsverpflichtungen getroffen (dies sicherlich zur Verhinderung von „freiheitsbeschränkenden“ Totalverboten). Natürlich wird keine Massnahme, auch ein Verbot nicht, garantieren können, dass sich alle vollständig an die Regeln halten - Ausnahmefälle wird es immer geben.

Auch wenn Massnahmen zur Reduktion von umweltgefährdenden Stoffen wirken und der Stoff ersetzt wird, heisst dies noch lange nicht, dass die Probleme somit gelöst sind. So ist der Gebrauch von OP als einzige bekannte Alternative zu NP nicht gerade weniger bedenklich. Als Substitutionsprodukte von NPEO gelten vor allem Alkoholethoxylate, die je nach Kettenlänge aber gleich toxisch wirken können. Ihr Vorteil gegenüber NPEO liegt hingegen darin, dass sie schneller und vor allem vollständig abgebaut werden, also nicht wie NPEO zu toxischem und schwer abbaubaren NP degradieren (DETR 1999: 17ff).

Die Globalisierung der Wirtschaftsbeziehungen erschwert nicht nur das Erstellen einer Stoffflussanalyse für ein begrenztes System, sondern sie bewirkt auch eine Verlagerung und Verschleierung der Umweltprobleme. So wird in vielen Branchen die Produktion in Entwicklungsländer und Länder Osteuropas ausgelagert – nebst Tieflohnen und Steuerermässigungen bilden auch weniger strenge Umweltgesetze Anreize zur Produktionsauslagerung. Die ansässigen Unternehmen befreien sich damit von ihrer ökologischen Verantwortung - die Schweiz bleibt sauber, die Verschmutzung wurde ins Ausland verlagert. Ganz nach dem Motto: aus den Augen, aus dem Sinn. Nicht nur, dass diese Verlagerung der Produktion bzw. der Verschmutzung moralisch störend ist – die Rechnung geht ganz einfach nicht auf. Teile der umweltgefährdenden Stoffe werden wieder in Produkten importiert (Bsp: Import von NPEO in Rohtextilien). Ganz nach dem Motto: aus den Augen, aus dem Sinn, aber trotzdem drin.

Als Massnahmen gegen hormonaktive Substanzen sind nebst der Bekämpfung der Quelle (durch oben erwähnte umweltpolitische Massnahmen wie z.B. Gesetzgebung, Lenkungsabgaben, „Drohungen“ für zukünftige Auflagen, freiwillige Vereinbarungen der Industrie) auch Massnahmen zur Verbesserungen der Abwasserreinigungsanlagen zu ergreifen. Beispiele von solchen Massnahmen sind: gezielte Regulierung des eingeleiteten Abwassers, Ausbau überlasteter Anlagen und Einführung neuer Techniken, die hormonaktive Verbindungen eliminieren können. (Fent/Suter in: www.kommunalmagazin.ch)

Dass nicht nur Massnahmen zur Bekämpfung der Quelle, sondern auch Massnahmen zur Verbesserung der Abwasserreinigungsanlagen notwendig sind, leuchtet unmittelbar ein. So

hat die Projektarbeit unter anderem gezeigt, dass ein nicht unbedeutender Eintrag von NPEO ins Abwasser gerade durch den Gebrauch von NPEO-haltigen Flockungshilfsmitteln in der Abwasserreinigung erfolgt!

6.2 Lösungsvorschläge

1) Einschränkung des Gebrauchs von NPEO

Um zu verhindern, dass die PNEC-Werte lokal weiterhin überschritten werden, könnte sich eine weitere Einschränkung des NP-Gebrauchs als sinnvoll erweisen. Zu beachten ist jedoch, dass ein Totalverbot keinen Sinn macht – es sind nur die abwasserrelevanten Anwendungen zu beschränken (hier vor allem die Verwendung von NPEO in Reinigungsmitteln).

2) Entwicklung der Abwasserreinigungsanlagen

Die Belastung der Abwasser mit hormonaktiven Stoffen stellt ein Phänomen dar, das erst in neuerer Zeit entdeckt wurde. Die Klärprozesse in den ARAs sind nicht auf die Elimination solcher Verbindungen ausgerichtet. Hier besteht ein grosser Forschungs- und Investitionsbedarf.

3) Kontrolle durch regelmässige Messungen

Um besser über Belastungssituation und zukünftige Entwicklungen informiert zu sein, sollten regelmässige Messungen der Konzentrationen in der Umwelt von NP/EO und anderen Xenobiotika institutionalisiert werden.

Auch sollten diesbezüglich Messungen der Konzentrationen im Boden erfolgen. Für NP/EO sind nämlich keine Daten zu Konzentration im Boden vorhanden – auch wenn die Substanzen im Boden noch langsamer abgebaut werden als im Wasser.

4) Weitere Forschungen

Die Projektarbeit hat die Frage nach der Belastungssituation von NP in der Schweiz beantwortet. NP ist jedoch nur einer von vielen endokrin wirksamen Stoffen, die oft gleichzeitig als „Schadstoffcocktail“ auf Organismen einwirken. Bezüglich Ausmass und Vorkommen von anderen der unzähligen hormonaktiven Stoffen besteht jedoch weiterhin ein grosser Forschungsbedarf. Dies gilt auch bezüglich der Erforschung der physiologischen und hormonellen Wirkungen auf Tiere und vor allem auf den Menschen

5) Aufklärung der Bevölkerung

Eine Kampagne könnte die Bevölkerung über die Belastung der Umwelt durch hormonaktive Substanzen sensibilisieren und nebst politischem Druck auf die Produzenten auch zu Druck von Seiten der KonsumentInnen führen. In diesem Zusammenhang scheint uns wichtig, dass nebst Informationen zur Problematik auch Informationen zu Handlungsmöglichkeiten der KonsumentInnen aufgezeigt werden (z.B. Verzicht auf Anti-Baby-Pille, Listen mit Alternativprodukten, die keine hormonaktive Substanzen enthalten, etc.).

7 Literaturverzeichnis

Ahel, M., Conad, T., Giger, W. (1987): Persistent Organic Chemicals in Sewage Effluents. 3. Determinations of Nonylphenoxy Carboxylic Acids by High-Resolution Gas Chromatography/Mass Spectrometry and High-Performance Liquid Chromatography. In: *Environmental Science & Technology* 21, S. 697-703.

Ahel, M. et al (1994): Photochemical Degradation of Nonylphenol and Nonylphenol Polyethoxylates in Natural Waters. In: *Chemosphere* 28, S.1361-1368.

Ahel, M./Giger, W./Koch, M. (1994a): Behavior of Alkylphenol Polyethoxylate Surfactans in the Aquatic Environment – I. Occurrence and Transformation in Sewage Treatment. In: *Water Research* 28, S. 1131-1142.

Ahel, M., Giger, W., Schaffner, C. (1994b): Behavior of Alkylphenol Polyethoxylate Surfactans in the Aquatic Environment – II. Occurrence and Transformation in Rivers. In: *Water Research* 28, S. 1143-1152.

Ahel, M., Giger, W., Molnar-Kubica, E., Ibric, S. (1999): Estrogenic Metabolites of Alkylphenol Polyethoxylates in Secondary Sewage Effluents and Rivers. Submitted to: *Water Science Technology* 1999.

Aussenhandelsstatistik (2000): schriftliche Auskunft von Hr. Bürgi von der Eidgenössischen Zollverwaltung, Bern über Aussenhandel von Octylphenol, Nonylphenol (Tarifnummer 2907.1300) vom Januar bis Dezember 1999.

Bauernverband (2000): Schweizerischer Bauernverband, persönliche Mitteilung von Hr. Schmid vom 31.5.2000 bezüglich Anzahl Kühe in der Schweiz und in Deutschland. Brugg.

Burkhart-Holm und Studer (2000): Hormonaktive Stoffe im Abwasser. In: *Gas, Wasser, Abwasser* 7.

BUWAL (1994): *Daten zum Gewässerschutz in der Schweiz*. Umwelt-Materialien Nr. 22. Bern

BUWAL (1996): *Stoffflussanalyse Schweiz. Anleitung*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 251. Bern

BUWAL (1999): *Stoffe mit endokriner Wirkung in der Umwelt*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 308. Bern

Candinas, T., Bieri, E. (1999): *Beobachtung des Stoffwechsels der Anthroposphäre im Einzugsgebiet ausgewählter Abwasserreinigungsanlagen (SEA)*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau; Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft IUL. Bern

DETR (1999): *Nonylphenol Risk Reduction Strategy*. Final Report for the Department of the Environment, Transport and the Regions DETR. London.

Fent, K. (1998): *Ökotoxikologie*. Stuttgart: Thieme.

Fent, K. (1999): *Wirkung hormonaktiver Stoffe auf Fische und andere Tiere*. Aus: Presseunterlagen zur Pressekonferenz „Hormone im Wasser: Was bewirken sie bei Mensch und Tier?“ des BUWAL vom 7.4.1999.

Giger, W. (1999): Chemikalien aus Wasch- und Reinigungsmitteln in Schweizer Flüssen. In: *EAWAG News*: 1/1999.

Giger, W. (2000): persönliche Mitteilung von Prof. W. Giger vom 26.5.2000. Dübendorf.

Hager, Claus-Dierk (1999): *Nonylphenol und Derivate. Situation EU und Deutschland*. Präsentation von Dr. C.-D. Hager beim BMU / UBA, Bonn, 15.09.1999.

Hager, Claus-Dierk (1999a): *Nonylphenol Ethoxylates. Uses and voluntary Agreements*. OECD Experts Meeting, Geneva, 8.-10.11.1999.

Hager (2000): persönliche Mitteilungen von Herrn Hager vom 19.4., 18.5., 25.5.2000 bezüglich Import und Verbrauch von NP/NPEO.

Holm (2000): persönliche Mitteilung von Patricia Holm vom 26.7.2000.

IKS (2000): Interkantonale Kontrollstelle für Heilmittel, persönliche Mitteilung vom 20.6.2000 bezüglich Konzentrationen von NPEO in den registrierten Zitzentauchmittel.

Kaiser, T. et al (1998): *Einträge von Stoffen in Böden – eine Abschätzung des Gefährdungspotentials*. Berlin: Logos-Verlag.

Leisewitz/Schwarz (1997): *Stoffströme wichtiger endokrin wirksamer Industriechemikalien (Bisphenol A; Dibuthylphthalat/Benzylbutylphthalat; Nonylphenol/Alkylphenoethoxylate)*. Forschungsbericht im Auftrag des Deutschen Umweltbundesamtes.

Müller (2000): Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil, persönliche Mitteilungen von Herr Müller vom 9.5. und 8.6.2000 bezüglich NPEO in Pflanzenschutzmitteln und Abbaubarkeit

OECD (1997): SIDS Initial Assessment Report. *Phenol, 4-nonyl, branched Nonylphenol*. Draft. OECD Secretariat.

OECD (1999): *Risk Assessment of 4-Nonylphenol (Branched) and Nonylphenol*. Draft. OECD Secretariat.

Römpp (1998): *CD-Chemie Lexikon* Version 1.0. Stuttgart / New York: Thieme.

Sägesser (2000): Biomonitoring Projekt. Gewässer- und Bodenschutzlabor, Kanton Bern. Persönliche Mitteilung vom 9.5.2000.

SGCI (2000): Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie, persönliche Mitteilung von Hr. Vesel vom 7.6.2000 bezüglich Inlandverbrauch an Pflanzenschutzmitteln.

Sharpe, R, et. al (1995): Gestational and lactational exposure of rats to xenoestrogens results in reduced testicular size and sperm production. *Environ. Health Perspect*, S. 1136-1143.

Stoffverordnung (1999): *Verordnung über umweltgefährdende Stoffe vom 9. Juni 1986*. Bern: Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale.

SWI (2000): Verband der Schweizerischen Seifen- und Waschmittelindustrie, Zürich persönliche Mitteilungen von Hr. Gehri vom 5.4., 26.5., 11.7.2000 bezüglich Verbrauch an NPEO und Marktabdeckung

Umweltschutzgesetz (1999): *Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983*. Bern: Eidgenössische Druck- und Materialzentrale.

Verordnung (1998): *Verordnung über kosmetische Mittel vom 26. Juni 1995*. Bern: Eidgenössische Druck- und Materialzentrale

Verzeichnis (1999): *Verzeichnis der Pflanzenbehandlungsmittel*. Bern: Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale.

Müller (2000): Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, persönliche Mitteilungen von Hr. Müller vom 9.5., 8.6.2000 bezüglich NPEO in Pflanzenschutzmitteln und Abbaubarkeit

Warhurst, PhD/Michel, A. (1994): An Environmental Assessment of Alkylphenol Ethoxylates and Alkylphenols. In: *Friends of the Earth Scotland*, 1995.

Wettstein, Felix E. (2000): *Alkylphenoxyethoxysäuren: Auftreten und Effektbeurteilung in Abwasser und Flüssen*. Forschungsplan für die Dissertation unter der Leitung von W. Giger. EAWAG, Dübendorf.

WWF (2000): World Wildlife Found, persönliche Mitteilung von Hr. Meier vom 19.4.2000 bezüglich Ökoteits von Kosmetikprodukten.

Internet:

Environment Canada/Health Canada (2000): Priority Substances List, Assessment Report, NONYLPHENOL AND ITS ETHOXYLATES (Draft for Public Comments). http://www.ec.gc.ca/cceb1/eng/public/npe_e.html

www.fischnetz.ch

www.chemfinder.com

Fent/Suter in: www.kommunalmagazin.ch/archiv/hormon.htm

Anhang 1: Synonymliste

Synonymlisten und weitere Angaben über NP, OP und NPEO.

Erläuterungen:

MW	Molecular weight in gramm per mol
CAS RN	see CAS Registry Number
CAS Registry Number	A unique accession number assigned by the Chemical Abstracts Service, a division of the American Chemical Society. Other than being guaranteed unique to a given compound, this number has no particular meaning. CAS Registry Numbers are assigned to every uniquely-identifiable substance, so 'cis-2-hexene', 'trans-2-hexene', and '2-hexene' (a mixture with unspecified cis/trans composition) are all assigned separate CAS Numbers.
ACX Number	The ACX Number is a unique identifier and registry number for substances in ChemACX, ChemFinder.Com, and submitted via Open Chemistry. ACX Numbers can also be extended to point to physical material, and may contain information relating to the vendor, quality, and package size. ChemFinder. Com displays the substance portion of the ACX Number, which is an abstract representation of the physical substance.

Nonylphenol (NP) [CAS RN: 25154-52-3]

Synonyms: C₁₅H₂₄O, nonylphenol, mixed isomers;

ACX-Number: X1003266-1

MW = 220,354 g/mol

Boiling Point: 293-297 °C

Zollnummer: 2907.13(00)

octyl phenol [CAS RN: 27193-28-8]

Synonyms: C₁₄H₂₂O, (Tetramethylbutyl)phenol; OP; (1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol;

MW = 206.3272 g/mol

ACX-Number: X1009539-3

Zollnummer: 2907.13(00)

Tergitol NP-33 [CAS RN: 9016-45-9] (=NPethoxylat = nonoxinol)

Synonyms: Polyethylene Mono(nonylphenyl)ether Glycols; Polyoxyethylene (9) Nonylphenyl Ether; nonyl phenol ethoxylate; nonylphenyl polyethyleneglycol ether, nonionic; polyethylene glycol 450 nonyl phenyl ether, nonionic surfactant; Tergitol TP-9; polyethylene glycol 450 nonyl phenyl ether; Ethoxylated nonylphenol; antarox; antarox bl-344; alpha(nonylphenyl)-omega-hydroxypoly(oxy-1,2-ethanediyl); polyethylene glycols mono(nonylphenyl)ether; macrogol nonylphenyl ether; nonoxinol; polyoxyethylene(n)-nonylphenyl ether; nonylphenoxypolyethoxyethanol; nonylphenyl polyethylene glycol ether; nonoxynol; conco ni; dowfax 9n; igepal co; Makon; neutronyx 600's; nonipol no; polytergent b; renex 600's; solar np; triton n; tergitol np; T-DET-N; surfionic n; sterox; arkopal N-090; carsonon N-9; conco ni-90; igepal co-630; neutronyx 600; PEG-9 nonyl phenyl ether; protachem 630; rewpol hv-9; tergitol tp-9 (non-ionic); polyoxyethylene (1.5) nonyl phenol; polyoxyethylene (4) nonylphenol; polyoxyethylene (5) nonylphenol; polyoxyethylene (6) nonylphenol; polyoxyethylene (8) nonylphenol; polyoxyethylene (10) nonylphenol; polyoxyethylene (14) nonylphenol; polyoxyethylene (20) nonylphenol; polyoxyethylene (30) nonylphenol; Glycols, polyethylene, mono(nonylphenyl) ether; Nonylphenol polyethylene glycol ether; Nonylphenol, polyoxyethylene ether; Nonylphenoxypoly(ethyleneoxy)ethanol; POE nonylphenol; Polyoxyethylene nonylphenol; Tergitol NP-14; Tergitol NP-27; Tergitol NP-35; Tergitol NP-40; Tergitol npx; POE (1.5) nonyl phenol; POE (4) nonylphenol; POE (5) nonylphenol; POE (6) nonylphenol; POE (8) nonylphenol; POE (10) nonylphenol; POE (14) nonylphenol; POE (20) nonylphenol; POE (30) nonylphenol; POE(15) Nonyl Phenyl Ether; Nonoxynol-15; POE(18) Nonyl Phenyl Ether; Nonoxynol-18; POE(20) Nonyl Phenyl Ether; Nonoxynol-20;
ACX-Number: X1003424-3, **RTECS:** MD0905000

Zollnummer: 2907.1990 und andere, da NPnEO nicht chemisch klar charakterisiert ist.

Für Nonylphenoethoxylat waren sonst keine Zahlen oder Nummern angegeben.

Quelle: Internet-Chemieprogramm www.chemfinder.com

Anhang 2: Zusammenstellung der Abkürzungen mit Erklärungen

AP	=	Alkylphenol
NP	=	Nonylphenol
OP	=	Octylphenol
EO	=	Ethoxylat
NPEO	=	Nonylphenol ethoxylat
APnEO	=	Alkylphenol polyethoxylat n = Anzahl Ethoxygruppen in der hydrophilen Kette
NPnEO	=	Nonylphenol polyethoxylat n = Anzahl Ethoxygruppen in der hydrophilen Kette z.B. NP1EO= NPmonoethoxylat, NP2EO = NPdiethoxylat usw.
APnEC	=	Alkylphenoxypolyethoxy Essigsäuren (= Alkylphenoxy-Carbonsäuren =Essigsäure Derivate) n = Anzahl Ethoxygruppen in der Kette plus ein Acetat z.B. NP1EC = Nonylphenoxy Essigsäure

Quelle: Warhurst (1994: 4)

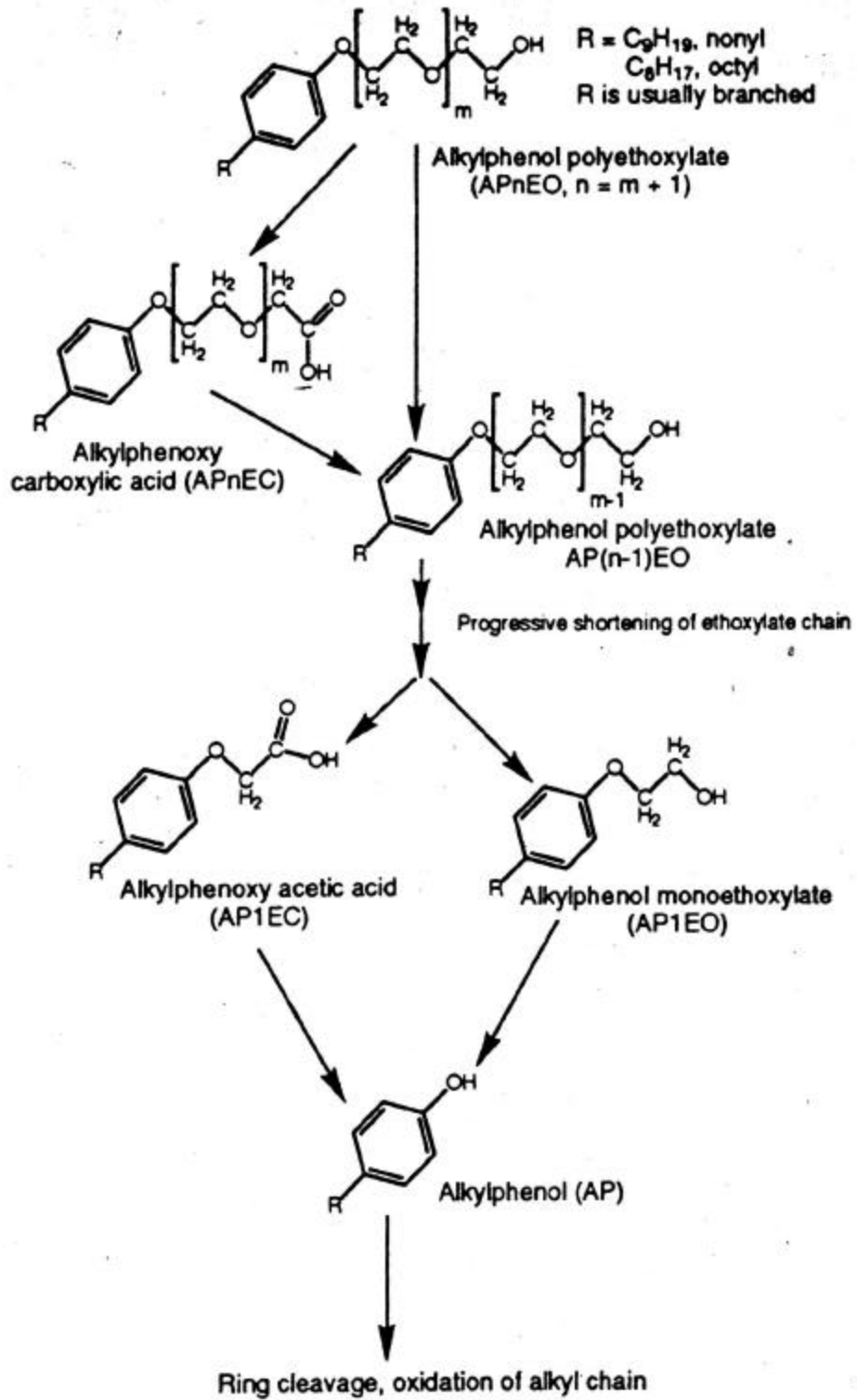
LOEC	=	Lowest Observed Effect Concentration (tiefst beobachtete Effekt Konzentration): Der Wert bezieht sich auf die niedrigste Konzentration im Versuchsansatz (bei chronischer Exposition einer Chemikalie), bei der erste signifikante Effekte nachgewiesen wurden (Fent 1998: 56ff).
PNEC	=	Predicted No Effect Concentration (vorausgesagte Nicht-Effekt-Konzentration): Der PNEC-Wert ist eine Extrapolation, die sich aus dem LOEC-Wert und einem Sicherheitsfaktor ergibt.

$$\text{PNEC} = \text{LOEC} / \text{Sicherheitsfaktor}$$

Der Sicherheitsfaktor (auch Extrapolationsfaktor) basiert jedoch nicht auf wissenschaftlichen Kriterien und dementsprechend existiert auch keine allgemein gültige Methode, um deren Grösse zu bestimmen. Je nachdem, wieviele LC₅₀-Werte (50% der Versuchstiere sterben nach kurzer Zeit bei einer bestimmten Menge verabreichter Chemikalie) für einen Organismus bekannt sind, beträgt der vorgegebene Sicherheitsfaktor zwischen 5 und 1000. Der PNEC-Wert dient in der Praxis zur Abschätzung der Gefährlichkeit eines Stoffes bei der Anwendung von Risikoanalysen (Fent 1998: 269-273).

Quelle: Fent 1998

Anhang 3: Schema der Produkte beim mikrobiellen Abbau



Quelle: Warhurst (1994: 5)

Anhang 4: Definitionen von endokrin wirksamen Substanzen

Anlässlich eines EU-Workshops von 1996 über die Wirkung von endokrin wirksamen Stoffen wurde folgende Definitionen festgelegt.

„Ein „*endocrine disrupter*“ ist ein exogener Stoff, der durch Änderungen der Hormonfunktionen gesundheitliche Störungen im intakten Organismus oder seinen Nachkommen erzeugt.
Ein potentieller „*endocrine disrupter*“ ist ein Stoff, der Eigenschaften besitzt, die das Hormonsystem eines intakten Organismus stören können.“

Damit wurde zum Ausdruck gebracht, dass nur Stoffe als endokrine Disruptoren bezeichnet werden sollen, die das Hormonsystem eines **intakten** Organismus stören können.

Im „Draft Detailed Review Paper: Appraisal of Test Methods for Sex-Hormone Disrupting Chemicals“ wird die Untergruppe „Stoffe mit Wirkung auf die Geschlechtshormone“ herausgegriffen und wie folgt definiert:

Ein „sex hormone disrupter“ ist ein exogener Stoff, der durch Änderungen der Hormonfunktionen Reproduktionsstörungen im intakten Organismus oder seinen Nachkommen erzeugt.
Ein potentieller „sex hormone disrupter“ ist ein Stoff, der Eigenschaften besitzt, welche die hormonelle Steuerung des Reproduktionssystems eines intakten Organismus stören können.“

Quelle: BUWAL (1999: 53)

Anhang II

1. Vorgehensweise

Bei dem von der Gruppe „Xenobiotika“ durchgeführten Projekt handelt es sich um eine empirische Forschungsarbeit. Der damit verbundene Forschungsprozess lässt sich daher grob in drei Phasen gliedern, in die Planungs-, Forschungs- und Präsentationsphase. Im folgenden sollen diese einzelnen Abschnitte näher betrachtet werden.

In der ersten Phase ging es darum, die uns in der Ideenskizze zwar vorgegebene, aber sehr offen formulierte Fragestellung nach dem Vorkommen von endokrin wirksamen Stoffen in der Umwelt einzuengen und zu konkretisieren. Die Informationsbeschaffung bezüglich der Methode und der chemischen Verbindungen erfolgte zunächst in Form von Literaturrecherchen, Suchen im Internet und anhand von Telefongesprächen mit Fachpersonen.

Es dauerte eine Weile, bis die Gruppe sich für die Untersuchung der beiden Stoffe Nonylphenol und Phtalate entschied. Dieser Entscheid war nicht leicht, da es der Gruppe an fachlichen Kenntnissen mangelte und diese Lücke zuerst durch intensives Studium aufgearbeitet werden mussten. Weiter war es auch schwer, die Wichtigkeit der Stoffe, was ihre Umweltbelastung betrifft, abzuschätzen.

Als nächstes erfolgte dann die Ausformulierung der Arbeitsziele und der Fragestellungen, sowie die Erstellung eines Zeitplans und Budgets.

Bei der Präsentation der Projektskizze wurde uns davon abgeraten, im Falle mangelnder Daten zu NP auf die Phtalate auszuweichen. Aufgrund des beschränkten Zeitrahmens sollte eher von den formulierten Zielen abgewichen werden. So beschränkte sich die Gruppe im folgenden auf die Untersuchung von NP.

In der anschliessenden Forschungsphase wurden neben dem Literaturstudium auch Expertengespräche geführt. Aus Zeitgründen musste sich die Gruppe auf die Untersuchung von Vorkommen und Gebrauch von NP sowie dessen Konzentrationen in der Hydrosphäre beschränken. Nach der Zuteilung der einzelnen zu behandelnden Branchen auf die Gruppenmitglieder folgte sodann die eigentliche Datenbeschaffung anhand 480 Telefonate im Zeitraum von ungefähr zwei Monaten, kombiniert mit gleichzeitiger Literatursuche und weiteren Expertengesprächen. Provisorische Datenaufarbeitungen und –auswertungen wurden laufend während den Sitzungen vorgenommen und in den entsprechenden Protokollen festgehalten.

Im letzten Abschnitt, das heisst in der Präsentationsphase, ging es darum, die Resultate zu strukturieren und die Vorgehensweise aufzubereiten, um diese für die eigentliche Präsentation vorzubereiten. Abschliessend an die Präsentation erfolgte die Erstellung des vorliegenden Projektberichts.

2 Arbeitsteilung

Wir teilten uns die Arbeit in den Sitzungen während dem Gespräch untereinander auf. Dieses Projekt bestand zu einem grossen Teil aus der Suche nach Daten, darum versuchten wir die Detektivarbeit und der ganze Rest möglichst gleichmässig zu verteilen, so dass jeder alles machen kann. Die Branchen wurden nach Interessen aufgeteilt:

Cyrill übernahm die Branchen Klebstoff, Kunststoff, Gummi/Elastomer, Papier/Karton, Elektrotechnik und Schmieröl/-stoff.

Andrea hatte die Branchen Textil/Leder, Flockungsmittel, Kosmetika, Oktylphenol und Im-/Export.

Barbara untersuchte die Branchen Reinigungsmittel, Pflanzenschutzmittel, Veterinär-medizin, Produktion und Im-/Export.

Martin bearbeitete die chemische Industrie, die Farb- und Lackindustrie und die Prozesse Abfallwirtschaft und Umwelt.

Die Organisation und Kommunikation hatten wir schon zu Beginn bestimmt: Cyrill schrieb für jede Sitzung ein Protokoll und verfasste die Traktandenliste, Andrea und Barbara knüpften Kontakte zu Experten und Martin stellte das Budget auf und fungierte als Ansprechpartner für die Betreuerin, Patricia Holm.

Literaturrecherchen betrieben alle und die gelesenen Texte wurden für die anderen zusammengefasst. Auch die Resultate der einzelnen Telefonate wurden von jeder/m selber geschrieben und Cyrill für das Protokoll geschickt.

Der Bericht wurde wie folgt aufgeteilt:

1	Vorwort	alle
2	Ausgangslage	Cyrill
3	Methode	Martin
4	Umsetzung der Methode	Barbara
5	Ergebnisse	
5.1	Stoffcharakterisierung	Cyrill
5.2	Endokrine und Ökotoxikologische Effekte	Andrea
5.3	Anwendungsbereich und Vorkommen in Europa	Barbara
5.4	Stoffflussanalyse im System Schweiz	
5.4.1	Verkehr mit Produkten und Verkehr mit dem Ausland	
	5.4.1.1 Produktion und Aussenhandel	Barbara
	5.4.1.2 Nutzung	alle
5.4.2	Abwasserrelevanz der Anwendungen	alle
5.4.3	Abfallwirtschaft	Martin
5.4.4	Umwelt	Martin
5.4.5	Graphische Darstellung der Resultate	alle
5.5	Diskussion der Ergebnisse	alle
6	Fazit	alle
7	Literaturverzeichnis	Andrea
Anhang		
1	Synonymliste	Cyrill
2	Zusammenstellung der Abkürzungen	Cyrill
3	Schema der Produkte beim mikrobiellen Abbau	Cyrill
4	Definitionen von endokrin wirksamen Substanzen	Cyrill
Anhang II: Reflexion der Gruppenarbeit		
1	Vorgehensweise	Andrea
2	Arbeitsteilung	Martin
3	Gruppenprozess	Barbara
4	Interdisziplinarität	Cyrill

3 Gruppenprozess und Kommunikation

Insgesamt haben wir die Gruppenziele, die wir uns in der Projektskizze gestellt haben, erfüllt. Positiv hervorheben möchten wir insbesondere den gruppeninternen Austausch: Wir haben das Wissen, das wir uns erarbeitet haben sowie die Ergebnisse der Telefongespräche an jeder Sitzung gegenseitig ausgetauscht. Das beanspruchte zwar viel Zeit, hatte aber den positiven Effekt, dass alle immer über den aktuellsten Forschungsstand informiert waren und Unsicherheiten, Interpretationsschwierigkeiten und weitere Vorgehensschritte gemeinsam besprochen werden konnten.

Dieser gruppeninterne Austausch machte unsere Kommunikation zwar transparent, aber nicht zwingend effizient – schon nach der ersten Woche Telefongespräche war uns angesichts der Notizenflut klar, dass wir mit den bisherigen Sitzungsprotokollen unmöglich weiterfahren konnten, und wir organisierten uns neu. Von nun an mussten alle die Resultate ihrer Telefonate nach einem vorgegebenen Raster zusammenstellen und bis zwei Tage nach der Sitzung an den Protokollverantwortlichen mailen. Diese Art der Organisation entlastete einerseits den Protokollschreiber und half uns auf der anderen Seite, die Übersicht über die Ergebnisse der Telefonate zu behalten.

Dank der disziplinären Ausrichtung des Projektes fiel es leicht, sich gleichwertig einzubringen. Für uns alle stellte das Gebiet, das wir bearbeiteten, Neuland dar – niemand verfügte über „wertvolleres“ Wissen als die anderen, alle konnten sich gleichwertig integrieren.

Natürlich war auch in unserer Gruppe nicht nur eitel Sonnenschein. Wolken verdeckten den Gruppenhimmel, wenn wir uns wegen unterschiedlicher Denkmuster und Herangehensweisen wieder und wieder in grundsätzlichen Diskussionen verstrickten. Und auch die Arbeitsteilung brachte Probleme: einerseits kam es zu Überschneidungen, andererseits war die Arbeitslast nicht gerecht verteilt. All diese Probleme brauten sich glücklicherweise an einer Sitzung zu einem heftigen Gewitter mit Blitz und Donnerschlag zusammen - die Probleme konnten noch rechtzeitig thematisiert, ausdiskutiert und in der Folge behoben werden.

Alles in allem verlief die Arbeit in unserer Gruppe harmonisch, was sicher auch damit zusammenhing, dass wir uns auf der persönlichen Ebene gut verstanden. Wir schafften es sogar trotz übervoller Terminkalender, uns ausserhalb des Projektalltags zu einem gemeinsamen Abendessen mit anschliessendem Kinobesuch zu treffen!

4 Interdisziplinarität

Auf der Ideenskizze, welche uns vor der Themenzuteilung verteilt wurde, hiess unser Projektthema „Erfassung von Stoffflüssen von Xenobiotika“. Darin waren unter der anzuwendenden Methode ausser allfälligen Befragungen von KonsumentInnen von Produkten vor allem Produktedeklaration und Direktbefragung an Industrie und Bundesämter angegeben. Als wir zu Beginn der Projektplanung diesbezüglich mit der Betreuerin Rücksprache hielten, wurde uns geraten, eine schon existierende Stoffflussanalyse-Methode anzuwenden. Alles andere hätte zuviel Zeit in Anspruch genommen. Durch die von uns gefundene Methode (Stoffflussanalyse Schweiz; BUWAL 251) war unser Projekt von Anfang an nur sehr bedingt interdisziplinär ausgerichtet. Die klare Anleitung gab uns noch den Spielraum der Arbeitsverteilung. Obwohl es schwierig war, die Disziplinen sinnvoll zu nutzen, versuchten wir, die anfallenden Arbeiten möglichst mit nahestehenden Disziplinen zu erledigen. Cyrill (als Biologie- und Chemiestudent) brachte sein biologisches und chemisches Wissen ein, Martin übernahm (als Physikstudent) viele Arbeiten im Zusammenhang mit Berechnungen und der Stofffluss-Analysemethode, Andrea und Barbara befragten (als

Soziologiestudentinnen) Experten direkt an Ort und Stelle oder bei ihren vielen Telephonaten. An den Sitzungen waren wir in einigen fachlichen Fragen bezüglich Stoffflussanalyse-methode oder Stoffcharakterisierung froh um das Wissen aus den Disziplinen Physik, Biologie und Chemie. Des weiteren wurde die Arbeit durch die Informationsbeschaffung und den Überblick über wirtschaftliche und soziale Zusammenhänge durch die Soziologiestudentinnen sehr gut vorangetrieben. Obwohl sich also das Projekt durch die vorgegebene Aufgabenstellung in der Planung nicht sehr breit interdisziplinär gestalten liess, trug unsere Arbeitsteilung und das Disziplinenwissen der verschiedenen StudentInnen zur interdisziplinären Durchführung bei.

Erreichen der Arbeitsziele

Während der Planungsphase des Projekts, sowie bei der Durchführung der Stoffflussanalyse erlernten wir diese Methode und gewannen Erkenntnisse zu Vorkommen, Konzentration und Wirkungen von Nonylphenol und erreichten so die Sach- und Methodenziele gemäss Projektskizze. Da der Bericht vom BUWAL, von der EAWAG und IKS sowie anderen Stellen und interessierten Verbänden nach Fertigstellung zur Verfügung gestellt wird und via Medien zugänglich gemacht wird, findet der geforderte Wissenstransfer statt. Bezüglich der Gruppe (vgl. Anhang II: 3 Gruppenprozess und Kommunikation) haben wir die Ziele, auf die wir immer wieder hinarbeiteten, insgesamt erfüllt.