

Partial order theory in the assessment of environmental chemicals: formal aspects of a precautionary pre-selection procedure

Doctoral Thesis

Author(s):

Schucht, Olivier

Publication date:

2004

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004905321>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH No 15433

PARTIAL ORDER THEORY IN THE ASSESSMENT OF
ENVIRONMENTAL CHEMICALS:
FORMAL ASPECTS OF A PRECAUTIONARY
PRE-SELECTION PROCEDURE

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH
for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by
OLIVIER SCHUCHT
Dipl. natw. ETH
born January 6, 1974
from Zürich (ZH)

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Ulrich Müller-Herold, examiner
Prof. Dr. Konrad Hungerbühler, co-examiner
Prof. Dr. Nils-Eric Sahlin, co-examiner

2004

Abstract

Man-made chemicals have been shown over recent decades to exhibit unwanted effects on a global scale. The possible occurrence of such global effects have turned out to be difficult to model with traditional assessment procedures. Alternative procedures have been proposed in recent years as a response to this challenge. The present thesis proposes to develop such an alternative assessment procedure, namely one that is based on the concept of exposure (the physical occurrence of a substance in the environment), rather than being based exclusively on known effects (which are inherently difficult to predict). This approach meets a restricted definition of the precautionary principle. Exposure of a chemical is presently modeled with two scenarios, while ensuring that the assessment procedure herein developed can allow for additional scenarios to be taken into consideration at a later stage.

The validity of non-traditional assessments that aim at assessing chemical substances beyond known adverse effects is often questioned both inside and outside of the scientific community. In order to respond to these reservations the present thesis establishes a formal setting for the assessment procedure. This permits a more systematic discussion of the procedure, including the analysis of the procedure for formal contradictions. This setting also allows to develop tools which can be used to decide if the procedure is adequately defined or, in the adverse case, to isolate the critical areas in the definition of the procedure if such should emerge.

The formal setting is found to be very similar to the formal setting encountered in classical problems of decision making (i.e. in decision theory), such as election problems. Importantly, the present work shows that well-understood results from these related areas can be used due to this kinship: in fact a number of derivations are made based on such results, including the fact that the formal setting presently chosen requires the assessment procedure to be calibrated with the help of a reference.

Beyond the necessity for calibration, the discussion of the procedure within the formal setting shows that a preliminary form of the procedure described in the thesis is not adequately defined by the formal setting and (technical) assumptions, if only existing regulatory status is taken as a reference for the calibration. The unsuitability relates both to the limitations of the present reference for the calibration, as well as to a technical problems in choosing an unambiguous criteria for the (reference-based)

calibration. These findings demonstrate the importance of the formal setting: the discussion of the procedure within a formal setting greatly facilitates the uncovering of ambiguities and other problems that may exist, and hence the unsuitability of an assessment procedure.

The formal frame of the assessment and certain assumptions therein made must be revisited as a consequence of this result. This clearly weakens the procedure from a formal point of view. The necessary adjustments, however, do not appear to be such that they invalidate the procedure and it hence appears that the definition of an assessment procedure that is based on the concept of exposure (and hence embodies the precautionary principle) can be arrived at by choosing an appropriate formal setting and by using existing regulatory status of reference chemicals for the calibration of the assessment. (The results for calibration are critically dependent on stability, and hence cannot be used in a carefree manner: a sensitivity and robustness analysis fortunately shows no major problem with respect to stability.)

Despite the fact that a suitable procedure can be described, however, a number of critical areas are identified, which should draw more attention. These areas concern the technical definition of the threat scenarios, as well as the number of classes that the assessment procedure is required to produce (e.g. "innocuous", "alarming" etc.). In order to demonstrate the resulting assessment procedure, a set of test chemicals is assessed with the procedure in the last part of the present work. It turns out that on one hand a number of brominated and chlorinated chemicals exhibit large environmental threat, whereas on the other hand a number of chemicals that are discussed for global regulation (such as silicones and carbamates) are innocuous with respect to global threat (under consideration of the two scenarios herein used).

From a more methodological point of view, the present thesis proposes a novel, simple graphical tool to test the consistency of a procedure with respect to the requirements made to it, and introduces special types of partially ordered sets (weak orders and interval orders) to the assessment of environmental chemicals.

Zusammenfassung

Seit einigen Jahrzehnten sind im Zusammenhang mit Umweltchemikalien stehende globale Schäden bekannt. Die Modellierung des Auftretens solcher Schäden hat sich im Rahmen herkömmlicher Bewertungsmethoden als äusserst schwierig erwiesen. Entsprechend sind in den letzten Jahren verschiedene Methoden mit dem Ziel entwickelt worden, solchen Schwierigkeiten entgegenzutreten. Die vorliegende Arbeit stellt eine solche Methode zur Bewertung von Umweltchemikalien vor. Im Gegensatz zu den gängigen Methoden, die sich auf bekannte Schäden in Verbindung mit Exposition (der Gegenwart einer chemischen Substanz) beziehen, beruht diese Methode ausschliesslich auf dem Konzept der Umwelt-Exposition. Ausgehend von einer kürzlich veröffentlichten Studie der Europäischen Union zur möglichen Anwendung des Vorsorgeprinzips, wird dieser Ansatz in der Arbeit weiterentwickelt. Der Ansatz kann als eine stark eingeschränkte Interpretation des Vorsorgeprinzips verstanden werden. Die Modellierung der Exposition erfolgt mittels zweier Gefährdungsszenarien, wobei die Methode speziell für die Mitberücksichtigung weiterer Szenarien, welche zusätzliche Dimensionen der Exposition erfassen, angelegt ist.

Die Zulässigkeit von nicht-traditionellen Methoden bei der Klassifizierung von Umweltchemikalien hat in den letzten Jahren zu grossen Kontroversen geführt. Um diese zu entschärfen, führt die vorliegende Arbeit einen speziellen, formalen Rahmen ein. Dieser erlaubt eine systematische Diskussion der Methode dadurch, dass die einzelnen Schritte in der Definition der Methode genau beschrieben werden können. Somit kann die Methode einerseits auf Widersprüche untersucht werden, andererseits aber auch vor dem Einfließen politischer Inhalte soweit wie möglich bewahrt werden. Der formale Rahmen ermöglicht ebenfalls die Entwicklung von Kriterien, anhand welcher die Anwendbarkeit der Methode beurteilt werden kann.

Formal erweist sich die Methode als verwandt mit klassischen Problemen der Entscheidungstheorie (wie z.B. der Definition von Wahlverfahren oder Wohlfahrtsfunktionen). Diese Verwandtschaft erschliesst der vorliegenden Arbeit eine Reihe von formalen Hilfsmitteln, welche im Kontext der Bewertung von Umweltchemikalien zu wichtigen Einsichten führen: darunter die Erkenntnis, dass das Bewertungsmodell auf eine technische, besondere Art und Weise geeicht werden muss. Die Eichung wiederum setzt eine Anzahl technischer Annahmen voraus. In der vorliegenden

Arbeit wird sie bezüglich des vorherrschenden globalen regulatorischen Status von Referenzchemikalien durchgeführt.

Bei der Kalibrierung stellt sich heraus, dass im Fall der Anwendung der eben erwähnten Referenz, der formale Rahmen zusammen mit den technischen Annahmen das Bewertungsmodell nicht ausreichend definieren. Diese Unzulänglichkeit ist einerseits auf die ausgewählte Referenz zurückzuführen, andererseits auf die (überraschende) Schwierigkeit, ein für die Kalibrierung geeignetes Optimum klar zu definieren. Dieses Resultat illustriert die Bedeutung formaler Aspekte, ohne welche dieser Mangel nur schwierig auszumachen sein würde.

Das Resultat schränkt die Zulässigkeit des Bewertungsmodells zwar klar ein. Diese Schwierigkeit kann aber mit wenigen Änderungen der Annahmen, sowie des Hinzuziehens zweier zusätzlicher Annahmen entkräftet werden. Es zeigt sich also, dass ein expositions-bezogenes Bewertungsmodell definiert werden kann, das zentralen Forderungen der Rationalität sowie der Anwendbarkeit genügt. Dasselbe gilt somit auch für die Operationalisierung des Vorsorgeprinzips in der Bewertung von Umweltchemikalien. (Eine Sensitivitätsanalyse, sowie eine Untersuchung der Robustheit zeigen im übrigen, dass diese Resultate weitgehend stabil sind.)

Die notwendigen Änderungen am Bewertungsmodell stellen allerdings nur *eine* Möglichkeit dar. Die kritischen Punkte, die sich im Rahmen der Analyse als problematisch erweisen und weitere Aufmerksamkeit verlangen, betreffen einerseits die Forderung nach drei Klassen für das Resultat der Bewertung und andererseits eine Annahme zur technischen Definition der Gefährdungsszenarien. Diese Punkte sollten in Zukunft angemessenere Aufmerksamkeit verdienen.

In einem letzten Teil der Arbeit wird das Bewertungsmodell auf eine Liste ausgesuchter Testchemikalien angewendet. Dabei zeigt sich, dass eine Reihe bromierter und chlorierter Substanzen ein grosses Potenzial zur globalen Gefährdung aufweisen, während andere Umweltchemikalien (Silikone und Karbamate), die ebenfalls gelegentlich als Kandidaten für eine globale Regulierung diskutiert werden, kein solches Potenzial aufweisen.

In methodologischer Hinsicht führt die Arbeit ein graphisches Hilfsmittel ein, um die Widersprüchlichkeit von Forderungen zu diskutieren bzw. um eine geeignete Aggregationsfunktion zu finden. Die Arbeit führt ebenfalls zwei spezielle Teilordnungen, die schwache Ordnung und die Intervallordnung, erstmalig in die Bewertung von Umweltchemikalien ein.