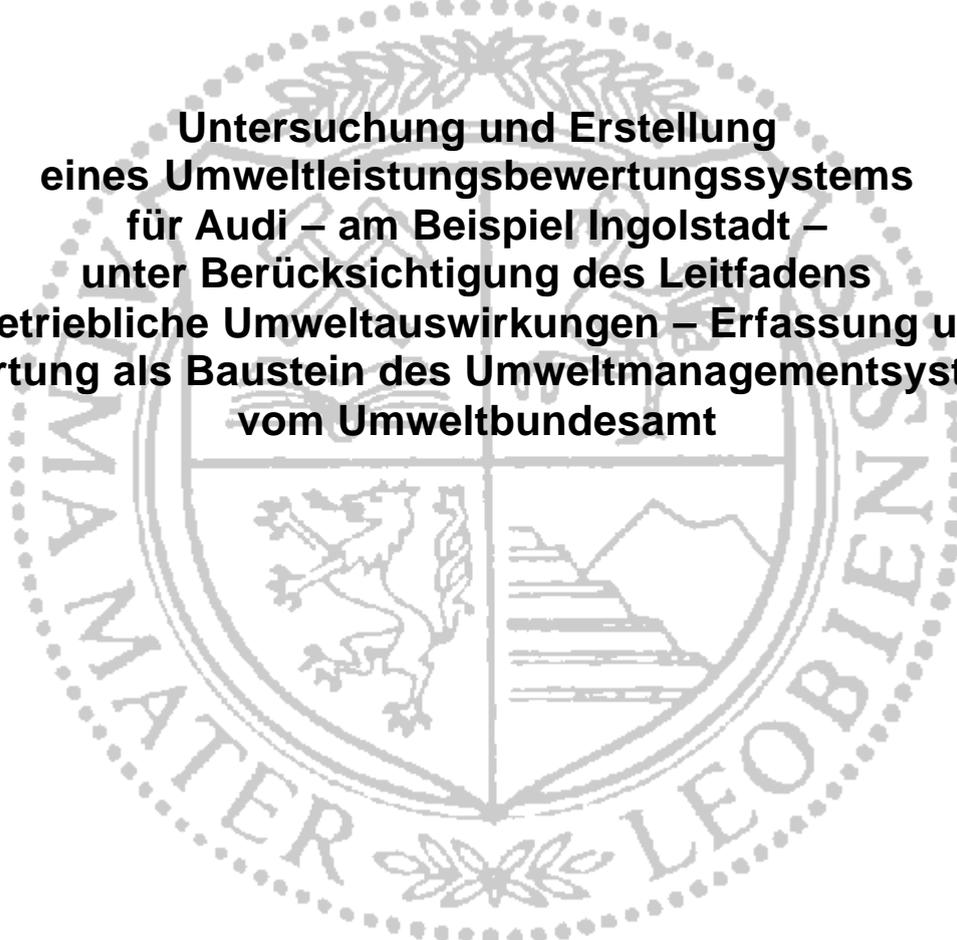


**Montanuniversität Leoben
Institut für Geowissenschaften,
Abteilung für Technische Ökosystemanalyse**



**Untersuchung und Erstellung
eines Umweltsystembewertungssystems
für Audi – am Beispiel Ingolstadt –
unter Berücksichtigung des Leitfadens
„Betriebliche Umweltauswirkungen – Erfassung und
Bewertung als Baustein des Umweltmanagementsystems“
vom Umweltbundesamt**

Diplomarbeit von Fabian Edtinger

Ingolstadt, September 2002

**Montanuniversität Leoben
Institut für Geowissenschaften,
Abteilung für Technische Ökosystemanalyse**

**Untersuchung und Erstellung
eines Umweltsystembewertungssystems
für Audi – am Beispiel Ingolstadt –
unter Berücksichtigung des Leitfadens
„Betriebliche Umweltauswirkungen – Erfassung und
Bewertung als Baustein des Umweltmanagementsystems“
vom Umweltbundesamt**

Diplomarbeit von Fabian Edtinger

Ingolstadt, September 2002

**Die Arbeit wurde betreut von: Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont Jürgen Wolfbauer
Montanuniversität Leoben,
Abt. für Technische Ökosystemanalyse**

**Herrn Dipl.-Ing. (FH) Gunther Wiefel
AUDI AG Ingolstadt**

Erklärung

„Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die benutzten Quellen , wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe“

Unterschrift

Geheimhaltung

Aufgrund Punkt 6 „Geheimhaltung“ des Arbeitsvertrages zwischen der AUDI AG und Herrn Fabian Edtinger, ist die vorliegende Arbeit an der Montanuniversität Leoben nur dem betreuenden Professor zugänglich zu machen und von diesem vertraulich zu behandeln.

Vorwort

Ich möchte mich bei allen Personen bedanken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. (FH) Gunther Wiefel von der AUDI AG Ingolstadt bedanken, der mich durch seinen persönlichen und fachlichen Einsatz und durch die vielen konstruktiven Gespräche und Anregungen unterstützt hat.

Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Dr. Dagobert Achatz für die Ermöglichung dieser Arbeit und für seine Unterstützung

Besonderer Dank gilt auch den übrigen Mitarbeitern, Diplomanden und Praktikanten der Abteilung „Betrieblicher Umweltschutz“ und anderer Abteilungen der AUDI AG. Durch ihr Fachwissen und ihre wertvollen Anmerkungen haben sie einen maßgeblichen Anteil am Gelingen dieser Arbeit. Die Zusammenarbeit mit ihnen war sehr angenehm.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont Jürgen Wolfbauer für die Betreuung dieser Diplomarbeit bedanken.

Schließlich danke ich meiner Familie für ihre Unterstützung während meines gesamten Studiums.

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine Methode zur Erfassung und Bewertung von Umweltleistungen als Baustein des Umweltmanagementsystems für eine Umweltleistungsbewertung für Audi entwickelt, die auf Grundlage der novellierten EG-Öko-Audit-Verordnung (EMAS II) unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten in Ingolstadt aufgebaut ist.

Zu diesem Zweck wurden die gängigsten ökologischen Bewertungsmodelle vor dem Hintergrund der praktischen Anwendbarkeit für die AUDI AG untersucht. Dabei stellten sich die verbal-argumentative Methode des deutschen Umweltbundesamtes (Berlin) und die Methode der ökologischen Knappheit des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landwirtschaft (Bern) durch ihre Praktikabilität für Audi als zweckmäßig heraus, weshalb ein Verfahren ausgearbeitet wurde, welches auf die Methodik der Systeme aufbaut, jedoch nur die prinzipielle Verfahrensweise übernimmt.

Als Ergebnis wurden die bisher noch nicht ermittelten Ökofaktoren für Deutschland errechnet. Diese Berechnung basiert auf der gegenwärtigen Umweltsituation Deutschlands und der als kritisch erachteten Belastung für Deutschland. Neben den Ökofaktoren für die Bereiche der Luft- Abwasser, Abfallemissionen wurde für die Lärmemissionen ein Verfahren ausgearbeitet, welches zu einem numerischen Ökofaktor führt. Mit Hilfe dieser Faktoren wurde ein Umweltbelastungspunkt für die AUDI AG am Standort Ingolstadt bezogen auf die jährlich produzierte Fahrzeugstückzahl errechnet.

Des Weiteren werden in dieser Arbeit die Ergebnisse der Umweltleistungsbewertung mit Hilfe einer verbal-argumentativen Bewertung einer betriebsinternen Gewichtung zugeführt. Hiermit wurde eine Möglichkeit geschaffen, zukünftige Umweltaßnahmen zu gewichten. Die Auswertung dieser nachträglichen Bewertung zeigt eine zukünftige Priorität für die Emissionsbereiche Energie, Lösemittlemission und Lärmemission.

In einer Abschließenden Betrachtung werden die Ergebnisse der Berechnung der deutschen Ökofaktoren mit vorhandenen Faktoren aus der Schweiz und Österreich verglichen und auf Plausibilität und Anwendbarkeit hin untersucht.

abstract

In this diploma thesis a method for acquisition and evaluation of environmental impacts as a module of the environmental management systems for environmental efficiency estimation is developed for Audi. It is based on the amended EG-Öko-Audit-regulation (EMAS II) which considers the local settings of Ingolstadt.

For this purpose a survey regarding the most popular assessment methods has been made especially reflecting the background of practical application for the AUDI AG. Because of the practicability for Audi the verbally-argumentative method of the German Federal Environmental Agency (Berlin) and the method of environmental scarcity (Eco-factors) of the Swiss Agency for Environment, forest and agriculture turn out to be functional for a elaborate version, which is build on these systems, but only transfers the rough procedure.

As a result the Eco-factors for Germany, which were not previously defined, were ascertained. The calculation of the category groups wastewater, air-pollution and wastage is based on the actual environmental situation and the critical loads of Germany. In the case of the Eco-factor for noise emissions a new calculation procedure was established. In series the assessed environmental impacts for the AUDI AG were calculated.

Furthermore in this exposition the results of the environmental efficiency estimation were applied to an internal emphasis with aid of the verbal-argumentative method. The analysis of the post-estimation showed a future priority for the emission groups energy, solvent and noise emissions.

In a final reflection the results of the calculated German Eco-factors were compared with existing factors of Suisse and Austria and analysed in terms of plausibility and practicability.

EINLEITUNG.....	1
Problemstellung	1
Zielsetzung.....	3
Vorgehensweise.....	5
1. GRUNDLAGEN.....	6
1.1. Ist-Zustand AUDI AG.....	6
1.2. Methoden der Umwelleistungsbewertung	6
1.2.1. BUWAL - Methode.....	10
1.2.2. Wirkungsbilanz mit verbal-argumentativer Bewertung (UBA, Berlin)	13
1.3. Zusammenfassung.....	18
1.4. Methodenvorschlag für den Standort Ingolstadt der AUDI AG	20
2. ERMITTLUNG DER ÖKOFAKTOREN	22
2.1. Faktoren für Luftemissionen.....	22
2.1.1. Stickoxide NO _x	23
2.1.2. Schwefeldioxid SO ₂	24
2.1.3. Ammoniak NH ₃	25
2.1.4. Kohlenmonoxid CO.....	25
2.1.5. Partikel PM.....	26
2.1.6. Flüchtige organische Verbindungen NMVOC.....	27
2.1.7. Treibhausgase.....	28
2.1.8. Zusammenfassung.....	30
2.2. Faktoren für Abwasseremissionen.....	32
2.2.1. Organische Stoffe (CSB)	33
2.2.2. Phosphor.....	34
2.2.3. Stickstoffverbindungen (NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻).....	35
2.2.4. Schwermetalle	36
2.2.5. AOX	38
2.2.6. Zusammenfassung.....	39
2.3. Faktoren für Abfall- und Bodenemissionen.....	41
2.3.1. Beanspruchung von Deponieraum für feste Abfälle	41
2.3.2. Zusammenfassung.....	43
2.4. Faktoren für Lärmemissionen	44
3. BERECHNUNG DER UMWELTBELASTUNGSPUNKTE.....	48
3.1. Ergebnisse der Umwelleistungsberechnung	58
4. VERBAL-ARGUMENTATIVE BEWERTUNGSMETHODE.....	62
4.1. Auswertung der verbal-argumentativen Bewertung	65

5. ZUSAMMENFASSUNG.....	72
6. RESÜMEE UND AUSBLICK	75
LITERATURVERZEICHNIS.....	82
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	85
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	87
FORMELVERZEICHNIS	89
TABELLENVERZEICHNIS.....	90
ANHANG.....	93

Einleitung

Problemstellung

Der Umweltschutz in der Automobilindustrie und die daraus resultierenden Anforderungen an das Management haben seit Jahren eine große Bedeutung und sind weiterhin stark zunehmend. Der globale Wettbewerb, neue technische Innovationen und neue gesetzliche Rahmenbedingungen haben zur Errichtung neuer Managementstandards mit vielschichtigen Betrachtungsweisen geführt.

Im Rahmen der Berichterstattung über die wirtschaftliche Lage sowie durch zwingende umweltrechtliche Vorschriften ist Umweltschutz – Publizität obligatorisch geworden.

Die AUDI AG gehört mit 30.487 Mitarbeitern (Stand 31.06.2002) in Ingolstadt und zwei Produktionsstandorten in Deutschland (Ingolstadt/Neckarsulm) sowie weiterer Produktionsstätten im Ausland als Tochterunternehmen zum Volkswagen Konzern.

Die Produktpalette umfasst fünf vollwertige Modellreihen, den Audi A2, A3, A4, A6 und A8, sowie die Ergänzung des Angebots um aktuelle Nischenmodelle mit dem Audi TT Coupé und Roadster und dem Audi allroad quattro.

Der Standort Ingolstadt produziert ausschließlich die Modelle Audi A3, A4 und im Verbund mit dem Produktionsstandort Győr die lackierte Karosserie für den Audi TT Coupé und Roadster, sowie im Verbund mit dem Standort Neckarsulm das Modell RS4.

Die jährliche Produktion umfasst somit 420.216 Fahrzeuge am Standort Ingolstadt und 55.296 Fahrzeuge im Verbund mit Győr, sowie 3.513 Fahrzeuge im Verbund mit Neckarsulm.¹

Als verantwortungsvoller Autokonzern engagiert sich die AUDI AG verstärkt im Bereich des Umweltschutzes. Dies macht sich auf der einen Seite im Bereich der technischen Entwicklung von neuen Fahrzeugen bemerkbar, so wird mit dem Audi A2 1.2 TDI das sparsamste viertürige Serienauto der Welt produziert.

¹ vgl. Audi in Fakten und Zahlen 2001, S.2

Auf der anderen Seite werden die Richtlinien für den standortbezogenen Umweltschutz nach ISO- und EU- Normen auf die Anwendbarkeit überprüft. Neben den Innovationen in der Fahrzeugtechnik und der Umsetzung der entsprechenden Richtlinien ist die AUDI AG, als Gründungsmitglied bei der Erstellung des „Umweltpaket Bayern“ und dem darauf folgenden „Umweltpakt Bayern II - Nachhaltiges Wirtschaften im 21. Jahrhundert " beteiligt.

Hierbei handelt es sich um eine freiwillige Selbstverpflichtung der Wirtschaft, ins Leben gerufen von der bayerischen Staatsregierung, die darauf abzielt, die Umweltbelastung von Produkten entlang ihres gesamten Lebenswegs zu senken, von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Produktnutzung bis hin zur Entsorgung.

Ein weiterer Schwerpunkt bildet die Vorbereitung auf die Revalidierung des Managementsystems gemäß der novellierten EMAS – Verordnung, die für 2003 geplant ist.

Die europäische EMAS-Verordnung (Eco – Management and Auditing Scheme) und die International Organisation for Standardization (ISO) mit ihrer Normenreihe der ISO 14.000 ff. leisten seit 1995 ihren Beitrag zur Normierung von Zertifizierungen für Umweltschutzleistungen im Rahmen der freiwilligen Umweltberichterstattung.

Seit 1995 beteiligt sich die AUDI AG am Verfahren nach der EG – Öko – Audit – Verordnung (EMAS) mit der Verpflichtung zur kontinuierlichen Verbesserung des Umweltschutzes. Die Novellierung der EG – Öko – Audit – Verordnung (EMAS II) verlangt nun ein verstärktes Interesse bei der Erfassung und Bewertung der Umweltaspekte des Unternehmens. Unter dem Begriff „Umweltaspekt“ versteht EMAS dabei die möglichen Auswirkungen von Tätigkeiten, Produkten oder Dienstleistungen einer Organisation auf die Umwelt.

Für die verstärkte Erfassung werden die Umweltaspekte nach EMAS noch in direkt und indirekt unterteilt. Die direkten Umweltaspekte beziehen sich hierbei auf die Tätigkeiten der Organisation, deren Ablauf sie kontrolliert und die indirekten Umweltaspekte sind definiert als die Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen, die unter Umständen nicht in vollem Umfang kontrolliert werden können.²

Die verstärkte Bewertung wird durch die Wesentlichkeit der Umweltaspekte beschrieben. Hierbei muss die Organisation Kriterien festlegen, anhand derer bewertet werden kann, wie wesentlich die Umweltaspekte ihrer Tätigkeiten, Produkte

² vgl. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft: Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates, 2001, L114/26

und Dienstleistungen sind. Die von der Organisation festgelegten Kriterien müssen umfassend, unabhängig nachprüfbar und reproduzierbar sein und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Um die Kriterien für die Novellierung der EG – Öko – Audit – Verordnung (EMAS II) zu erfüllen wird im Bereich des Umweltmanagements nach neuen Verfahren zur Bewertung von Umweltsleistungen gesucht. Aus diesem Grund wurde eine Diplomarbeit zur Untersuchung und Erstellung eines Umweltsleistungsbewertungssystems für den Audi Standort Ingolstadt ausgeschrieben.

Zielsetzung

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, auf Grundlage der novellierten EG-Öko-Audit-Verordnung (EMAS II) unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten in Ingolstadt eine Methode zur Erfassung und Bewertungen von Umweltsleistungen als Baustein des Umweltmanagementsystems zu entwickeln. Seit Anfang der neunziger Jahre sind eine Vielzahl von ökologischen Bewertungsmethoden entwickelt worden, um die ökologischen Auswirkungen von Produkten, Prozessen oder Unternehmen quantitativ und qualitativ bewerten zu können.³ Zu diesem Zweck werden vorhandene Umweltsleistungsbewertungssysteme betrachtet. Auf Grund der Berücksichtigung der Präferenzen der AUDI AG erfolgt eine ausführliche Untersuchung und Bewertung jedoch ausschließlich für die existierenden Umweltsleistungsbewertungssysteme des Bundesministeriums für Umwelt, Wald und Boden (BUWAL, Bern, Schweiz) und des Umweltbundesamtes Deutschlands (UBA, Berlin). Um die EMAS II Anforderungen, wie in der Problemstellung beschrieben, zu erfüllen, werden die Verfahren zur Umweltsleistungsbewertung insbesondere auf Plausibilität, Nachvollziehbarkeit und Praktikabilität hin untersucht. Durch herausarbeiten der Vor- und Nachteile der BUWAL- und Umweltbundesamt soll ein kombiniertes Umweltsleistungsbewertungssystem für Audi am Beispiel des Standortes Ingolstadt entwickelt werden. Dieses System soll durch einfache Anwendbarkeit in der Durchführung und durch einen hohen empirischen Anteil gute Nachvollziehbarkeit gewährleisten.

³ vgl. Staber, W.; Hofer, M.: Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen der EMAS, ISO 14001 und IPPC, 1999, S. 5

Dabei sollen Emissionen, die nicht durch Formeln einer Bewertung zugeführt werden können, durch eine normierte qualitative Abschätzmethode in das System integriert werden.

Mit Hilfe des modifizierten Umweltleistungsbewertungssystems und den Daten einer Input/Outputbilanz des Kalenderjahres 2001, die alle verwerteten Rohstoffe und Emissionen des Audi Standortes Ingolstadt betrachtet, soll die vorher entwickelte Methode erprobt werden. Das angestrebte Ergebnis ist eine Kennzahl bezogen auf eine Nutzengröße darzustellen, an Hand der die Produktionsstätte Ingolstadt der AUDI AG bewertet werden kann.

Neben der Umweltleistungspunktberechnung soll des Weiteren auf Basis des verbalargumentativen Ansatzes des Umweltbundesamtes eine Methode entwickelt werden, mit deren Hilfe Verbesserungen für den Bereich des Umweltschutzes aufgezeigt werden können und eine Gewichtungspriorität für geplante Umweltmaßnahmen geschaffen wird.

Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit setzt sich aus 6 Kapiteln zusammen:

Das **erste Kapitel** dient zur Einführung in die Thematik und beschreibt die derzeitige Ist-Situation im Bereich der Umwelleistungsbewertung bei Audi in Ingolstadt. Im Weiteren werden zwei vorhandene und standardisierte Verfahren zur Umwelleistungsbewertung, die Methode des deutschen Umweltbundesamtes Berlin (UBA) und die Schweizer Methode nach BUWAL beschrieben und einer Bewertung zugezogen. Auf Basis der oben genannten Zielsetzungen wird des Weiteren ein Vorschlag für die AUDI AG ausgearbeitet.

Das **zweite Kapitel** beschreibt die Ermittlungen von Ökofaktoren, die als Berechnungsfaktoren im Rahmen einer Umwelleistungsbewertung dienen. Es wird hierbei auf die Methodik der Datenerfassung, die für die Berechnung notwendig ist und die damit verbundenen Probleme eingegangen.

Die Erfassung der Stoffströme anhand einer Input/Output-Bilanz innerhalb der Firma Audi wird im **dritten Kapitel** dargestellt. Die daraus folgende Berechnung der einzelnen Umweltbelastungspunkte, die als Grundlage zur Bewertung des Unternehmens dienen, werden in diesem Kapitel darlegt und durch exemplarische Darstellungen veranschaulicht.

Im **vierten Kapitel** wird der Aufbau der verbal-argumentativen Zusammenhänge, die als Grundlage für die Ausarbeitung von Verbesserungsmöglichkeiten notwendig sind, erklärt und ein Weg zur Implementierung in das Verfahren der Umwelleistungsbewertung aufgezeigt.

Die in den vorangegangenen Kapiteln herausgearbeiteten Ergebnisse zur Umwelleistungsbewertung für die AUDI AG am Standort Ingolstadt werden in **Kapitel fünf** zusammengefasst.

Eine Resümee der Arbeit, eine Bewertung der erzielten Ergebnisse und ein Ausblick auf zukünftige Weiterentwicklungen erfolgt im **sechsten Kapitel**.

1. Grundlagen

1.1. Ist-Zustand AUDI AG

Im Zentrum der Umweltmanagementaktivitäten steht für die AUDI AG das interne Umwelt-Controlling systematisch auszubauen und stärker in die betriebliche Praxis zu integrieren. Bereits im Jahr 2001 wurde ein Verfahren erprobt, um die Umweltauswirkungen einzelner Prozesse zu bewerten und zielorientiert Handlungsschwerpunkte für das Umweltmanagement festzulegen. Zu diesem Zweck wurde die Methodik des Schweizer Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landwirtschaft (BUWAL), welches in Kapitel 1.2.1. genauer beschrieben wird, angewendet. Das Ergebnis weist Ansatzpunkte für eine kontinuierliche Verbesserung aus. Auf Grund der exakten Übernahme des Systems ist jedoch keine akkurate Aussage für das deutsche Bundesgebiet, sondern nur ein modellhaftes Abbild des Standortes Ingolstadt möglich. Für einen unternehmens- und brancheninternen Vergleich sind die Ergebnisse ebenfalls nicht geeignet.

1.2. Methoden der Umwelleistungsbewertung

In der Verordnung Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates ist definiert, dass ein Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung zur Bewertung und Verbesserung der Umwelleistung von Organisationen und zur Unterrichtung der Öffentlichkeit und der anderen interessierten Kreise geschaffen wird, an dem sich Organisationen freiwillig beteiligen können. Ziel dieser Verordnung ist die Förderung der kontinuierlichen Verbesserung der Umwelleistung von Organisationen durch die Schaffung und Anwendung von Umweltmanagementsystemen, durch eine systematische, objektive und regelmäßige Bewertung der Leistung dieser Systeme, durch die Information der Öffentlichkeit über die Umwelleistung sowie durch die Einbindung der Arbeitnehmer.⁴

Ein Instrument, um ein Umweltmanagementsystem einer Bewertung zu unterziehen ist die Umwelleistungsbewertung, welche die Ergebnisse des Managements hinsichtlich ihrer Umweltaspekte darstellt.

⁴ vgl. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft: Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates, 2001, L114/3

Die Umweltaspekte werden hierbei in direkte, sich aus der Gesamtheit aller Tätigkeiten am Unternehmensstandort ergebende, und indirekte, aus der Beziehung zu anderen Unternehmen entstehende Umwelteinwirkungen unterschieden. (vgl. Kapitel Problemstellung)

Für die Betrachtung von Umwelteinwirkungen eines Unternehmens geht man zunächst von einer Sachbilanz aus. Die Sachbilanz erfolgt im Rahmen einer betrieblichen Input/Output Bilanz, deren Aufgabe es ist, die von einem System ausgelöst oder verwendeten Stoff- und Energieströme aufzuzeigen.

Um den Erhebungsaufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten, wird nicht die Gesamtheit der betrieblichen Umweltauswirkungen betrachtet, sondern lediglich die wesentlichen Umweltauswirkungen, die sich auf Grund der betrieblichen Tätigkeiten am Standort, in der Region und überregional ergeben. Zu diesem Zweck bedarf die Erfassung betrieblicher Umweltauswirkungen hierbei einer Systemabgrenzung, welche nach Tätigkeit und räumlichen Grenzen klar definiert werden muss. Aufbauend darauf wird durch eine Wirkungsbilanz versucht, die Umwelteinwirkungen der Stoff- und Energieströme zu quantifizieren.

Durch die EMAS II Verordnung sind somit Richtlinien für eine Umweltleistungsbewertung geschaffen und definiert worden, jedoch wird kein Verfahren explizit dargestellt oder vorgeschrieben. Die Methoden einer Umweltleistungsbewertung sind somit variabel, was zu weltweit unterschiedlichen Methodenentwicklungen geführt hat, die im Rahmen dieser Diplomarbeit untersucht wurden. In den anschließend beschriebenen Kategorien werden exemplarisch Beispiele erläutert.

Grundsätzlich kann in drei verschiedene Kategorien unterschieden werden:

- Qualitative Methoden
- Quantitative Bewertungsmethoden mit Aggregation zu mehreren Messzahlen (Low Level Aggregation)
- Quantitative Bewertungsmethoden mit Aggregation zu einer Messzahl

Die **Qualitativen Methoden** zeichnen sich durch einen völligen Verzicht auf eine Zusammenfassung von Stoffen oder Kriterien zu quantitativen Aussagen (Zahlenwerten) aus. Sie haben dadurch den Vorteil, dass sie nicht eine absolute Objektivität vortäuschen wo keine gegeben ist⁵.

Ein Beispiel für eine Qualitative Methode ist die „ABC/XYZ-Methode“. Bei diesem Verfahren erfolgt die Bewertung indem jeder Inputstoff anhand von 6 Kriterien beurteilt und mit Hilfe des ABC-Klassifizierungsschemas (vergleichend) abgestuft wird.

Die Einstufung erfolgt dabei nach dem Prinzip von „besonders wichtiges ökologisches Problem“ bei der A-Einstufung bis zu der Kategorie C, welche eine „sehr geringe Umweltauswirkung“ bedeutet.

Als Erweiterung des ABC-Rasters wurde die XYZ-Bewertung entwickelt, mit deren Hilfe die Mengeneffekte der Umweltbelastung abgestuft werden können. Die Abstufung reicht hier von jährlich hohen Stoffeinsatzmengen für die Kategorie X, bis zu der Einstufung Z, welche für eine untergeordnete Rolle der jährlich eingesetzten Menge eines Stoffe steht.

Die ABC/XYZ-Methode liefert daher keine numerischen Rechenergebnisse, sondern stuft die Umweltauswirkungen eines Betriebes oder eines Produktes relativ ab. Sie dient in erster Linie der Problemerkennung und Strukturierung.⁶ Als internes Bewertungsverfahren ist diese Methode somit geeignet, jedoch sind die gering ausgeprägte Systematik des Verfahrens und die damit zusammenhängende geringe Transparenz ein Nachteil.

Die **Quantitativen Bewertungsmethoden** fassen die in einer Sachbilanz erhobenen Daten zusammen, wobei die Ergebnisse zu mehreren Messzahlen (Low Level Aggregation) aggregiert werden.

Die Aggregation ist bei diesen Verfahren nicht unproblematisch, da bei der Wirkungsbilanzierung die sachlich-naturwissenschaftliche Ebene verlassen wird und gesellschaftliche und politische Präferenzen und Wertungen sowie wissenschaftliche Einschätzungen mit einfließen.

⁵ vgl. Grassinger, D.; Salhofer, S.: Methoden zur Bewertung Abfallwirtschaftlicher Maßnahmen, 1998, S. 45

⁶ vgl. Grassinger, D.; Salhofer, S.: Methoden zur Bewertung Abfallwirtschaftlicher Maßnahmen, 1998, S. 45 ff

Als Beispiel kann die Wirkungsbilanz mit verbal-argumentativer Bewertung (UBA, Berlin), auf welches in Kapitel 1.2.2. genauer eingegangen wird, oder die CML-Methode (Centrum voor Milieukunde Leiden) angeführt werden.⁵

Die **Quantitative Bewertungsmethoden mit Aggregierung zu einer Messzahl** fasst das Ergebnis einer ökologischen Bewertung mit einem einzigen Wert zusammen.

Aus diesem Grund sind Vergleiche einfach anzustellen und nachzuvollziehen. Beispiele dieser Methode sind die EPS-Methode, die Toxizitätsäquivalente, der Ökoindikator 99 oder die Umweltbelastungspunkte (UBP)-Methode.⁷

Die Unterschiede der Verfahren liegen in der unterschiedlichen Berechnungsweise der Messzahlen und der differenzierten Bewertungsmethode. Die UBP-Methode ist auch unter den Namen Stoffflussmethode, BUWAL-Methode, Methode der ökologischen Knappheit oder Ökopunktemethode bekannt.

Durch die vielfältigen Bewertungsmöglichkeiten von Umweltleistungen werden derzeit mehrere Modelle diskutiert, wobei die „Methode der ökologischen Knappheit“ (Umweltbelastungspunkte) des BUWAL (Bern) und die „Verbal-argumentative Methode“ des UBA (Berlin) die wichtigsten Methoden darstellen. In der Umweltabteilung der AUDI AG wurde bereits das Verfahren auf Basis der BUWAL Methode mit den schweizerischen Ökofaktoren erprobt. Um die dabei gewonnenen Erfahrungswerte zu nutzen, wird diese Methode für die Entwicklung eines Umweltleistungsbewertungssystems für Audi, bezogen auf den Bezugsraum Deutschland, intensiver betrachtet. Die Entscheidung, die Methode des Umweltbundesamtes einer genaueren Untersuchung zuzuführen, beruht auf der Berücksichtigung der Präferenzen der AUDI AG, ein Verfahren in das System zu integrieren, welches in Deutschland entwickelt und daher anerkannt ist. Aus diesem Grund werden ausschließlich diese Verfahren in den nächsten Kapiteln einer ausführlichen Betrachtung zugeführt.

⁷ vgl. Grassinger, D.; Salhofer, S.: Methoden zur Bewertung Abfallwirtschaftlicher Maßnahmen, 1998, S. 45 ff

1.2.1. BUWAL - Methode

Die BUWAL-Methode ist eine Weiterentwicklung der Methode der kritischen Volumina und wird von dem Bundesamt für Umwelt, Boden und Wald in der Schweiz angewendet.

Dieses Verfahren geht von dem Ansatz aus, dass jedes Umweltmedium nur bis zu einem gewissen Bereich mit Schadstoffen belastet werden kann (Ratenknappheit) und dass Ressourcen und Entsorgungsmöglichkeiten für Abfälle beschränkt sind (Kumulativ-Knappheit). Die Wurzeln der Methode gehen auf Müller-Wenk (1978) zurück. Letztmalig wurde das Modell von Braunschweig und Müller-Wenk 1993 überarbeitet.⁸ Das System beruht auf einem stoffflussorientierten Bewertungsansatz, wobei die Basis der so genannte Ökofaktor bildet. Er gibt das Verhältnis zwischen dem aktuellen Fluss, der den aktuellen Belastungen der Umwelt entspricht, und dem kritischen Fluss, dem als gesellschaftspolitisch zulässig angesehenen Fluss von Schadstoffen, Abfällen und Energien wieder.

Die kritischen Flüsse werden in der Regel auf von Wissenschaftlern begründete, politisch verbindliche Zielsetzungen abgestützt und spiegeln somit nationale Prioritäten der Umweltpolitik und internationale Vereinbarungen wider. In erster Linie sind dies gesetzlich festgelegte Schutzziele (Immissionsgrenzwerte). Wo gesetzliche oder politische Vorgaben trotz Handlungsbedarf fehlen, oder die bestehenden Vorgaben sich erkennbar an der kurzfristigen Machbarkeit und nicht an den langfristigen ökologischen Zielen orientieren, werden auf Expertenebene konsolidierte naturwissenschaftlich abgestützte Ziele herangezogen. Derzeit existieren Ökofaktoren für die Schweiz, Niederlande, Belgien, Schweden und Österreich.

⁸ vgl. Arthur, B.; Müller-Wenk, R.: Ökobilanzen für Unternehmungen. Eine Wegleitung für die Praxis, 1993

Die Grundlage für die Berechnung der Ökofaktoren bildet die ökologische Knappheit, die das Verhältnis von aktuellem Fluss zu kritischem Fluss wiedergibt. (vgl. Formel 1-1)

Der aktuelle Fluss ist als der tatsächliche Ist-Fluss, der kritische Fluss als jene Menge eines Stoffes, die einem System, einer Region oder einem anderen abgrenzbaren Bereich über ein Jahr zumutbar ist, definiert.

$$\text{Ökologische Knappheit} = \frac{\text{aktueller Fluss}}{\text{kritischer Fluss}}$$

Formel 1-1

Wird der Aspekt des kritischen Flusses, mit der ökologischen Knappheit in Beziehung gesetzt erhält man den Ökofaktor. Der Ökofaktor hat somit die Funktion einer Gewichtung. Die Multiplikation mit dem Faktor c, der $10^{12}/a$ entspricht, dient zur leichteren Handhabung des Ergebnisses und ist für alle Ökofaktoren identisch.

$$\text{Ökofaktor} = \frac{1}{\text{kritischer Fluss}} * \frac{\text{aktueller Fluss}}{\text{kritischer Fluss}} * c$$

Formel 1-2

Für die Berechnung des Umweltbelastungspunktes (UBP) werden die Eingangsgrößen der Daten einer Sachbilanz (Input-/Output-Daten) mit dem Ökofaktor multipliziert.

$$\text{Umweltbelastungspunkt } t = \text{Ökofaktor} * \text{Emission (Verbrauch)}$$

Formel 1-3

Die Summe der Umweltbelastungspunkte kann jeweils den zu vergleichenden Varianten zugeschrieben werden.

Das Resultat liegt anschließend als ein einziger Wert vor und kann für Vergleiche von Varianten oder zur Beurteilung von Prozessen, Werken oder von ganzen Firmen innerhalb eines Betrachtungsraumes, auf den sich die Ökofaktoren beziehen, herangezogen werden.

Methodenbeurteilung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die BUWAL-Methode den Vorteil hat, dass sie vielseitige Anwendungsmöglichkeiten besitzt und, sofern berechnete Ökofaktoren für den Betrachtungsraum vorliegen, ein hohes Maß an Praktikabilität aufweist.

Die Festlegung kritischer Flüsse ist jedoch nicht nach objektiven Kriterien festgelegt. Die Praxis zeigt derzeit einen Kompromiss aus wissenschaftlichen Erkenntnissen und gesellschaftspolitisch anerkannten Werten. Die Gründe für diese Variabilität liegen in unterschiedlichen politischen Zielen des Umweltschutzes, unterschiedlichen ökologischen Standards und unterschiedlichen technologischen bzw. wirtschaftlichen Voraussetzungen. Dadurch lassen sich auch die teilweise stark differenzierenden Ökofaktoren der Schweiz und der Niederlande erklären.

Am Beispiel des Ökofaktors für Nitrat (NO_3^-) wird die Grundwasserproblematik Hollands deutlich, da hier Nitrat mit einem hohen Ökofaktor bewertet wird. Die Schweiz dagegen kann auf Grund ihrer alpinen Morphologie die Gebirgswässer ohne nennenswerte Nitratprobleme für einen Großteil ihrer Trinkwassergewinnung nutzen, was sich durch einen niedrigen Ökofaktor ausdrückt.⁹

Die Ermittlung des aktuellen Flusses erfolgt aus nationalen Statistiken und Modellannahmen. Deshalb müssen diese regelmäßig an geänderte Voraussetzungen angepasst werden. Kurzfristige Schwankungen, wie z.B. regenreiche Sommer mit einer hohen Abflussrate oder extrem harte Winter mit hohem Energieverbrauch, können durch eine Mittelwertbildung über mehrere Jahre korrigiert werden. Diese Vorgehensweise ist für kurz- und mittelfristige Projekte ausreichend, langfristige Projekte hingegen erfordern die Einbeziehung zukünftiger Flüsse in die Datengrundlagen der Ökofaktoren. Investitionen in Umwelttechnologien und die Verschärfung der Umweltgesetzgebung werden zukünftige Flüsse und damit auch die Ökofaktoren verändern.

Auf der anderen Seite kann ein Stofffluss, der heute als ungefährlich eingestuft wird, durch geänderte wissenschaftliche Erkenntnisse oder gesellschaftliche Strömungen zu einer ökologischen Sensibilisierung führen und damit zu einem, für das Umweltbelastungspunktmodell, höher bewerteten Stoff werden. Prognosen und Interpretationen können dieses Problem nicht lösen. Wie alle Verfahren der

⁹ vgl. Staber, W.; Hofer, M.: Ökoprofit; Stoffstrommanagement nach IPPC, 1999, S. 41

Umwelleistungsbewertung muss das Ökopunktemodell aus diesem Grund laufend den geänderten Ansprüchen angepasst werden.¹⁰

In die Berechnung der Umweltbelastungspunkte werden nur Emissionen und Verbräuche von Ressourcen einbezogen, die bei oder für die Herstellung des Produktes notwendig sind. Stoffe bzw. Ressourcen, die in das endgültige Produkt verarbeitet werden, finden keine Beachtung. Eine umweltschonende Wahl der Produktmaterialien wird somit nicht bewertet. Adäquat verhält sich dieses System gegenüber Recyclingkreisläufen, die ebenfalls nicht bewertet werden.

Das BUWAL Konzept berücksichtigt räumliche Aspekte insofern, als dass jeder Staat auf der Basis seiner umweltpolitischen Ziele eigene Ökofaktoren generiert. Theoretisch könnten Ökofaktoren für jedes beliebige, abgrenzbare Gebiet definiert werden. Sinnvoll wäre die Schaffung von regionalen und lokalen Ökofaktoren, entsprechend der räumlichen Ausdehnung von Umweltbelastungen mit dem Ziel, diese zu einem Umweltbelastungspunktwert aggregieren zu können.¹¹

1.2.2. Wirkungsbilanz mit verbal-argumentativer Bewertung (UBA, Berlin)

Die verbal-argumentative Umwelleistungsbewertung ist vom Bundesumweltamt Deutschland 1999 entwickelt worden und wird derzeit überarbeitet.

Für die Beurteilung der Auswirkungen eines Unternehmens auf die Umwelt ist es bei diesem System notwendig, den Zusammenhang zwischen den Umweltauswirkungen, die durch ein Unternehmen verursacht werden, und dem Zustand der Umwelt bzw. den bestehenden Umweltproblemen herauszustellen. Wie alle Umwelleistungsbewertungen baut auch dieses Verfahren auf Daten aus einer Sachbilanz in Form des betrieblichen Inputs und Outputs auf. Da nicht alle dieser Daten bereits eine Umweltauswirkung darstellen und um den Erhebungsaufwand in vertretbarem Rahmen zu halten, wird nicht die Gesamtheit der mit den betrieblichen Inputs und Outputs verbundenen Umweltauswirkungen betrachtet.

¹⁰ vgl. Braunschweig, A.: Evaluation und Weiterentwicklung von Bewertungsmethoden für Ökobilanzen - Erste Ergebnisse, 1994.

¹¹ vgl. Staber, W.; Hofer, M.: Ökoprofit; Stoffstrommanagement nach IPPC, 1999, S. 42

Stattdessen werden, unter Berücksichtigung der Wirtschaftsbeziehungen, die ein Unternehmen unterhält, lediglich die wesentlichen Umweltauswirkungen ausgewählt, die sich auf Grund der betrieblichen Tätigkeiten am Standort, in der Region und überregional ergeben. In Abbildung 1-1 werden die potentiellen Wirtschaftsbeziehungen eines Unternehmens im regionalen und überregionalen Wirtschaftsraum zusammenfassend dargestellt, die für eine Betrachtung von Interesse sein könnten.

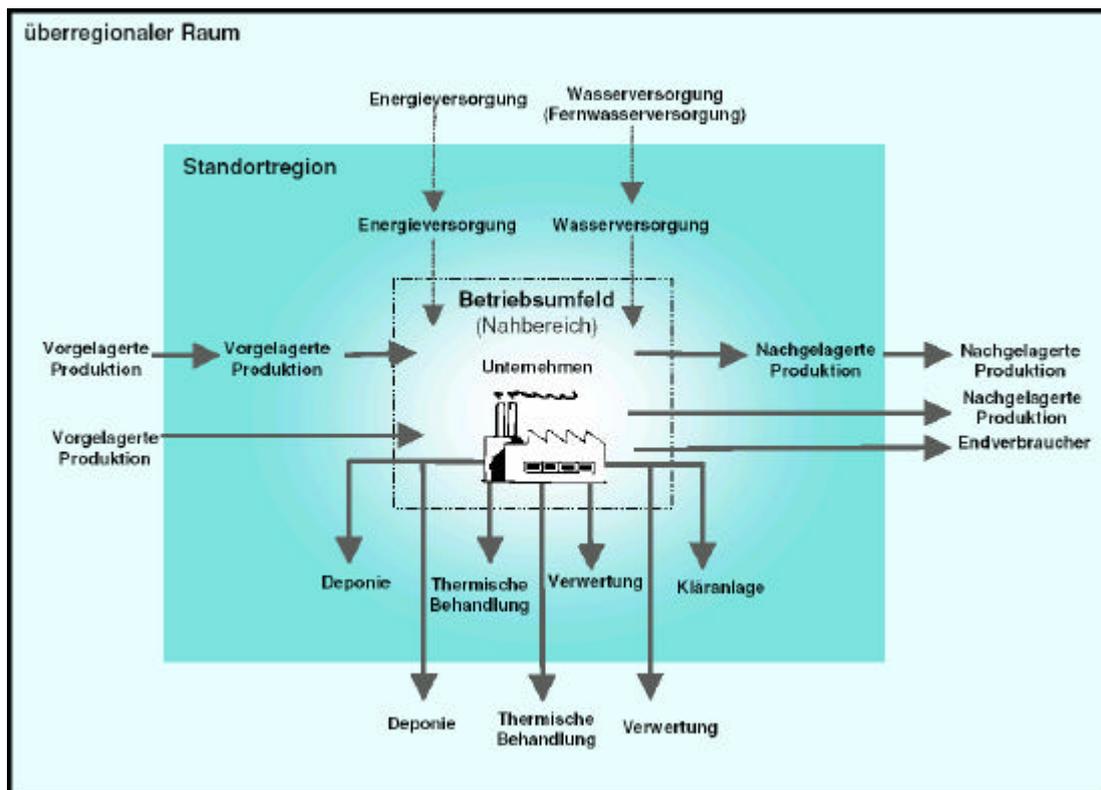


Abbildung 1-1: Das Unternehmen im Wirtschaftssystem¹²

Die Daten aus der Sachbilanz werden im weiteren Verlauf Wirkungskategorien zugeordnet. Die Wirkungskategorie ist ein Begriff aus der DIN-ISO Normenreihe 14000 ff, insbesondere aus der DIN-ISO 14040, und entspricht den derzeit relevanten Umweltproblemfeldern. In einer Wirkungskategorie werden alle Umweltauswirkungen, die zu einem Umweltproblem beitragen, zusammengefasst.

¹² Quelle: Walter, A. M.; Ratte, C., Georgi, B.: Leitfaden-Betriebliche Umweltauswirkungen, UBA, Berlin 1999, S. 6

So werden alle klimarelevanten Gase, wie z.B. CO₂, FCKW und CH₄ in der Wirkungskategorie Treibhauseffekt zusammengefasst [vgl. Abbildung 1-2].

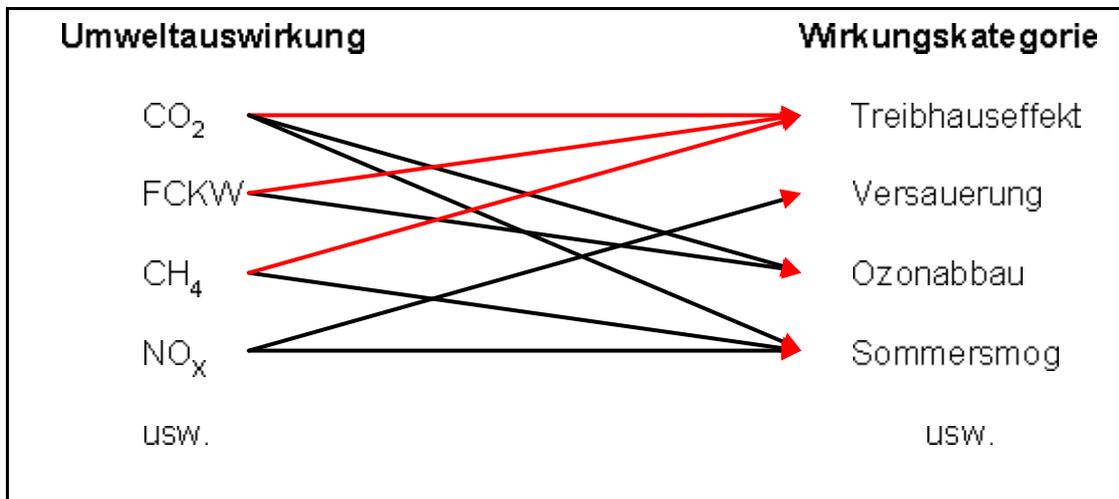


Abbildung 1-2: Zuordnung von mehreren Umweltauswirkungen in eine Wirkungskategorie

Die einzelnen Stoffe können aber auf Grund von Wechselwirkungen auch mehrfach zugeordnet werden. Ein Beispiel für eine solche Wechselwirkung ist CO₂, welches sowohl der Wirkungskategorie Treibhauseffekt, als auch dem Ozonabbau und dem Sommersmog zugeordnet werden kann [vgl. Abbildung 1-3].

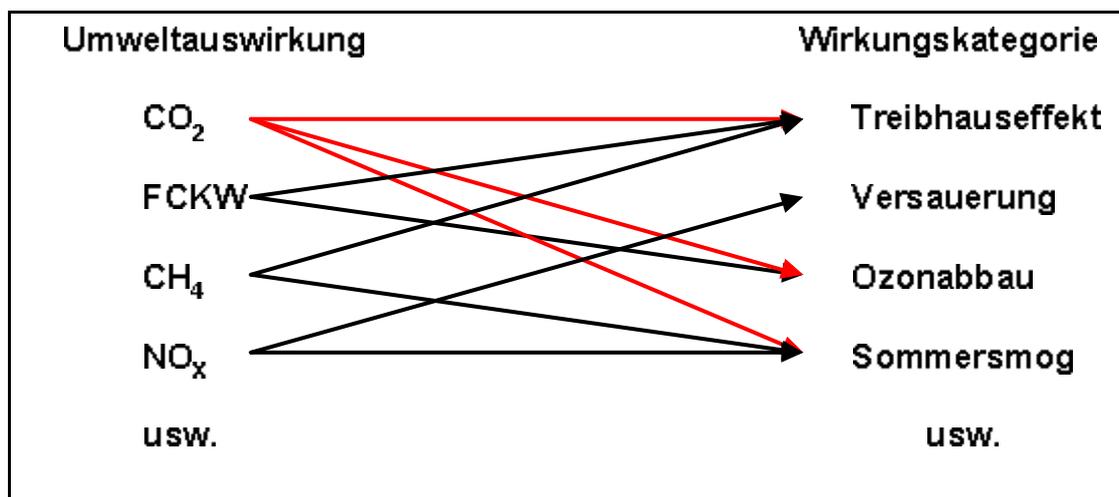


Abbildung 1-3: Zuordnung von einer Umweltauswirkung in mehrere Wirkungskategorien

Nachdem die Sachbilanzdaten den Wirkungskategorien zugeordnet sind, werden sie innerhalb der jeweiligen Wirkungskategorie zu einem Wert, dem betrieblichen Wirkungspotential zusammengefasst.

In der Methode des Umweltbundesamtes wird außerdem eine Gewichtung vorgenommen. Diese setzt sich aus dem betriebsspezifischen Betrag und der ökologischen Tragfähigkeit zusammen.

Die betriebsspezifischen Beträge für die einzelnen Umweltproblemfelder berechnen sich als das Verhältnisses des jeweiligen betrieblichen Wirkungspotentials zum Wirkungspotential des Bezugsraumes [vgl. Formel 1-4].

$$\text{Betriebsspezifischer Beitrag} = \frac{\text{Betriebliches Wirkungspotential}}{\text{Wirkungspotential des Bezugsraumes}}$$

Formel 1-4

Die ökologische Tragfähigkeit drückt die Umweltrelevanz eines bestimmten Umweltproblems aus und lässt sich in der Regel an dem Zustand der Umwelt feststellen. Schäden an der Umwelt oder bestehende Umweltbelastungen deuten beispielsweise darauf hin, dass Belastungsgrenzen bzw. Grenzen der ökologischen Tragfähigkeit erreicht oder überschritten werden. Für diesen Betrachtungsraum besteht somit für das Umweltproblem eine größere Relevanz.

Durch die Einstufung der Umweltbelastung, die sich an existierenden Beurteilungsmaßstäben, wie z.B. Grenz-, Vorsorge-, und Schwellenwerten orientiert, erfolgt die Einschätzung des Umweltzustandes. Die ökologische Tragfähigkeit bewirkt somit eine Implementierung umweltpolitischer Komponenten, sowie allgemein anerkannter Umweltschutzzielsetzungen in die Bewertung.

Für eine differenzierte Aussage zur Einschätzung des Umweltzustandes ist es oftmals hilfreich sich einer verbalen Bewertungsskala zu bedienen. Diese kann 3-stufig mit den Abstufungen gering, mittel und hoch, oder 5-stufig mit den Nuancen sehr gering, gering, mittel, hoch, sehr hoch sein. Nach Ermittlung aller Daten erhält man durch die Verknüpfung des betriebsspezifischen Beitrages mit der ökologischen Tragfähigkeit schließlich die Gesamtbedeutung der Wirkungskategorien. Diese Verknüpfung erreicht man durch eine Summierung der beiden Beträge. Wenn z.B. der spezifische Beitrag einer Wirkungskategorie für den Untersuchungsgegenstand gering ist, die ökologische Bedeutung dieser Wirkungskategorie aber groß ist, ergibt sich in Summe eine mittlere Gesamtbedeutung.¹³

¹³ vgl. Walter, A. M.; Ratte, C.; Georgi, B.: Leitfaden-Betriebliche Umweltauswirkungen, UBA, Berlin 1999

Die zu vergleichenden Produkte bzw. Verfahren oder Systeme werden schließlich zueinander in Beziehung gesetzt, indem die Mehrbelastungen des einen Produktes gegenüber dem anderen ermittelt und dargestellt werden. Abschließend werden in der letzten Phase des Bewertungsprozesses die Ergebnisse der Wirkungs- und der Sachbilanz unter der Einbeziehung der Gewichtung zu einer verbal argumentativen Gesamtbewertung zusammengeführt. Diese ist notwendig, da das System des Umweltbundesamtes als Ergebnis keine empirischen Zahlenwerte liefert, sondern argumentative Wertungskomponenten enthält. Man beschränkt sich somit in diesem abschließenden Schritt auf eine Abwägung der Wirkungskategorien untereinander und verzichtet auf jede weitere Berechnung.¹⁴

Methodenbeurteilung

Das Verfahren des Umweltbundesamtes beruht auf der Erstellung einer Wirkungsbilanz mit sehr detaillierten Eingangsparametern. Die hierdurch entstehende Menge an Daten und das sehr komplexe Verfahren machen dieses System schwer kommunizierbar.

Der Anspruch der Wissenschaftlichkeit und Exaktheit des Verfahrens setzt eine hohe Anforderung an die Datengrundlage voraus, jedoch kann auf Grund fehlender Datenerhebungen diese Ambition nicht immer gewährleistet werden.

Der Vorteil dieser Methodik liegt in dem detaillierten Informationsgehalt. Dadurch ist es möglich, Aussagen bezüglich der örtlichen, regionalen und nationalen Systemgrenzen zu treffen und Umweltauswirkungen eines Unternehmens in einem Gebiet abzuschätzen. Die Vergleichbarkeit von Betrieben ist mit der Umweltbundesamt Methode prinzipiell möglich, jedoch ist diese nicht als objektiv zu beurteilen. Einerseits achtet dieses Verfahren auf unterschiedliche Standortsituationen, indem es auf die regionalen und standortbezogenen Umwelteinwirkungen eingeht, auf der anderen Seite führt die verbal-argumentative Betrachtungsweise dazu, dass, sofern sie auf unterschiedlichen Bewertungen von Emissionen aufbauen, ein Ungleichgewicht im Vergleich existiert. So können z.B. unterschiedliche Auffassungen von Lärmbelastungen zu einer Divergenz führen.

¹⁴ vgl. Walter, A. M.; Ratte, C.; Georgi, B.: Leitfaden-Betriebliche Umweltauswirkungen, UBA, Berlin 1999

Da Lärm eine subjektive Empfindung ist, kann eine höhere Lärmbelastung in einem ansonsten lärmarmen Bezugsraum zu einer höheren Bewertung führen, als in einem Bezugsraum, der schon stark durch Lärm belastet ist. Die Lärmemission ist in beiden Fällen als gleich groß und zu vermeiden anzusehen, jedoch wird die Bewertung unterschiedlich ausfallen. Es liegt somit im Ermessen des Betrachters, wie die Faktoren bewertet werden.

Durch die Bestimmung von argumentativen Faktoren kann es somit auch zu einer Unterbewertung von Umwelteinflüssen kommen, wenn diese als nicht relevant eingestuft werden.

1.3. Zusammenfassung

Die beiden in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich dargestellten Methoden zur Umweltleistungsbewertung gehören zu der Kategorie der quantitativen Methoden, jedoch mit der Einschränkung, dass das BUWAL Verfahren im Ergebnis zu einer Messzahl und das Umweltbundesamt Verfahren zu mehreren Messzahlen aggregiert. Beide Methoden benötigen als Ausgangsbasis die Daten einer Input/Output Bilanz, jedoch unterscheiden sie sich grundsätzlich in der Abgrenzung des Betrachtungsraums. Während das BUWAL System einen nationalen Bezugsraum mit den Grenzen der Schweiz annimmt, unterteilt die Umweltbundesamt Methode in die Bereiche örtlich, regional und national. Die Berechnung der Ökofaktoren weist ebenfalls Differenzen auf. Das BUWAL Verfahren arbeitet mit nur einer Formel, die für alle Emissionen Anwendung findet und das Verhältnis zwischen dem aktuellen und dem kritischen Fluss aufzeigt.

Da für manche Umweltbereiche wie z.B. Lärm und Geruch, sowie die Rohstoffnutzung keine Stoffflüsse vorhanden sind [vgl. Tabelle 1-1: Auszug aus dem Vergleich der Ökofaktoren], können hier auch keine Ökofaktoren berechnet werden. Dies wiederum ist der Vorteil des Systems des Umweltbundesamtes, das diese Bereiche durch eine verbal – argumentative Betrachtungsweise integriert. Auf Grundlage von berechneten Ökofaktoren werden Schwachstellen von Umwelteinwirkungen und ihrer Veränderungen qualitativ abgeschätzt und nach allgemein gültigen Werten und subjektivem Wissen der Betrachter verbal beschrieben.

Ein Vergleich der ermittelten Faktoren der beiden Umweltleistungsbewertungssysteme ist auszugsweise in der folgenden Tabelle dargestellt.

		BUWAL	UBA
Emissionen in die Luft			
	CO	x	✓
	NO _x	✓	✓
	SO ₂	✓	✓
	flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan, FCKW)	✓	x
	CO ₂	✓	✓
	CH ₄	✓	✓
	PM10 bzw. Staub	✓	✓
Emissionen in die Oberflächengewässer			
	CSB	✓	✓
	Phosphor	✓	✓ ^①
	AOX	✓	✓ ^①
	Gesamtstickstoff	✓	✓ ^①
	Ammonium Stickstoff	x	✓ ^①
Sonstige Ökofaktoren			
	Lärmbelästigung	x	✓ ^②
	Flächenbewertung (Entzug natürlichen Lebensraumes, Flächenzerschneidung)	x	✓ ^②

Tabelle 1-1: Auszug aus dem Vergleich der Ökofaktoren

- ① Unterscheidung in Direkt- und Indirekteinleitung der Schadstofffracht ins Abwasser
- ② Bewertung nach verbalen Bewertungsskalen

Während bei den Ökofaktoren für Emissionen in die Luft noch eine grundsätzliche Übereinstimmung zu erkennen ist unterscheidet das Umweltbundesamt-Verfahren bei den Emissionen in die Oberflächengewässer zwischen direkt und indirekt Einleitung. Die in dem Bereich sonstige Ökofaktoren verglichenen Emissionsgruppen werden vom UBA-Verfahren mit Hilfe der verbal-argumentativen Bewertungsskalen beschrieben und vom BUWAL-System nicht betrachtet.

Eine Gesamtübersicht der Faktoren, die auf die Umweltleistungsbewertung Einfluss nehmen, ist im Anhang tabellarisch dargestellt.

1.4. Methodenvorschlag für den Standort Ingolstadt der AUDI AG

Nach der genaueren Betrachtung der beiden für die AUDI AG relevantesten und in der Wirtschaft zur Zeit meist verwendeten Verfahren, kann festgestellt werden, dass keine Methode die Ansprüche an ein Umweltsystem unter Berücksichtigung der EMAS-II-Verordnung für die AUDI AG erfüllt.

Aus diesem Grund wird versucht eine modifizierte Methode auf Basis der beiden vorgestellten Verfahren zu entwickeln, die transparent, leicht nachvollziehbar und dabei möglichst umfassend ist und die Anforderungen der EMAS II erfüllt. Ein weiteres wichtiges Ziel ist es, mit Hilfe der neu gebildeten Methode ein internes Messinstrument zu schaffen.

Um die Berechnung übersichtlich zu gestalten, werden auch hier die Emissionen in Kategorien unterteilt. Neben den Bereichen Luftemission, Abwasseremission und Boden- und Abfallemission, die schon aus dem BUWAL Verfahren bekannt sind, wird die Modifizierung noch um den Bereich der Lärmemission erweitert.

Innerhalb dieser Kategorien werden die Ökofaktoren für die einzelnen Emissionen äquivalent zur BUWAL Methode berechnet [vgl. Formel 1-2]. Als Berechnungsgrundlage werden hierbei jedoch nicht die vorhandenen Daten der Schweiz angenommen, sondern die spezifischen Daten für Deutschland ermittelt. Dabei fließen die in Deutschland relevanten Umweltprobleme in die Berechnung der Ökofaktoren mit ein.

Die zusätzliche Erhebung von Daten des Bundeslandes Bayern und der Stadt Ingolstadt, soll einen Vergleich zu den regionalen und örtlichen Zusammenhängen herstellen.

Um die Lärmbelastung in die Methode einzupassen, muss auf Basis der Methode des Umweltbundesamtes ein Konzept entwickelt werden, das die verbal-argumentative Bewertung in einem empirischen Wert ausdrückt und in weiterer Folge daraus einen Ökofaktor berechnet. Diese Integration soll so aufgebaut sein, dass sie jederzeit auch auf andere Umweltauswirkungen, die in Zukunft relevant sein könnten angewendet werden kann.

Die Berechnung der Umweltbelastungspunkte erfolgt durch Multiplikation der Emissionsmenge mit dem jeweiligen Ökofaktor. Da nicht jede Emission eindeutig zu erheben ist, müssen klare Systemgrenzen definiert werden.

Des Weiteren wird für die Definition der Priorität eines Umweltaspekts und der daraus resultierenden Maßnahmen das Bewertungsschema um eine verbalargumentative Komponente erweitert, in dem die Aspekte gesetzliche Vorgaben, Firmenphilosophie und Effektivität der Verbesserungsmaßnahmen etc. mit einfließen.

Daraus ergeben sich zwei Varianten der Ergebnisdarstellung:

1. Auf der einen Seite soll ein agglomerierter Umweltbelastungspunkt bezogen auf ein Jahr und die Anzahl der produzierten Fahrzeuge für das gesamte Unternehmen dargestellt werden, der für einen internen und gegebenenfalls auch externen Vergleich herangezogen werden kann. Als weiteres sollten die Hauptemissionsgruppen zusammengefasst und deren Umweltbelastungspunkt berechnet werden. Mit Hilfe dieser Darstellung besteht somit in weiterer Folge die Möglichkeit unterschiedliche Emissionsbedingungen zu vergleichen und Hauptverursachergruppen heraus zu filtern.
2. Eine weitere Darstellungsvariante des Ergebnisses sollte in Form eines Portfolios vorliegen. Hierbei sollten sie Ergebnisse der qualitativen Abschätzmethode und die prozentuellen Anteile der Hauptemissionsgruppen ins Verhältnis zueinander gesetzt werden. Somit kann eine Bewertung hinsichtlich einer zielgerechten und effektiven Verbesserung der erkannten Umweltaspekte durchgeführt werden.

2. Ermittlung der Ökofaktoren

Die Ökofaktoren besitzen die Aufgabe unterschiedliche Umwelteinflüsse in Relation zueinander zu setzen und diese in Form einer Zahl auszudrücken.

Die Formel zur Berechnung des Ökofaktors [vgl. Formel 1-4], welche das BUWAL-System vorschlägt, hat sich als sehr praktikabel erwiesen und ist dementsprechend weit verbreitet.

Da für Deutschland keine Ökofaktoren vorhanden waren, wurde versucht auf Basis dieser Formel die Ökofaktoren zu berechnen. Zu diesem Zweck war es notwendig Daten über Emissionen und Ist-Zustände in Deutschland zu erheben. Um eine bessere Übersichtlichkeit bei der Berechnung zu erhalten, wurden die einzelnen Emissionen in die Bereiche unterteilt, in denen sie anfallen. Somit entstanden die Emissionskategorien für Luftemissionen, Abwasseremissionen und Abfallemissionen. Zusätzlich wurde noch eine Kategorie mit Lärmemissionen gebildet. Die Lärmemissionen bedürfen einer speziellen Betrachtung, da es hier nicht möglich ist den Ökofaktor nach der Formel des BUWAL-Systems zu berechnen.

2.1. Faktoren für Luftemissionen

Mit dem am 18. Oktober 2000 auf Vorschlag des Bundesumweltministeriums beschlossenen neuen Klimaschutzprogramms wurde die Herausforderung, die der weltweite Klimawandel für die Menschheit darstellt, angenommen. Das IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) und die weltweit führenden Klimaforscher weisen übereinstimmend auf den bereits eingetretenen globalen Klimawandel hin. Die Erwärmung der Erdatmosphäre trägt somit zur Zunahme der Wahrscheinlichkeit von Stürmen und Überschwemmungen, sowie zur Gefahr der Verschiebungen von Vegetationszonen weiter bei.¹⁵

Ein wirksamer Klimaschutz erfordert daher weltweit abgestimmte Anstrengungen. Mit der 1994 in Kraft getretenen Klimarahmenkonvention und dem 1997 angenommenen Kyoto-Protokoll existieren Grundlagen für ein weltweit koordiniertes Vorgehen.

¹⁵ vgl. Kattwinlel, K.: Nationales Klimaschutzprogramm, Sonderteil Nr.11/2000, II

Die Bundesregierung hat daraufhin anspruchsvolle Ziele zur Minderung der Emissionen gesetzt. Um diese Zielsetzung in der Umwelleistungsbewertung zu erfassen, werden insbesondere für Treibhausgase einzelne Ökofaktoren berechnet. Zusätzlich wird die Auswahl der Luftschadstoffe noch um die Emissionen erweitert, die eine gesamtdeutsche ökologische Relevanz aufweisen. Da die Luftemission einen hohen Stellenwert in der Umweltpolitik darstellt, ist die Datengrundlage für die Erstellung der kritischen und aktuellen Flüsse weitreichend vorhanden.

In der Zusammenfassung dieses Kapitels werden zusätzlich Umweltbelastungspunkte für Bayern und Ingolstadt aufgeführt. Die Berechnung der Faktoren erfolgt auf die gleiche Weise wie die Berechnung für die deutschen Ökofaktoren, mit dem Unterschied, dass für den aktuellen Fluss die jeweiligen regionalen oder örtlichen Werte angenommen werden. Im Gegensatz zu den Emissionsdaten von Deutschland ist hier die Datengrundlage nicht vollständig. Da diese Ökofaktoren nur einen Vergleichswert zu den deutschen Umweltbelastungspunkten darstellen wird auf die agglomerierte Berechnung im weiteren Verlauf nicht weiter eingegangen, somit sind fehlende Daten zu vernachlässigen.

2.1.1. Stickoxide NO_x

Die Gase Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) werden unter dem Begriff NO_x (Stickoxide) zusammengefasst. In Bezug auf die ökologische Wirkung führen Stickoxid-Belastungen zu Schädigungen von Pflanzen und empfindlichen Ökosystemen.

Als Mitverursacher von saurem Regen schädigt NO_x Baustoffe und Metalle und trägt nach der Deposition zur N-Überdüngung von Ökosystemen und zur Bodenversauerung bei. Da Stickstoffdioxid ein starkes Reizgas ist, wirkt es sich auf Schleimhäute und Atemwege aus und beeinträchtigt die Lungenfunktion.¹⁶

¹⁶ vgl. „Katalyse Umwelt Lexikon“, online. <http://umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/Stickoxide.php>. Gelesen 20.08.2002

Der aktuelle Fluss bezieht sich auf vorläufige Daten des Umweltbundesamtes in Berlin und beträgt 1.6000.000 t/a. Für den kritischen Fluss wurde das im nationalen Klimaschutzprogramm gewählte Ziel von 1.051.000 t/a angenommen, welches innerhalb der Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 erreicht werden soll.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t NO _x /a]	1.600.000	2000	UBA	Vorläufige Daten
Kritischer Fluss [t NO _x /a]	1.051.000	bis 2008-2012	Nat. Klimaschutzprogramm	
Ökofaktor [UBP/g NO _x]	1,45			

Tabelle 2-1: Ökofaktor für Stickoxid

2.1.2. Schwefeldioxid SO₂

Bei hohen Konzentrationen führt Schwefeldioxid auf Grund der Bildung von schwefeliger Säure zu Erkrankungen der Atemwege, zu einer hohen Schädigung von Pflanzen und empfindlichen Ökosystemen sowie zu einer Schädigung von Bauwerken. Zudem ist Schwefeldioxid eine Vorläufersubstanz für die Bildung von sauren Niederschlägen und von Aerosolen.¹⁷ Die SO₂ Emissionen, welche vom Umweltbundesamt jährlich berechnet werden, waren in Deutschland in den letzten 10 Jahren rückläufig. Während 1995 noch 1.939.000 t SO₂ emittiert wurden, belief sich die Emission im Jahr 2000 auf 795.000 t. Der kritische Fluss für SO₂ basiert auf der Vereinbarung des nationalen Klimaschutzprogramms, das bis 2012 eine Verringerung der Emission auf 520.000 t/a vorsieht.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t SO ₂ /a]	795.000	2000	UBA	Vorläufige Daten
Kritischer Fluss [t SO ₂ /a]	520.000	bis 2008-2012	Nat. Klimaschutzprogramm	
Ökofaktor [UBP/g SO ₂]	2,94			

Tabelle 2-2: Ökofaktor für Schwefeldioxid

¹⁷ vgl. „Katalyse Umwelt Lexikon“, online. <http://umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/Schwefeldioxid.php>. Gelesen 20.08.2002

2.1.3. Ammoniak NH₃

Die Emission von Ammoniak führt nach Umwandlung mit Wasser zu Ammoniak-Wasser und nach Deposition zu einer Versauerung und N-Überdüngung von Ökosystemen und beeinträchtigt somit die Artenvielfalt.¹⁸ In Deutschland ist die Emission bis 1993 stetig gesunken und pendelt nun um einen Wert von 600.000 Tonnen jährlich. Der aktuelle Fluss bezieht sich auf die Jahresemission von 2000 und beläuft sich auf 598.000 Tonnen. Für den kritischen Fluss wurde von der Bundesregierung das Ziel von 550.000 t/a bis 2012 vorgegeben.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t NH ₃ /a]	598.000	2000	UBA	Vorläufige Daten
Kritischer Fluss [t NH ₃ /a]	550.000	bis 2008-2012	Nat. Klimaschutzprogramm	
Ökofaktor [UBP/g NH ₃]	1,98			

Tabelle 2-3: Ökofaktor für Ammoniak

2.1.4. Kohlenmonoxid CO

Die anthropogenen Hauptemissionsquellen für Kohlenmonoxid sind Verbrennungsprozesse und dabei insbesondere der Straßenverkehr. Es entsteht CO, wenn Verbrennungsvorgänge in Folge von Sauerstoffmangel unvollständig ablaufen. CO verdrängt durch höhere Affinität den Sauerstoff aus dem Blut und kann schnell vitalbedrohliche Konzentrationen erreichen. Durch die Einführung von Katalysatoren in Kraftfahrzeugen und die Verbesserungen in den Hausfeuerungsanlagen war auch der Kohlenmonoxidausstoß in den letzten Jahren rückläufig.¹⁹ Im Jahr 2000 betrug die Gesamtemission nach Berechnungen des Umweltbundesamtes 4.768.000 Tonnen.

¹⁸ vgl. „Katalyse Umwelt Lexikon“, online. <http://umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/Ammoniak.php>. Gelesen 20.08.2002

¹⁹ vgl. „Katalyse Umwelt Lexikon“, online. <http://umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/Kohlenmonoxid.php>. Gelesen 20.08.2002

Für eine Emissionsbeschränkung liegen keine Zielvorgaben vor, weshalb für die Festlegung des kritischen Flusses ebenfalls 4.768.000 Tonnen angenommen wurden, um eine Verschlechterung der Emissionen auszuschließen.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t CO/a]	4.768.000	2000	UBA	Vorläufige Daten
Kritischer Fluss [t CO /a]	4.768.000			Keine Zielvorstellungen
Ökofaktor [UBP/g CO]	0,21			

Tabelle 2-4: Ökofaktor für Kohlenmonoxid

2.1.5. Partikel PM

Bei Partikeln oder Staub handelt es sich um in der Luft verteilte, feste Teilchen, die je nach Größe in Grob- und Fein-Staub unterschieden werden. Die Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer (PM10) zeigen nach Studien starke gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen. Diese Fein-Stäube sind besonders toxisch, da sie lungengängig sind, sich in den Lungenbläschen ablagern und dort Gesundheitsschäden hervorrufen können. Umso problematischer wird dies, da sich zudem an dem Fein-Staub Umweltgifte wie z.B. Schwermetalle anlagern können. Die Staubemission konnte in den letzten Jahrzehnten drastisch reduziert werden.²⁰ Während 1990 noch 1.858.000 Tonnen emittiert wurden, waren es im Jahr 2000 nur noch 255.000 Tonnen. Hauptgrund für den Rückgang sind Rauchgasentstaubungsanlagen der Kraftwerke und das Zurückdrängen der Ofenheizung. Besonders problematisch ist, dass die Fein-Stäube nicht in dem Maße zurückgegangen sind wie die Grob-Stäube.

Die Umweltauswirkung von Staub auf Pflanzen zeigt sich in der Verschmutzung der Blätter, was die Pflanzen je nach Staub-Inhaltsstoff durch Lichtentzug, Ätzungen oder Verschluss der Spaltöffnungen schädigen kann. Die Immissionen von Staub werden als Staub-Niederschlag und als Schwebstaub gemessen (Immissionsgrenzwerte).

²⁰ vgl. „Katalyse Umwelt Lexikon“, online. <http://umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/Staub.php>. Gelesen 20.08.2002

Da jedoch keine Zielsetzung für die Emissionsmenge von Staub in Deutschland existiert soll für den kritischen Fluss eine Verschlechterung der jetzigen Situation ausgeschlossen werden.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t PM/a]	255.000	2000	UBA	Vorläufige Daten
Kritischer Fluss [t PM /a]	255.000			
Ökofaktor [UBP/g PM]	3,92			

Tabelle 2-5: Ökofaktor Partikel

2.1.6. Flüchtige organische Verbindungen NMVOC

Die flüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC; non methane organic compounds) umfassen ein Gemisch mit bis zu 80 unterschiedlich wirkenden Substanzen. Dieses beinhaltet sowohl nicht toxische als auch hochtoxische und krebserregende Verbindungen.²¹ Die Substanzen Methan und Fluorkohlenwasserstoffe zählen ebenfalls zu den organischen Verbindungen, jedoch werden sie auf Grund ihrer unterschiedlichen Umweltrelevanz gesondert betrachtet. Die Emissionen von NMVOC sind in Deutschland innerhalb des letzten Jahrzehnts rückläufig und betragen im Jahr 2000 1.600.000 Tonnen. Mit dem 1997 angenommenen Kyoto-Protokoll hat die Bundesregierung die Zielsetzung gefasst, die Emissionen ausgehend von 1990 um 69% zu reduzieren. Zur Erreichung dieses Ziels muss die NMVOC Emission bis 2012 auf 995.000 t/a herabgesenkt werden.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t NMVOC/a]	1.600.000	2000	UBA	Vorläufige Daten
Kritischer Fluss [t NMVOC /a]	995.000	bis 2008-2012	Nat. Klimaschutzprogramm	
Ökofaktor [UBP/g NMVOC]	1,62			

Tabelle 2-6: Ökofaktor für NMVOC

²¹ vgl. „Katalyse Umwelt Lexikon“, online. <http://umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/OrganischeVerbindungen.php>. Gelesen 20.08.2002

2.1.7. Treibhausgase

Aus den neusten Erkenntnissen des IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) wird die Mitverantwortlichkeit der Emission von Treibhausgasen für die anthropogene Verstärkung des Treibhauseffektes deutlich.²² Dabei wird heute davon ausgegangen, dass die in den vergangenen 100 Jahren beobachtete Zunahme der globalen Durchschnittstemperatur um 0,3 bis 0,6°C und der im gleichen Zeitraum beobachtete Anstieg des Meeresspiegels durch die anthropogene Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes mitverursacht sind. Wie Modellrechnungen zeigen, würde eine Verdoppelung der CO₂-Konzentration gegenüber dem vorindustriellen Niveau bis zum Jahr 2100, zu einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur um 1 bis 3,5°C und zu einem Anstieg des Meeresspiegels um 15 bis 95 cm führen. Im kontinentalen Maßstab ist mit beträchtlichen Abweichungen von den globalen Durchschnittswerten zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass sich die globale Temperatur in den letzten 10.000 Jahren zu keiner Zeit in vergleichbarer Geschwindigkeit verändert hat.²³

Die wichtigsten Treibhausgase sind CO₂, CH₄ (Methan) und N₂O (Lachgas). Außerdem wurden in dem nationalen Klimaschutzprogramm, basierend auf den Kyoto-Protokollen von 1997, Zielindikatoren unter anderem für halogenierte Fluorwasserstoffe (H-FKW) und Schwefelhexafluorid SF₆ festgelegt.

Auf Grund der Affinität bezüglich der Umweltrelevanz, werden die Treibhausgase zusammenfassend betrachtet und in der Tabelle auf der folgenden Seite dargestellt. Für die aktuellen Flüsse werden die erfassten Daten des Umweltbundesamtes vom Jahr 2000 herangezogen. Die kritischen Flüsse beziehen sich auf die im nationalen Klimaschutzprogramm festgelegten Ziele der Kyoto Gase.

²² vgl. Integrated Pollution Prevention and Control: Study on Energy Management and Optimisation in Industry, 2000

²³ vgl. Houghton, J.T. et.al.: Climate Change 1995. The science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, 1996

	Aktueller Fluss [in t/a]	Quelle	Kritischer Fluss [t/a]	Quelle	Ökofaktor [UBP/g]
Kohlendioxid CO ₂	858.000	UBA	760.500.000	Nat. Klimaschutz- programm	0,0000015
Methan CH ₄	2.885.000	UBA	90.662	Nat. Klimaschutz- programm	0,42
Lachgas N ₂ O	194.000	UBA	22.666	Nat. Klimaschutz- programm	7,87
Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe H-FKW	2884	UBA	9.066	Nat. Klimaschutz- programm	8,14
Fluorkohlenwasserstoffe FKW	258	UBA	340	Nat. Klimaschutz- programm	2231,83
Perfluormethan CF ₄	171	UBA	105	Nat. Klimaschutz- programm	15510,2
Perfluorethan C ₂ F ₆	42	UBA	11	Nat. Klimaschutz- programm	347.107,44
Perfluorpropan C ₃ F ₈	8	UBA	8	Nat. Klimaschutz- programm	125.000
Schwefelhexafluorid SF ₆	238	UBA	209	Nat. Klimaschutz- programm	5448,59

Tabelle 2-7: Ökofaktoren für Treibhausgase

2.1.8. Zusammenfassung

Bei einem Vergleich der einzelnen Ökofaktoren zwischen der Schweiz und Deutschland zeigt sich sowohl in der Art als auch den Werten der Ökofaktoren ein Unterschied. Der Grund hierfür liegt in den differenzierten Umweltzielen der einzelnen Staaten. Dies zeigt sich besonders deutlich in der Betrachtung der Treibhausgase, die in der Schweiz über ein Äquivalent einer Bewertung zugeführt werden und in Deutschland einzeln berechnet werden. Andere Emissionsgruppen, wie z.B. HCL oder HF finden in Deutschland wiederum weniger Beachtung, was sich durch fehlende Datengrundlagen bemerkbar macht. Dies wurde in der unten angeführten Tabelle dementsprechend vermerkt.

Eine weitere Differenz besteht in der Zuordnung einzelner Emissionen. Die Fraktion Staub (PM) wird in der Schweiz nicht im Gesamten, sondern nur als Feinstaub (PM10) betrachtet. Im deutschen Raum wird auf örtlicher und regionaler Ebene ebenfalls nur der PM10 Anteil betrachtet, dagegen wird auf bundesdeutscher Ebene nicht differenziert und Staub allgemein erhoben.

Bei einem Vergleich einzelner Ökofaktoren zwischen der Schweiz und Deutschland auf internationaler Ebene und zwischen Deutschland, Bayern und Ingolstadt auf nationaler Ebene sind teilweise erhebliche Unterschiede im Ergebnis festzustellen. Diese Differenzen in der Gewichtung einzelner Faktoren innerhalb der Luftemissionen lassen sich nur partiell auf ungleiche Umweltinteressen zurückführen. Ein anderer wichtiger Punkt ist hier der Zeitpunkt der Datenerhebung. So wird z.B. der Ökofaktor von NO_x in der Schweiz auf einer Datenbasis von 1997 berechnet, während sich der deutsche Ökofaktor auf Daten des Jahres 2000 bezieht. Zwischen diesen beiden Datenerhebungen ist allerdings die für den aktuellen Fluss notwendige Gesamtemission durch technische Verbesserungen gesunken. Die für den kritischen Fluss notwendigen gesetzlichen Rahmenbedingungen oder Zielvorgaben haben sich ebenfalls verändert. Während sich die Schweiz sich auf ein Zielabkommen von 1993 stützt, werden für die Berechnung des Deutschen Ökofaktors die Zielvorgaben des Kyoto Protokolls von 1997 angenommen. Die Abweichungen in den Ergebnissen der Ökofaktoren beruhen somit auf den unterschiedlichen Eingangsgrößen des kritischen und aktuellen Flusses. Ein direkter Vergleich der Ökofaktoren zwischen der Schweiz und Deutschland ist somit nicht

möglich, jedoch lässt sich erkennen, dass die Relationen der Ökofaktoren zueinander ähnlich sind.

Wie schon in der Einleitung zu diesem Kapitel angemerkt werden zusätzlich zu den bereits dargestellten bundesweiten Ökofaktoren, die Faktoren, die sich auf regionale oder örtliche Datenerhebungen beziehen, in dieser Zusammenfassung dargestellt. Sie dienen dabei ausschließlich dazu, einen Überblick über die Verhältnisse der verschiedenen Betrachtungsräume zu erhalten.

Vergleich Ökofaktoren				
	Schweiz	Ingolstadt	Bayern	Deutschland
	[UBP/g]	[UBP/g]	[UBP/g]	[UBP/g]
NO _x	67	0,001656616	0,268027098	1,45
SO ₂	53	0,007568047	0,804081293	2,94
NMVOG	32	0,004182824	0,804081293	1,62
NH ₃	63	0,000389752	0,378949752	1,98
HCL	42,3	keine Daten	keine Daten	keine Daten
HF	0	keine Daten	keine Daten	keine Daten
PM 10	110	11098,77913	39,08356849	keine Daten
CO ₂	0,2	keine Daten	0,000155049	0,0000015
CH ₄	4,2	keine Daten	keine Daten	0,42
N ₂ O	62	0,001582214	0,656716297	7,87
R11-Äquivalent	2000	keine Daten	keine Daten	keine Daten
Pb	2900	9803921,569	36532,3494	keine Daten
Cd	120000	keine Daten	keine Daten	keine Daten
Zn	520	keine Daten	keine Daten	keine Daten
Hg	120000	keine Daten	keine Daten	keine Daten
CO	Keine Daten	0,000212094	0,037074625	0,21
PM	Keine Daten	0,002757401	0,726642061	3,92
Dieselpartikel	Keine Daten	30211,48036	111,3077548	keine Daten
Benzol	Keine Daten	26455,02646	198,4087617	keine Daten
H-FKW	Keine Daten	keine Daten	keine Daten	8,14
CF ₄	1300	keine Daten	keine Daten	15510,20
C ₂ F ₆	1800	keine Daten	keine Daten	347107,44
C ₃ F ₈	1400	keine Daten	keine Daten	125000,00
SF ₆	4800	keine Daten	keine Daten	5448,59

Tabelle 2-8: Zusammenfassung der Ökofaktoren für Luftemissionen

2.2. Faktoren für Abwasseremissionen

Für die Berechnung des Ökofaktors von Abwasseremissionen werden für die Gewichtung der Emissionen die gesamtdeutschen Frachten in die Oberflächengewässer als Basis herangezogen. Diese bilden daher eine durchschnittliche Situation ab und gehen weder auf regionale Gegebenheiten, noch auf die Tatsache des Abbaus von Stoffen ein. Eine Abstufung, bei der eine differenziertere Betrachtung der einzelnen Flussströme möglich ist, wird auf Grund fehlender Daten für den gesamtdeutschen Raum nicht durchgeführt. Um dennoch eine Aussage über die regionalen und örtlichen Einflüsse treffen zu können, wurde versucht, Daten für Bayern und Ingolstadt zu erheben, um einen Vergleich der Größenordnungen zu erhalten. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass eine genauere Unterteilung einen sehr hohen Aufwand voraussetzt und somit wenig praktikabel ist. Eine Auflistung der regionalen und örtlichen Faktoren ist in der Zusammenfassung der Abwasserfaktoren dargestellt, jedoch wird in der weiteren Bemessung der Umweltbelastungspunkte nicht mehr darauf eingegangen.

Für die Berechnung der deutschen Faktoren wurden die, vom Umweltbundesamt Berlin in den Daten zur Umwelt 1997 definierten hydrologischen Stromsysteme Donau, Rhein, Ems, Weser, Elbe und Oder als Datengrundlagen herangezogen und als ein gemeinsames Flusssystem betrachtet.²⁴ Der Abbau von einzelnen Stoffen während des Flussverlaufes wurde auf Grund von fehlenden Daten nicht untersucht. Substanzen, die in Kleingewässern bereits in geringen Mengen stark negative ökologische Folgen haben, in großen Flusssystemen aber problemlos abgebaut werden, können somit nicht berücksichtigt werden.

Die Ökofaktoren für die Abwasseremissionen stellen ein vereinfachtes Abbild dar und können nicht vollständig den ökologischen Gegebenheiten Rechnung tragen. Für eine ökologische Bewertung von einzelnen Emissionen sind die Faktoren somit nur bedingt verwendbar, für eine vergleichende Gewichtung über alle Umweltmedien jedoch sind sie sehr gut geeignet.

²⁴ vgl. Umweltbundesamt Fachgebiet I 4.3 „Umweltberichterstattung, Umweltstatistik“: Daten zur Umwelt 1997, Zustand der Umwelt in Deutschland, S.220

Die Auswahl der Stoffe, für die Ökofaktoren berechnet wurden, orientierte sich an den gesetzlichen Vorgaben und den Umweltinteressen der deutschen Bundesregierung. Grundsätzlich wurde hierbei auf die, in der Abwasserverordnung, Anhang 40 für Metallbearbeitung und Metallverarbeitung festgelegten Schadstofffrachten eingegangen, da diese die derzeitigen und zukünftigen gesetzlichen Rahmenbedingungen für die AUDI AG festlegen.²⁵ Bei einer fehlenden Datengrundlage durch das Bundesgesetz wurde zusätzlich auf die Abwasserverordnung der Stadt Ingolstadt zurück gegriffen, die für Audi ebenfalls verbindlich ist.²⁶

2.2.1. Organische Stoffe (CSB)

Der CSB-Wert (Chemischer Sauerstoff Bedarf) ist ein Parameter für die Konzentration an organischen Substanzen in Gewässern. Diese organischen Stoffe stammen zum Teil aus natürlichen Quellen und zum anderen aus Abwässern. Der CSB gibt an, wie viel Sauerstoff nötig ist, um die Inhaltsstoffe eines Wassers vollständig zu oxidieren. Dies bedeutet für organische Verbindungen den vollständigen Umsatz zu Kohlendioxid. Es werden jedoch ebenfalls einige anorganische Verbindungen, wie z.B. Nitrit, Iodid und bestimmte Schwefelverbindungen oxidiert.

Die CSB Konzentration ist für die Qualität von Gewässern eine wichtige Kenngröße. Bei geringen Sauerstoffgehalten kann es zu Fischsterben kommen, oder zum umkippen eines Gewässers. Die mit dem Abwasser eingeleiteten organischen Verbindungen werden unter Sauerstoffverbrauch durch Mikroorganismen abgebaut. Je höher die eingebrachte organische Abwasserfracht ist, desto größer ist somit auch die Sauerstoffzehrung. Der CSB ist somit ein geeignetes Mittel, um die Belastung von Seen und Flüssen durch Stoffe zu beurteilen.²⁷

²⁵ vgl. Deutsche Abwasserverordnung, Anhang 40 C (1)

²⁶ vgl. Satzung für die öffentliche Entwässerungsanlage der Stadt Ingolstadt (Entwässersatzung - EWS-), § 15, (2), 11.

²⁷ vgl. Brinkmann, T.: „Was ist drin im Wasser? Summenparameter in der Wasserchemie“, online. <http://www.uni-siegen.de/~ifan/ungewu/heft8/brinkmann8.htm>. Gelesen 16.08.2002

Für die Berechnung des aktuellen Flusses wurden die Daten der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) herangezogen. Diese Daten beziehen sich auf Messungen beim Abfluss der großen Flüsse Deutschlands und beinhalten somit nicht den bereits abgebauten Teil der organischen Substanzen. Daraus ergibt sich ein aktueller Fluss von 3.119.715 t/a.

Der kritische Fluss bezieht sich auf die Grenzwerte der Abwasserverordnung. Im Anhang 40 wird für die metallbearbeitende und metallverarbeitende Industrie ein Grenzwert von 300 mg/l vorgeschrieben.²⁸ Die maximal zulässige verursachte kritische CSB Fracht lässt sich auf Basis der Abflussmengen Deutschlands hochrechnen und beträgt 49.905.720 t/a.

	Situation	Bezugsjahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t CSB/a]	3.119.714,8	1997	BfG	
Kritischer Fluss [t CSB/a]	49.905.720	1997	BfG	
Ökofaktor [UBP/g CSB]	0,0013			

Tabelle 2-9: Ökofaktor für CSB

2.2.2. Phosphor

Die ökologische Wirkung des Phosphoreintrages auf die Gewässer besteht in einer Begünstigung des Algenwachstums und in weiterer Folge in der Entstehung von höherem Sauerstoffbedarf, der wiederum Fischsterben mit sich führt. Hauptverursacher ist die Landwirtschaft, die Phosphor als Pflanzennährstoff bei der Düngung verwendet. Gemäß FAC 1994 gehen jährlich nur 10% der P-Überschüsse aus der Landwirtschaft in die Gewässer, während die restlichen 90% im Boden zwischengelagert werden.²⁹ Ein beträchtlicher Anteil der P-Fracht aus der Landwirtschaft gelangt folglich erst mit einer zeitlichen Verschiebung in die Gewässer. Eine Verringerung des Phosphor Eintrags wirkt sich deshalb erst mit einer temporären Verzögerung auf die Belastungssituation der Gewässer aus. Für die

²⁸ vgl. Deutsche Abwasserverordnung, Anhang 40 C (1)

²⁹ vgl. Braun, M. et al.: Schriftenreihe Nr. 18 der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, 1994

Bestimmung des aktuellen und des kritischen Flusses wird somit nur die P-Fracht in die Gewässer berücksichtigt.

Der aktuelle Fluss der deutschen Gewässer wurde durch das Umweltbundesamt im Emissionsinventar für die Bundesrepublik Deutschland bestimmt und beträgt 12 t jährlich. Für den kritischen Fluss wird auf die Abwasserverordnung Anhang 40 für Metallverarbeitende Industrien zurückgegriffen. Aus der kritischen Konzentration (2 mg/l) und der totalen Abflussmenge der Flüsse aus Deutschland, die durch das statistische Bundesamt Deutschland (Destatis) erhoben werden, ergibt sich eine kritische Fracht für Phosphor von 90.662 t/a.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t P/a]	12	1997	UBA	
Kritischer Fluss [t P/a]	90.662	1998	Destatis	
Ökofaktor [UBP/g P]	0,0015			

Tabelle 2-10: Ökofaktor für Phosphor

2.2.3. Stickstoffverbindungen (NH_4^+ , NO_3^-)

Der anthropogen verursachte Gesamtstickstoffgehalt in Oberflächengewässern setzt sich zu 95% aus Nitrat und Ammonium zusammen. Die ökologische Wirkung von Nitrat (NO_3^-) besteht darin, dass es durch das Trinkwasser vom Menschen aufgenommen und zu toxischem Nitrosaminen umgewandelt wird. Ammonium (NH_4^+) ist ein wassergefährdender Stoff, der je nach Temperatur und pH-Wert des Gewässers, in fischgiftiges Ammoniak umgewandelt wird. Die Hauptquellen für Stickstoff in den Gewässern sind Dünger aus der Landwirtschaft und Abwässer aus der Industrie, Gewerbe und Haushalten.³⁰

³⁰ vgl. Brand, G.; Scheidegger, A.; Schwank, O., Braunschweig, A.: Schriftenreihe Umwelt Nr. 297: Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit, 1998, S. 63 f

Für die Bestimmung der aktuellen Flüsse werden die Daten von der Bundesanstalt für Gewässerkunde herangezogen. Der anthropogene Anteil beläuft sich auf ca. 2.236.537 t/a für Ammonium und 17.802 t/a für Nitrat. Die Berechnung des kritischen Flusses bedient sich als Grundlage §15 der Entwässersatzung der Stadt Ingolstadt.³¹ Darin ist für Ammonium im gelösten Zustand ein Grenzwert von 100mg/l und für Nitrat ein Grenzwert von 10 mg/l vorgegeben.

Der kritische Fluss berechnet sich schließlich zusammen mit der totalen Abflussmenge Deutschlands auf 16.635.240 t NH₄⁺/a und 1.663.524 t NO₃⁻/a.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t NH ₄ ⁺ /a]	2.236.537	1997	BfG	
Kritischer Fluss [t NH ₄ ⁺ /a]	16.635.240	1997	BfG	
Ökofaktor [UBP/g NH ₄ ⁺]	0,0081			

Tabelle 2-11: Ökofaktor für NH₄⁺

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t NO ₃ ⁻ /a]	17.802	1997	BfG	
Kritischer Fluss [t NO ₃ ⁻ /a]	1.663.524	1997	BfG	
Ökofaktor [UBP/g NO ₃ ⁻]	0,0081			

Tabelle 2-12: Ökofaktor für NO₃⁻

2.2.4. Schwermetalle

Die Abwasserverordnung, Anhang 40³² setzt bei sechs ökorelevanten Schwermetallen für metallverarbeitende oder metallbearbeitende Betriebe Grenzwerte im Abwasser fest. Es sind dies die Schwermetalle Cadmium (Cd), Blei (Pb), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Zink (Zn) und Nickel (Ni), welche alle bei höheren Konzentrationen giftig sind.

³¹ vgl. Satzung für die öffentliche Entwässerungsanlage der Stadt Ingolstadt (Entwässersatzung - EWS-), § 15, (2), 11.

³² vgl. Deutsche Abwasserverordnung, Anhang 40 C (1)

Zusätzlich wurde auf Grund der hohen Toxizität Quecksilber (Hg) in die Bewertung mit aufgenommen. Um den Zusammenhang zwischen den Schwermetallen zu belegen, werden sie in diesem Kapitel zusammengefasst und anschließend in einer Tabelle dargestellt. Jedes dieser Schwermetalle schädigt das Ökosystem Wasser indem es sich in Organismen anreichert und Wachstumshemmungen und Stoffwechselstörungen verursacht. Durch die Nahrungskette erreichen diese Schwermetalle weite Verbreitung.³³ Die Hauptemittenten sind Industrie und Gewerbe, zum Teil gelangen Schwermetalle aber auch durch Auswaschung von Gesteinen in die Gewässer. Die Betrachtung der Ökofaktoren wird zusammengefasst betrachtet, um die Schwermetallemissionen übersichtlicher zu gestalten. Für die aktuellen Flüsse werden die Daten aus dem Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland entnommen³⁴, die eine Übersicht über die jährlichen Stoffeinträge in die deutschen Flussgebiete für den Zeitraum bis 1997 auflistet. Der kritische Fluss wird mit Hilfe der gesetzlichen Vorgaben berechnet. Für Quecksilber wird hierbei auf §15 der Entwässerungssatzung für Ingolstadt zurückgegriffen.³⁵ Obwohl die restlichen Schwermetalle ebenfalls in der Entwässersatzung protokolliert sind, beziehen sie sich auf die Abwasserverordnung Anhang 40, da die Abwasserverordnung eine aktuellere Richtlinie darstellt und somit strengere Grenzwerte beinhaltet.

	Aktueller Fluss	Quelle	kritischer Fluss	Quelle	Ökofaktor
	[in t/a]		[t/a]		[UBP/g]
Chrom	70	Destatis	22.666	UBA	0,14
Zink	849	Destatis	90.662	UBA	0,1
Kupfer	157	Destatis	22.666	UBA	0,3
Cadmium	4	Destatis	9.066	UBA	0,05
Quecksilber	3	Destatis	2.267	UBA	0,58
Blei	62	Destatis	22.666	UBA	0,12
Nickel	108	Destatis	22.666	UBA	0,21

Tabelle 2-13: Ökofaktoren für Schwermetalle

³³ vgl. Brand, G.; Scheidegger, A.; Schwank, O. , Braunschweig, A.: Schriftenreihe Umwelt Nr. 297: Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit, 1998, S. 65 f

³⁴ vgl. Umweltbundesamt (Hrsg.): Daten zur Umwelt, der Zustand der Umwelt in Deutschland, 1997

³⁵ vgl. Satzung für die öffentliche Entwässerungsanlage der Stadt Ingolstadt (Entwässersatzung - EWS-), § 15, (2), 11.

2.2.5. AOX

Unter dem AOX versteht man die Summe aller an Aktivkohle absorbierbaren organischen Halogen(X)-Verbindungen (X = Chlor, Brom und Iod). AOX ist somit ein Summenparameter zur Erfassung von organisch halogenierten (hauptsächlich chlorierten) Substanzen. Darunter fallen Stoffe antropogenen als auch natürlichen Ursprungs, wie chlorierte nicht aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. Chloroform), chlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe sowie polychlorierte Biphenyle (PCB). Die Umwelteinwirkung und die Toxizität der unter AOX zusammengefassten Verbindungen sind sehr unterschiedlich. Ein Kriterium hierfür ist die Fähigkeit, sich in einem Organismus anreichern zu können, wozu insbesondere fettlösliche Substanzen in der Lage sind. Die Substanzen sind umso toxischer, je höher sie chloriert sind, da sie so fettlöslicher und somit bioverfügbarer sind.³⁶ So sind z.B. chlorierte Lösungsmittel relativ gut abbaubar und daher relativ untoxisch, Dioxine und Furane hingegen persistent, bioakkumulierend und sehr toxisch. Auf Grund der toxischen Bandbreite ist die Bildung eines Ökofaktors ein Kompromiss. Auf der einen Seite kann die Gewichtung stark unterschiedlicher toxischer Substanzen mit einem Ökofaktor zu falschen Aussagen hinsichtlich der Umweltbelastung führen, auf der anderen Seite wäre die Aufteilung der AOX in verschiedene Substanzklassen oder Einzelstoffe nicht praktikabel.

Da die AOX-Emissionen bei Audi sehr gering sind und der Faktor insbesondere in den Industriebereichen Papier/Verpackung und Galvanik von Gewicht ist, kann der hierbei entstehende Fehler als gering eingestuft werden. Für den aktuellen Fluss wurden die Daten des Umweltbundesamtes verwendet, wobei hierbei die diffusen Einträge nicht abgeschätzt werden konnten, da die zur Verfügung stehende Datengrundlage zu unvollständig ist. Nach bisherigen Einschätzungen spielen dagegen beim AOX die diffusen Emissionen eine deutlich geringere Rolle.³⁷

³⁶ vgl. Brand, G.; Scheidegger, A.; Schwank, O., Braunschweig, A.: Schriftenreihe Umwelt Nr. 297: Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit, 1998, S. 69 ff

³⁷ vgl. IKSR-Expertenkreis, „Grundlagen und Modelle für diffuse Einträge“, 1996

Der somit berechnete Wert beträgt für den aktuellen Fluss 837 t/a. Für den kritischen Fluss wurde wiederum das Abwasserrecht Anhang 40 angewendet, welches einen Grenzwert von 1mg/l vorschreibt.

So ergibt sich ein kritischer AOX Fluss von 45.331 t/a.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t AOX/a]	837	1997	UBA	
Kritischer Fluss [t AOX/a]	45.331	1998	Destatis	
Ökofaktor [UBP/g AOX]	0,4072			

Tabelle 2-14: Ökofaktor für AOX

2.2.6. Zusammenfassung

Für die Gegenüberstellung aller berechneten Ökofaktoren sind zusätzlich die Ergebnisse für die örtlichen und regionalen Ökofaktoren mit aufgelistet, um einen Vergleich über die Größenordnungen zu erlangen. Die Faktoren für DOC (Dissolved organic carbon) und TOC (Total organic carbon) wurden für Deutschland nicht berechnet, da diese in der Schweiz nur durch eine Näherung aus dem CSB Faktor abgeleitet werden. Des Weiteren sind Daten über Messungen bei Audi nicht vorhanden, so dass in diesem Fall auch keine weitere Berechnung zu einem Umweltbelastungspunkt möglich wäre.

Die ungleichen Faktorenwerte zwischen der Schweiz und Deutschland haben unterschiedliche Ursachen. Es ist festzustellen, dass die aktuellen Emissionsfrachten in Deutschland bezogen auf die Einwohnerzahl und Fläche, um einiges geringer sind, als in der Schweiz. Die daraus resultierenden Grenzwerte sind somit in der Schweiz strenger festgelegt, wodurch der kritische Fluss verringert wird. Diese Gründe und die Tatsache, dass einige Flüsse durch Abschätzungen und Ableitungen berechnet wurden, führen zu einer differenzierten Bewertung der einzelnen Faktoren. Am Beispiel des Quecksilbers, Hg ist dieser Unterschied besonders gravierend erkennbar. Die Betrachtung der berechneten Ökofaktoren von Deutschland untereinander zeigt jedoch, dass die Relationen vergleichsweise gleich bleiben sind.

	Schweiz [UBP/g]	Ingolstadt [UBP/g]	Bayern [UBP/g]	Deutschland [UBP/g]
CSB	5,9	keine Daten	0,23	0,0013
DOC	18	keine Daten	0,68	keine Daten
TOC	18	keine Daten	0,68	keine Daten
Zn	210	keine Daten	keine Daten	0,1033
Cu	1200	667	keine Daten	0,3049
Cd	11000	110	keine Daten	0,0495
Ni	190	1404	keine Daten	0,2108
Pb	150	2012	keine Daten	0,1215
Cr	660	1158	keine Daten	0,1355
Hg	240000	14035	keine Daten	0,5832
P	2000	keine Daten	175,97	0,0015
ges. N	69	keine Daten	9,86	0,0001
NH₄⁺	54	keine Daten	keine Daten	0,0323
NO₃⁻	16	keine Daten	keine Daten	0,0257
AOX	330	702	12,31	0,4072

Tabelle 2-15: Zusammenfassung der Abwasserfaktoren

2.3. Faktoren für Abfall- und Bodenemissionen

Die Berechnung des Abfall- bzw. Bodenfaktors bezieht sich auf die Beanspruchung des Bodenraumes. Diese Beanspruchung setzt sich nach dem BUWAL - Verfahren aus landwirtschaftlicher Nutzung (Schadstoffeintrag über Dünger oder Pflanzenschutzmittel) und der Nutzung von Deponieraum zusammen. Für Audi ist dabei die Nutzung des Deponieraums durch Abfall der relevante Anteil. Die Abfallmenge, die einer thermischen Entsorgung zugeführt werden muss, wird durch Umrechnung in Luftschadstoffe über die Faktoren der Luftemissionen der Umweltleistungsbewertung zugeführt. In den Faktor für Abfall- und Bodenemissionen fließen somit die Abfälle mit ein, die einer Deponierung zugeführt werden. Um einen allgemeinen Vergleich zu lokalen und regionalen Gegebenheiten zu erhalten, wurden in der Zusammenfassung zusätzlich die Ökofaktoren für Ingolstadt und Bayern aufgeführt. Da diese Faktoren im weiteren Verlauf für die Berechnung der Umweltbelastungspunkte keine Bedeutung haben, werden sie bei der Ökofaktorenberechnung nicht weiter betrachtet.

2.3.1. Beanspruchung von Deponieraum für feste Abfälle

Die Berechnung eines Ökofaktors für die Beanspruchung von Deponieraum für feste Abfälle ist auf Grund mangelnder Daten sehr kompliziert.

Grundsätzlich gilt, dass nach § 3 (1) des Umweltstatistikgesetzes (UStatG)³⁸ bei den Betreibern von zulassungsbedürftigen Anlagen die Abfallentsorgung jährlich erhoben werden muss. In § 3 (2) UStatG werden Erhebungen über die Abfalleinsammlung, deren Beförderung und Verbleib geregelt.

Die Abfalleinsammlung beinhaltet die Erhebung über das Einsammeln von Hausmüll im Rahmen der öffentlichen Müllabfuhr und das Einsammeln von Abfällen außerhalb der öffentlichen Müllabfuhr. Die besonders überwachungsbedürftigen Abfälle werden nach § 4 UStatG erhoben, indem die Begleitscheine, die für diese Art der Abfälle geführt werden müssen, jährlich ausgewertet werden.

³⁸ vgl. Umweltstatistikgesetz § 3 ff

Die Entsorgung bestimmter Abfälle wie z.B. Bauschutt, Bodenaushub, Altöl, Kunststoff, Altglas und Verpackungen werden nach § 5 UStatG , in 2-Jahres Abstand erfasst. Mit der Auswertung der erhobenen Daten hat das Statistische Bundesamt, Wiesbaden deponierte Abfallmengen berechnet. Für das Jahr 1998 wurden somit insgesamt 67.246.000 t (ohne Hamburg) deponiert. Hiervon wurden wiederum 66.723.500 t/a oberirdischen Deponien zugeführt und 522.500 t/a in unterirdischen Deponien abgelagert, welche gleichzeitig auch den aktuellen Fluss bilden.

Die Berechnung des kritischen Flusses basiert auf gesetzlichen Vorgaben oder Zielvorstellungen. Eine Beschränkung auf Grund von gesetzlichen Vorgaben ist derzeit nicht vorhanden. Allerdings hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in einer Pressemitteilung vom 23.09.1999 eine Zielsetzung definiert: bis zum Jahr 2020 müssen Siedlungsabfälle vollständig verwertet werden und dürfen nicht mehr deponiert werden. Auf Grund dieser Zielsetzung, die als kritischer Fluss gilt, ist es jedoch nicht möglich einen Ökofaktor zu berechnen.

Nach einer Betrachtung des voraussichtlichen Ergebnisses für die Abfallentsorgung der Energiewirtschaft des Jahres 1999, welches einen gleich bleibenden Anteil an deponierten Abfallmengen zeigt, wird deutlich, dass die Zielsetzung des Bundesumweltministers sehr ehrgeizig ist und nur schwierig zu erreichen sein wird.

Ein weiteres Problem für die Berechnung des Ökofaktors stellt die unzureichende Datengrundlage dar. Diese erlaubt keine Unterscheidung zwischen den einzelnen deponierten Stofffrachten.

Um einen Ökofaktor für die Beanspruchung von oberirdischem Deponieraum berechnen zu können, wird daher die Zielsetzung getroffen, dass neben der Reduzierung des Siedlungsdeponieraumes die anderen oberirdisch deponierten Stofffrachten ebenfalls verringert werden. Um einen für die Berechnung zulässigen kritischen Fluss zu erhalten wird eine generelle Reduzierung des Deponieraumes bis 2010 um 50% angenommen. Dadurch ist gewährleistet, dass die Zielvorgabe des Umweltbundesamtes in die Berechnung des Ökofaktors integriert und dass eine Verschlechterung der derzeitigen Situation ausgeschlossen wird. Zu diesem Zweck wurde ausgehend von den deponierten Werten von 1998 eine Reduktion zu 33.623.000 t/a für den kritischen Wert angenommen.

Für die unterirdische Deponierung existieren keine Gesetze oder Absichtserklärungen, welche direkt eine Beschränkung der Einlagerung fordern. Deshalb wurde hier der kritische Wert von 522.500 t/a beibehalten.

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t/a]	67.246.000	1998	Destatis	Ohne Hamburg
Kritischer Fluss [t/a]	33.623.000			Zielvorgabe für 2005, reduktion um 50%
Ökofaktor [UBP/g]	0,06			

Tabelle 2-16: Ökofaktor für oberirdische Deponierung

	Situation	Jahr	Quelle	Bemerkung
Aktueller Fluss [t /a]	522.500	1998	Destatis	ohne Hamburg
Kritischer Fluss [t /a]	522.500			
Ökofaktor [UBP/g]	1,91			

Tabelle 2-17: Ökofaktor für unterirdische Deponierung

2.3.2. Zusammenfassung

Die Gegenüberstellung der Ökofaktoren für Abfall- und Bodenemissionen enthält neben den überregionalen auch den örtlichen und regionalen Bereich, um die Größenverhältnisse der einzelnen Werte abschätzen zu können, wobei der Unterschied durch die ungleiche Größe des Betrachtungsraumes entsteht. Wie bei den Ökofaktoren für die Luft- und Abwasseremissionen ist hier wiederum zu erkennen, dass die Werte der Ökofaktoren im direkten Vergleich stark differenzieren, jedoch die Verhältnisse innerhalb eines Bezugsraumes ähnlich sind.

Vergleich Ökofaktoren				
	Schweiz [UBP/g]	Ingolstadt [UBP/g]	Bayern [UBP/g]	Deutschland [UBP/g]
obertage Deponien	0,5	keine Daten	0,78	0,0600
untertage Deponien	24	keine Daten	87,35	1,9100

Tabelle 2-18: Zusammenfassung der Abfall- und Bodenfaktoren

2.4. Faktoren für Lärmemissionen

Lärmemissionen zu bewerten stellt eine schwierige Aufgabe dar, da Lärm meist subjektiv empfunden wird. Diese Tatsache wird durch das Umweltbundesamt bestätigt. Im Leitfaden Betriebliche Umweltauswirkungen wird dazu folgendes ausgesagt:

„Als Lärm werden vom Menschen unangenehme, unwillkommene, störende oder gesundheitsschädigende Schallereignisse wahrgenommen. Inwieweit Lärm als belästigend empfunden wird, wird von jedem Menschen anders beurteilt, d.h. das Lärmerleben ist subjektiv. Dennoch wird es von den akustischen Einflussgrößen, wie z.B. dem Schallpegel, dem Spektrum (z.B. Tonhaltigkeit), der Zeitstruktur (z.B. auch Impulshaltigkeit) sowie der Dauer und Häufigkeit oder auch durch situative Merkmale, wie z.B. die Tageszeit geprägt. Zum Lärmempfinden von Tieren gibt es bislang wenig gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse. Beobachtungen im Rahmen raumgreifender technischer und baulicher Maßnahmen haben gezeigt, dass es zu Veränderungen (d.h. Abwanderung) tierischer Populationen kommen kann. In dichten Siedlungsbereichen, aber auch in stark zerschnittenen Freiräumen stellt die Geräuschbelastung durch Verkehrslärm ein großes Umweltproblem dar. Aufgrund des stetig wachsenden Verkehrsaufkommens trägt in Deutschland insbesondere der Straßenverkehr trotz zahlreicher Minderungsmaßnahmen (planerische Maßnahmen, Entwicklung lärmarmen Fahrzeuge) zur Lärmbelastung der Bevölkerung bei. Einen wesentlichen Beitrag zu dieser Verlärmung leistet der Straßengüterverkehr insbesondere durch den Schwerlastverkehr. In der Nacht kommt es zu einer nur geringen Abnahme der Lärmbelastung. Besonders stark verlärmte sind ebenso Güterverkehrsstrecken. Stark betroffen sind vor allem die unmittelbar angrenzenden Wohngebiete. Weiterhin gaben 1994 in den alten Bundesländern 21% der Bürger und in den neuen Bundesländern 23% der Bürger an, von Industrie- und Gewerbelärm stark belästigt zu werden (Umfrageergebnisse des Institutes für praxisorientierte Sozialforschung).“³⁹

³⁹ vgl. Walter, A. M.; Ratte, C.; Georgi, B.: Leitfaden Betriebliche Umweltauswirkungen; Anhang I Hintergrundinformation zu den Umweltproblembereichen, S. A.I-7-

Diese Erkenntnisse führen dazu, dass die Bewertung des Lärms nicht mit der Formel der BUWAL-Methode zu berechnen ist, da weder ein kritischer Fluss noch ein aktueller Fluss bestimmt werden kann.

Die Methode des Umweltbundesamtes regelt dieses Problem durch einen verbal-argumentativen Ansatz. Hierbei richtet man sich nach Tabelle 2-19 und ordnet die gemessenen Immissionswerte, je nach Gebietscharakteristik und Tageszeit in die Bereiche „groß/sehr groß“, „mittel“ und „gering/sehr gering“ ein. Mit Hilfe dieser Handhabung ist es jedoch nicht möglich einen empirischen Wert in Form eines Ökofaktors zu berechnen.

Außen-schallpegel in dB(A)	Gesamt-bewertung	groß/ sehr groß		mittel		gering/ sehr gering	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Gebiets-charakteristika							
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeheime		> 45	> 35	> 40-45	> 30-35	< 40	< 30
Gebiete in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind		> 50	> 35	> 45-50	> 30-35	< 45	< 30
Gebiete in denen Wohnungen untergebracht sind		> 55	> 40	> 50-55	> 35-40	< 50	< 35
Gebiete mit gewerblichen Anlagen, in denen weder vorwiegend Wohnungen noch gewerbliche Anlagen untergebracht sind		> 60	> 45	> 55-60	> 40-45	< 55	< 40
Gewerbegebiete		> 65	> 50	> 60-65	> 45-50	> 55-60	> 40-45
Industriegebiete		> 70	> 70	> 65-70	> 65-70	> 60-65	> 60-65

Tabelle 2-19: Einstufung der Beurteilungspegel unter Berücksichtigung der Gebietscharakteristika in Anlehnung an die Immissionsrichtwerte der TA-Lärm⁴⁰

Um einen Faktor für die Lärmbelastung veranschlagen zu können, wurde auf Basis der UBA-Methode eine qualitative Schätzwertmethode entwickelt, die eine zahlenmäßige Erfassung zulässt. Die Daten, die für eine Berechnung zur Verfügung stehen sind die Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm).⁴¹ Ziel ist es nun die gesetzlichen Grundlagen mit einer Bewertung in einen Ökofaktor zusammen zu führen.

⁴⁰ Quelle: Walter, A. M.; Ratte, C., Georgi, B.: Leitfaden-Betriebliche Umweltauswirkungen, UBA, Berlin 1999, Anhang IV Beurteilungsmaßstäbe, Bewertungsraster, Äquivalenz u. Umrechnungsfaktoren, S. A.IV-4

⁴¹ vgl. Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm; § 48 Bundes-Immissionsschutzgesetz

Hierfür werden die Lärmemissionen am Tag getrennt von den Lärmemissionen in der Nacht betrachtet, da jeweils verschiedene Grenzwerte gültig sind. Des Weiteren wird für die verbal-argumentativen Bewertungen des UBA-Systems ein numerischer Faktor abgeschätzt. Für die Klassifizierung nach UBA von „gering/sehr gering“ wird ein Faktor von 0,01 [UBP/Ø dB(A)/d] angenommen, da eine Belastung in dieser Größenordnung im Verhältnis zu dem gesetzlichen Grenzwert als positiv zu bewerten ist. Durch eine Hochrechnung für ein gesamtes Jahr, auf die sich die Umweltleistungsbewertung bezieht, erhält man einen Ökofaktor von 3,65 [UBP/Ø dB(A)/a]. Die Berechnungen für die UBA Klassifizierungen von „mittel“ und „hoch/sehr hoch“ berechnen sich nach dem gleichen Schema, jedoch wird hierbei ein differenzierter Faktor gewählt. Für den Bereich „mittel“ wird ein neutraler Faktor angenommen. Dies liegt darin begründet, dass in diesem Fall die Grenzwerte eingehalten werden, jedoch keine wesentlichen Unterschreitungen vorhanden sind. Somit ergibt sich ein Faktor von 1 [UBP/Ø dB(A)/d] bzw. 365 [UBP/Ø dB(A)/a]. Die Einstufung nach UBA in „hoch/sehr hoch“ setzt voraus, dass Grenzwerte überschritten werden. Im Vergleich zu den anderen Bewertungen wurde daher der Faktor 100 [UBP/Ø dB(A)/d] gewählt. Bei der Betrachtung über das Jahresmittel ist der Faktor von 36.500 [UBP/Ø dB(A)/a] im Vergleich zu den anderen Faktoren sehr hoch angesetzt, was jedoch durch die Tatsache einer überdurchschnittlichen Grenzwertüberschreitung pro Jahr zu rechtfertigen ist. Die Umweltbelastungspunkte in Bezug auf die unterschiedlichen Gebietscharakteristika sind in den Tabellen auf der folgenden Seite dargestellt.

Gebietscharakteristika – Tag	Grenzwert	gemessene Belastung	UBA-Bewertung	Ökofaktor [UBP/Ø dB(A)/a]
	in dB(A)	In dB(A)		
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeheime	45	>45	groß /sehr groß	36500
	45	40-45	mittel	365
	45	<40	gering / sehr gering	3,6500
Gebiete in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	50	>50	groß /sehr groß	36500
	50	45-50	mittel	365
	50	<45	gering / sehr gering	3,6500
Gebiete in denen Wohnungen untergebracht sind	55	>55	groß /sehr groß	36500
	55	50-55	mittel	365
	55	<50	gering / sehr gering	3,6500
Gebiete mit Gewerblichen Anlagen, in denen weder vorwiegend Wohnungen noch gewerbliche Anlagen untergebracht sind	60	>60	groß /sehr groß	36500
	60	55-60	mittel	365
	60	<55	gering / sehr gering	3,6500
Gewerbegebiete	65	>65	groß /sehr groß	36500
	65	60-65	mittel	365
	65	<60	gering / sehr gering	3,6500
Industriegebiete	70	>70	groß /sehr groß	36500
	70	65-70	mittel	365
	70	<65	gering / sehr gering	3,6500

Tabelle 2-20: Ökofaktoren für Lärmemissionen am Tag

Gebietscharakteristika – Nacht	Grenzwert	gemessene Belastung	UBA-Bewertung	Ökofaktor [UBP/Ø dB(A)/a]
	in dB(A)	in dB(A)		
Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeheime	35	>35	groß /sehr groß	36500
	35	30-35	Mittel	365,0000
	35	<30	gering / sehr gering	3,65
Gebiete in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	35	>35	groß /sehr groß	36500
	35	30-35	Mittel	365,0000
	35	<30	gering / sehr gering	3,65
Gebiete in denen Wohnungen untergebracht sind	40	>40	groß /sehr groß	36500
	40	35-40	Mittel	365,0000
	40	<35	gering / sehr gering	3,65
Gebiete mit Gewerblichen Anlagen, In denen weder vorwiegend Wohnungen noch gewerbliche Anlagen untergebracht sind	45	>45	groß /sehr groß	36500
	45	40-45	Mittel	365,0000
	45	<40	gering / sehr gering	3,65
Gewerbegebiete	50	>50	groß /sehr groß	36500
	50	45-50	Mittel	365,0000
	50	<45	gering / sehr gering	3,65
Industriegebiete	70	>70	groß /sehr groß	36500
	70	65-70	Mittel	365,0000
	70	<65	gering / sehr gering	3,65

Tabelle 2-21: Ökofaktoren für Lärmemissionen in der Nacht

3. Berechnung der Umweltbelastungspunkte

Um das Unternehmen durch eine Umweltleistungsbewertung einschätzen zu können, ist es notwendig den Zusammenhang zwischen den durch Audi verursachten Umweltauswirkungen und den daraus resultierenden Umwelteinwirkungen darzustellen. Hierfür werden die im vorherigen Kapitel ermittelten Ökofaktoren mit den einzelnen Emissionen zu der Einheit Umweltbelastungspunkte (UBP) multipliziert (vgl. Formel).

$$\text{Umweltbelastungspunkt } t = \text{Ökofaktor} * \text{Emission (Verbrauch)}$$

Formel 3-1

Dabei sind die Emissionen ein Abbild der Umweltauswirkungen durch Audi und die Ökofaktoren die Gewichtung in Bezug auf die Umweltaspekte. Wie in der Einleitung beschrieben, werden dabei die Umweltauswirkungen in direkte und in indirekte unterschieden. Als direkte Umweltauswirkungen werden daher jene Emissionen betrachtet, die unmittelbar durch die Herstellung des Produktes entstehen. Unter diesem Aspekt fallen somit die Emissionen für die Energieerzeugung, die Abwasser- und Lösemittelmmissionen, aber auch die Schadstoffe, die durch die Prüfstände und den internen Transport der Fahrzeuge entstehen. Für die Betrachtung der indirekten Umweltauswirkungen werden alle Emissionen betrachtet, die nicht unmittelbar bei der Herstellung des Produktes anfallen. Hierzu zählen die Emissionen durch Dienstfahrzeuge, der Werkseisenbahn für Rangierarbeiten und des Zulieferverkehrs.

Um diese direkten und indirekten Umweltauswirkungen gleichwertig in die Umweltleistungsbewertung einfließen lassen zu können, ist es daher notwendig, klare Bezugsräume, in Form von Systemgrenzen, zu definieren. Für die direkten Umweltauswirkungen wird als Systemgrenze das Werksgelände der AUDI AG Ingolstadt (vgl. Abbildung 3-1 auf der nächsten Seite) gewählt.

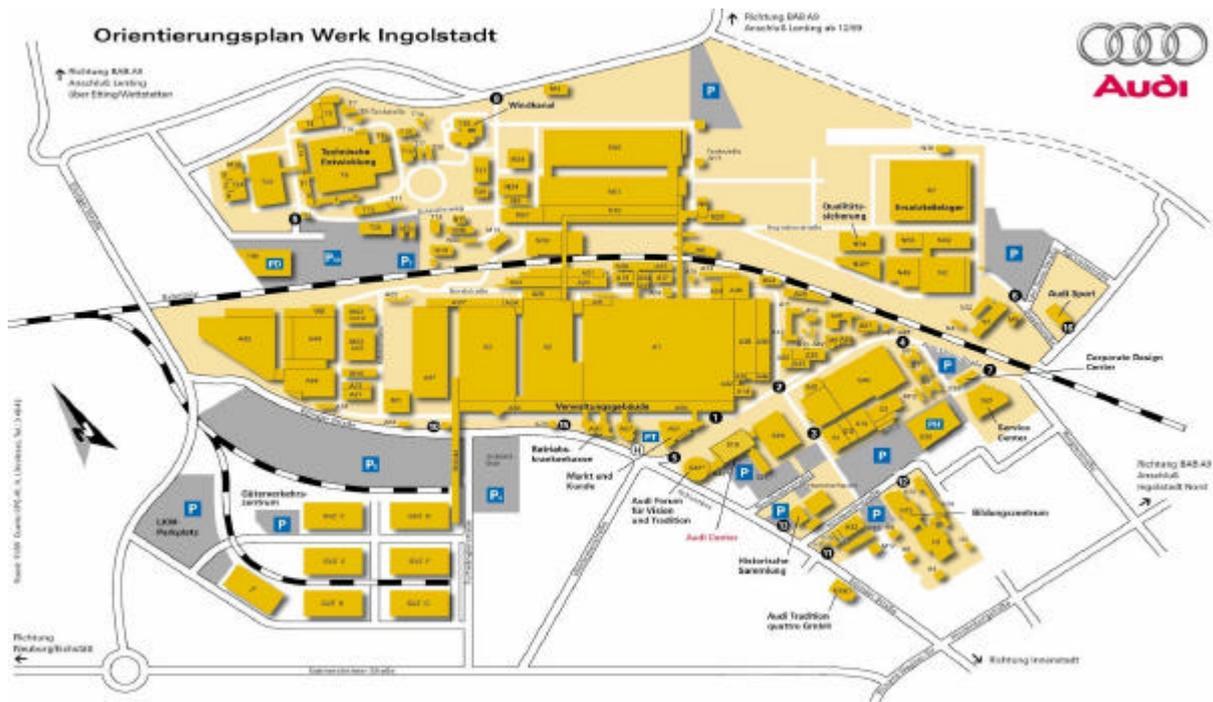


Abbildung 3-1: Systemgrenze 1: Orientierungsplan Werk Ingolstadt⁴²

Um die indirekten Umweltauswirkungen zu betrachten, müssen erweiterte Systemgrenzen aufgestellt werden, da sie nicht nur Emissionen am Standort, sondern ebenfalls in der Umgebung verursachen. Die Emission der Dienstfahrzeuge und der Werkseisenbahn ist durch eine gesicherte Datengrundlage der Benzin- und Dieserverbrauchszahlen an Hand von Umrechnungsfaktoren berechenbar. Für die Einbindung des Lieferverkehrs liegen jedoch weder Daten über den Kraftstoffverbrauch oder Emissionsmengen vor, noch ist eine genaue Aussage über die exakte Länge des Anfahrtsweges zu ermitteln. Da der Zulieferverkehr für den Raum Ingolstadt jedoch als Belastung angesehen werden muss, wird hierfür ein zweiter Bezugsraum per Definition mit einem Radius von 5 Kilometern um das Werksgelände festgelegt (vgl. Abbildung 3-2). Über diese Systemgrenze ist demnach gewährleistet, dass die Umweltauswirkungen des Zulieferverkehrs, wenn auch nur für einen Teilbereich mit berücksichtigt werden.

⁴² Quelle: Audi Intranet

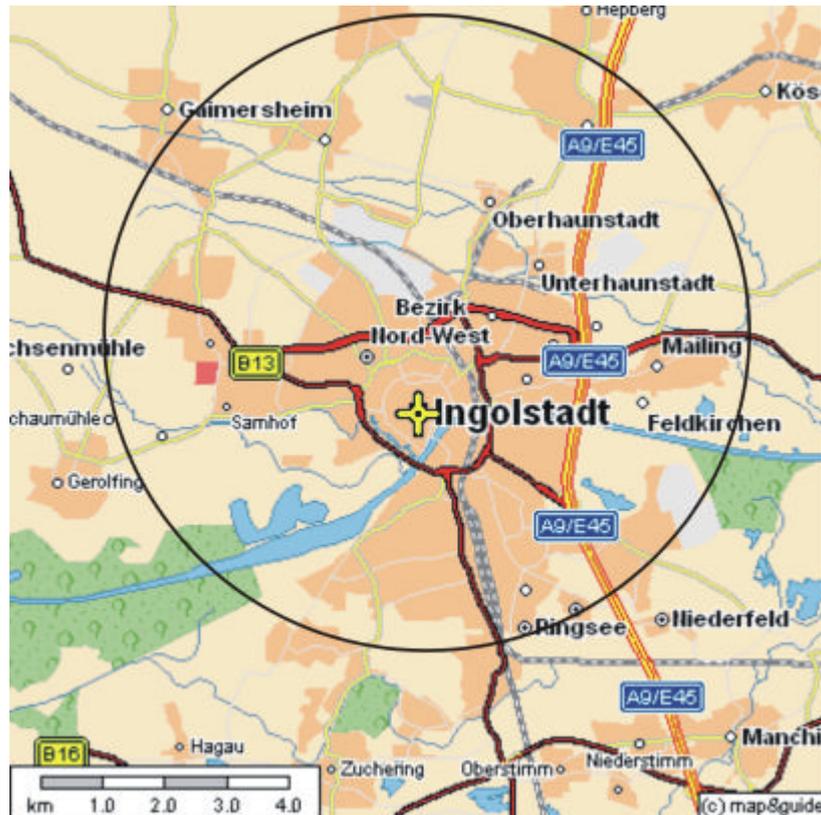


Abbildung 3-2: Systemgrenze 2: Bereich 2 km um das Werksgelände⁴³

Die Erfassung der Emissionsdaten erfolgt durch die bei Audi im Rahmen des Umweltmanagements bereits erstellte Input/Output-Bilanz. Eine Zusammenfassung der berücksichtigten Input-Daten ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Input	2001	Einheit
Rohstoffe		
Eisen und Stahl	254039	t
Aluminium	1097	t
Kunststoffgranulat	923	t
Lacke und Füller	8383	t
Öle	860	t
Bindemittel, Pigmentpaste	3813	t
Frostschutzmittel	1501	t
Metallbearbeitungsflüssigkeit	374	t
Wasser-, Sauer-, Stickstoff	433000	m ³
Kraftstoffe	18153734	l
Unterbodenschutz	2618623	l

⁴³ Quelle: <http://www.mapandguide.de>

Halb- und Fertigwaren	2001	Einheit
Getriebe	417157	Stk.
Motoren	423317	Stk.

Wasser	2001	Einheit
Wasser	1678515	m ³
Brunnen- und Regenwasser	1170104	m ³
Trinkwasser	508411	m ³

	2001	Einheit
Energie	1274	GWh
Erdgas	715	GWh
Strom	558	GWh
Heizöl	1,24	GWh

Tabelle 3-1: Daten aus der Input-Bilanz

Die Output-Bilanz beinhaltet nicht alle Emissionsdaten, die für die Auswertung benötigt werden. Um ein aussagekräftiges Gesamtbild über die entstehenden Schadstoffe zu erhalten muss daher die Bilanz durch zusätzliche Berechnungen und Messungen erweitert werden.

Die Berechnung von Emissionen erfolgt mittels Umrechnungsfaktoren, die vom Umweltbundesamt, REVEL und dem BUWAL bereit gestellt werden oder in der gemis 3.0 bzw. gemis 4.0 Datenbank zu finden sind.

Bei den gesamten Prozessen, bei denen nur der Energieverbrauch vorhanden ist, wird die Berechnung nach einem einheitlichen Prinzip durchgeführt. Für eine deutlichere Illustration soll hier an Hand des Beispiels der Heizölverbrennung der Rechenweg für die Emissionsbestimmung dargestellt werden

Die Daten, die zu der Auswertung für die Emissionen durch die Verbrennung von Heizöl zur Verfügung stehen, sind als jährlicher Heizölverbrauch in Liter (l) vorhanden. Durch einen Umrechnungsfaktor aus dem REVEL wird der Verbrauch in die Einheit Kilogramm (kg) umgerechnet und in weiterer Folge mit den jeweiligen Faktoren zu einem Emissionswert multipliziert.

Die Ergebnisse der Rechnung ergeben ein Gesamtbild der Emissionen, wobei das Ergebnis auf die Umrechnungsfaktoren beschränkt ist. Zusätzliche Emissionen, die bei der Verbrennung entstehen können, für die jedoch kein Umrechnungsfaktor vorhanden ist, werden daher nicht berücksichtigt (vgl. Tabelle 3-2).

Heizölverbrauch 2001				
	Verbrauch	Umrechnungsfaktor	Quelle	Verbrauch
	[l]	[kg Heizöl / l Heizöl]		[kg]
	123498	0,84	RAVEL 1993	103738,32
Luftschadstoffe aus Heizölverbrennung				
	Verbrauch	Umrechnungsfaktor	Quelle	Emission
	[kg]	[g Schadstoff / kg Heizöl]		[g]
CO₂	103738,32	3136,5	UBA1999, ifeu 1999	325375240,7
N₂O	103738,32	0,638	UBA1999, ifeu 1999	66185,04816
NO_x	103738,32	3,35	UBA1999, ifeu 1999	347523,3720
SO₂	103738,32	3,6	UBA1999, ifeu 1999	373457,952
NM VOC (ohne CH₄)	103738,32	0,42	UBA1999, ifeu 1999	43570,0944

Tabelle 3-2: Umrechnung des Heizölverbrauches in Luftschadstoffe

Diese Methode der Emissionsberechnung lässt sich, wie schon erwähnt auf die restlichen Energieströme, wie Gas-, Strom- und Kraftstoffverbrauch anwenden und sind tabellarisch im Anhang dargestellt. Für die Berechnung der Kraftstoffmenge des internen Auslieferungsverkehrs wird, belegt durch Messungen, ein durchschnittlicher Verbrauch von 2 Litern pro Fahrzeug angenommen.

Eine Ausnahme in der Berechnung der Emissionen stellt nur der Zulieferverkehr dar. Die hier zur Verfügung stehenden Daten beschränken sich auf die Anzahl der Fahrzeuge pro Arbeitstag und die Größenklasse des Fahrzeugs. Durch die Annahme der Systemgrenze von 5 km kann eine Gesamtkilometerleistung hochgerechnet werden. Dieser wiederum lässt sich durch Umrechnungsfaktoren des Umweltbundesamtes in die einzelnen Emissionen umrechnen. In der Tabelle auf der folgenden Seite ist die Berechnung der Emissionen für Zulieferfahrzeuge >30 t als Beispiel dargestellt.

Zulieferverkehr >30 t				
Anzahl der Fahrzeuge pro Tag	350	[Stk./d]		
Anzahl der Werktage	239	[d]		
Berechnete Fahrstrecke	10	[km]		
Auslastung des Fahrzeuges	50	[%]		
berechnete Fahrstrecke pro Jahr	836500	[km]		
Luftschadstoffe aus Zulieferverkehr >30 t				
	Umrechnungsfaktor	Quelle	Emissionen	Emission
	[t/Fzg. km]		[t]	[g]
CO	0,000001650	UBA1999	1,38	1380225
NO _x	0,000007790	UBA1999	6,52	6516335
NM VOC	0,000000740	UBA1999	0,62	619010
Partikel	0,000000359	UBA1999	0,30	300304
SO ₂	0,000000175	UBA1999	0,15	1463878
CO ₂	0,000926000	UBA1999	774,60	774599000

Tabelle 3-3: Berechnung der Luftschadstoffe des Zulieferverkehrs >30 t

Nachdem die entstehenden Emissionen durch Messungen oder Berechnungen ermittelt wurden, können diese in einer Output-Bilanz zusammengefasst werden. In den folgenden Tabellen 3-4 bis 3-8 werden die Ergebnisse in einem kumulierten Wert dargestellt. Des Weiteren wurde hierbei bereits zwischen den direkten und indirekten Emissionen unterschieden, um für den weiteren Verlauf der Berechnungen eine bessere Zuordnung zu gewährleisten.

Emission Luftschadstoffe:

Die Berechnung der Abluftemissionswerte wurde bereits durch Beispiele vorab erläutert. Eine ausführliche Auflistung der gesamten Berechnungen ist im Anhang dargestellt.

Abluft	2001	Einheit
Direkt		
CO ₂	505708	t/a
N ₂ O	186	t/a
NO _x	770	t/a
SO ₂	259	t/a
NM VOC	1000	t/a
CO	0,0	t/a
Staub/Partikel	1,4	t/a
HCl	1,43	t/a
HF	0,3	t/a
Hg	0,001	t/a
Cd/Ti	0,001	t/a
Indirekt		
CO ₂	13097,6	t/a
N ₂ O	0,1	t/a
NO _x	139,9	t/a
SO ₂	18,2	t/a
NM VOC	53,2	t/a
CH ₄	0,1	t/a
CO	2,3	t/a
Staub/Partikel	1,1	t/a

Tabelle 3-4: Output-Bilanz: Abluft

Emission Abwasserschadstoffe:

Die nachfolgend aufgelisteten Emissionswerte für Abwasser resultieren aus wöchentlich durchgeführten Messungen, die nach einer Mittelwertbildung auf die Jahresmenge hochgerechnet werden. Da nicht für alle Abwasseremissionen Messwerte zur Verfügung standen, wurde im Rahmen der Diplomarbeit Messungen über einen längeren Zeitraum durchgeführt und ebenfalls über den Mittelwert zu einer Jahresemission hochgerechnet.

Abwasser	2001	Einheit
Belegschaftsabwasser	449261	m ³ /a
Produktionsabwasser	323052	m ³ /a
Pb	0,02	t/a
Cd	0,02	t/a
Cr	0,02	t/a
Cu	0,02	t/a
Ni	0,11	t/a
Zn	0,04	t/a
AOX	0,02	t/a
CSB (Prod.)	322,05	t/a
CSB (Beleg.)	2246,31	t/a
Fluorid	3,52	t/a
KW	1,25	t/a
Abs. Stoffe	0,03	t/a
NH ₄ ⁺	0,55	t/a
NO ₂ ⁻	2,87	t/a
NO ₃ ⁻	1,51	t/a
N ges.	4,80	t/a
P ges.	7,86	t/a
Hg	0,0003	t/a

Tabelle 3-5: Output-Bilanz: Abwasser

Abfall:

Für die weiteren Berechnungsvorgänge sind die Abfälle zur Beseitigung von Bedeutung, da die verwerteten Abfälle und der Schrott durch Recycling wieder in den Produktkreislauf überführt werden. Bei den beseitigten Abfällen die zur Verbrennung gelangen ist, wie auch schon bei der Energie eine Umrechnung in die einzelnen Schadstoffachten notwendig. Da diese Berechnung nach demselben Verfahren wie in dem Beispiel der Heizölverbrennung verläuft, wird auf ein explizites Beispiel verzichtet. Die Berechnung ist jedoch im Anhang dargestellt.

	2001	Einheit
Abfälle	25071	t/a
zur Verwertung	18637	t/a
zur Beseitigung	6434	t/a
davon zur Verbrennung	6195,9	t/a
davon zur Deponierung	238,1	t/a
Schrott	173276	t/a

Tabelle 3-6: Output-Bilanz: Abfälle

Lärm:

Die Messungen der Lärmemissionen ergeben sich aus den Ergebnissen von 7 Messstellen und einer daraus resultierenden Berechnung zu einem Lärmkataster. Da die 7 Messstellen ein Abbild der Lärmemission am Standort Ingolstadt ausreichend abdecken, wurden keine weiteren Messungen durchgeführt.

Lärm	2001	Einheit
Messpunkt Ettinger Str.	38	ØdB(A)
Messpunkt Senefelderstr.	38	ØdB(A)
Messpunkte Ringlerstr.	35	ØdB(A)
Messpunkt Carl-Zeiss-Str.	39	ØdB(A)
Messpunkt Oberhaunstadt	32	ØdB(A)
Messpunkt Rohrmühle	41	ØdB(A)
Messpunkt Etting	33	ØdB(A)

Tabelle 3-7: Output-Bilanz: Lärm

Produkte:

Die Stückzahl der Produzierten Fahrzeuge ist notwendig, um einen Bezug der Gesamtumweltbelastungspunkte zu einer Nutzgröße zu erhalten.

	2001	Einheit
Produkte		
Automobile Ingolstadt	420216	Stk./a
Verbund mit Győr	55296	Stk./a
Motoren	0	Stk./a
davon VW-Konzern	0	Stk./a

Tabelle 3-8: Output-Bilanz: Produkte

3.1. Ergebnisse der Umweltleistungsberechnung

Die Ergebnisse der Output-Bilanz dienen nun in Kombination mit den Ökofaktoren für die Berechnung der Umweltbelastungspunkte. Es besteht dadurch die Möglichkeit jeder Emissionsart einem Ökofaktor zuzuordnen und einen individuellen Umweltbelastungspunkt zu bestimmen. Die Berechnung der Umweltbelastungspunkte ist durch die vorgegebene Formel (vgl. Formel 3-1) bei allen Emissionen gleichartig durchzuführen. Für eine bessere Veranschaulichung wird beispielhaft die Umweltbelastungspunkt-Berechnung für CO₂ Emissionen dargestellt (vgl. Tabelle 3-9). Die Berechnung der übrigen Umweltbelastungspunkte ist im Anhang dargelegt.

Emissionsbereiche CO ₂	CO ₂ Emission [t]	CO ₂ Emission [g]	Ökofaktor [UBP/g CO ₂]	UBP [-]
Stromerzeugung	361584	361584000000	0,0000015	542376
Heizölverfeuerung	325	325375241	0,0000015	488
Gasverfeuerung	133439	133439448858	0,0000015	200159
Dieselmotoren-Prüfstand	507	506510847	0,0000015	760
Ottomotoren-Prüfstand	2590	2589844110	0,0000015	3885
Dieselmotoren-Auslieferungsverkehr	1679	1678553856	0,0000015	2518
Ottomotoren-Auslieferungsverkehr	361	361148094	0,0000015	542
Dieselmotoren-Dienstverkehr	9428	9427824000	0,0000015	14142
Ottomotoren-Dienstverkehr	2583	2583198716	0,0000015	3875
Dieselmotoren-Werkseisenbahn	267	267027101	0,0000015	401
Zulieferverkehr > 30t	9428	9427824000	0,0000015	14142
Zulieferverkehr < 7,5t	2583	2583198716	0,0000015	3875
Abfallverbrennung	5223	5223179106	0,0000015	7835
Gesamt	529997	529997132647	0,0000015	794996

Tabelle 3-9: Beispiel: Umweltbelastungspunktberechnung für CO₂

Neben der Möglichkeit die Emissionen in der Gesamtheit zu betrachten, kann auch eine Zuordnung gegenüber den einzelnen Verursachern durchgeführt werden. Der Vorteil dieser Darstellung liegt darin, dass sowohl einzelne Produktionsprozesse, als auch für die Betrachtung interessanter Verursachergruppen in Bezug auf ihre Umweltrelevanz bewertet werden können.

Um mit dem Ergebnis der Umwelleistungsbewertung durch die Umweltbelastungspunkte ein Instrument zu erhalten, auf dessen Basis Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet werden können, wurde der Standort Ingolstadt der AUDI AG in die relevantesten Verursachergruppen aufgeteilt und die jeweiligen Umweltbelastungspunkte zugeordnet. Für die Auswahl der Verursachergruppen wurde die „klassische“ Zusammenfassung der Umweltaspekte gewählt, die eine Einteilung in Abwasser-, Abfall-, Lärm- und Luftemission darstellt. Der Bereich der Luftemissionen wurde noch in weitere Bereiche unterteilt. Als Metallverarbeitender und Metallbearbeitender Betrieb stellt die Nutzung von Energie die Hauptursache für die Entstehung von Luftschadstoffen dar. Aus diesem Grund wird die Energie mit den Bereichen der Erdgas- und Heizölverbrennung, sowie der Emissionsverursachung durch Stromerzeugung, als eigenständiger Bereich betrachtet. Die Tatsache, dass die größte und relevanteste genehmigungspflichtige Anlage am Standort Ingolstadt die Lackiererei ist, macht es notwendig die organischen Lösungsmittel (NMVOC) ebenfalls gesondert zu betrachten. Diese Unterteilung wird dadurch als sinnvoll belegt, da NMVOC Emissionen durch die Bemühungen der deutschen Regierung die Kyoto-Gase zu minimieren, in Zukunft einen steigenden Stellenwert in der Umweltbetrachtung einnehmen werden. Die Entscheidung die Treibstoffemissionen als eigenständige Verursachergruppe zu beurteilen, beruht auf der Ergebnisauswertung der Output-Bilanz. Hierbei konnte ein hoher Treibstoffverbrauch festgestellt werden, der sowohl direkt, durch den Verbrauch an Prüfständen und der Auslieferung, als auch indirekt, durch den Werksverkehr und den Zulieferverkehr bedingt ist. Ein Vergleich der Verursachergruppen zueinander wird in der folgenden Tabelle aufgezeigt. Um einen Bezug zu einer Nutzgröße zu erhalten wird das Ergebnis zusätzlich grafisch bezogen auf die produzierte Fahrzeugmenge dargestellt. Neben den Umweltbelastungspunkten wird das Verhältnis zu der Gesamtbelastung durch die Darstellung des prozentualen Anteils gezeigt. Dieser ist für die im nachfolgenden Kapitel angesprochene verbalargumentative Bewertung von Bedeutung.

			UBP	%
Energieeinsatz			3.723.445.319	65,4
Strom		2032443576		
Heizöl		2193823		
Erdgas		1688807920		
Treibstoffverbrauch (direkt)			144.850.278	2,5
Dieselmotorkraftstoff	Prüfstände	13392989		
Ottomotorkraftstoff	Prüfstände	76417307		
Dieselmotorkraftstoff	Auslieferungsverkehr	44383756		
Ottomotorkraftstoff	Auslieferungsverkehr	10656226		
Treibstoffverbrauch (indirekt)			348.027.251	6,1
Dieselmotorkraftstoff	Dienstverkehr	249287348		
Ottomotorkraftstoff	Dienstverkehr	76221224		
Werkseisenbahn		9438424		
LKW-Zulieferverkehr	>30 t	12350060		
LKW-Zulieferverkehr	<7,5 t	730195		
Lösemittellemission			1.436.032.800	25,2
Lackieranlage		1432080000		
Tankstellen	durch Betankungsvorgänge	3952800		
Lärm			1.497	0,05
Abwasser			3.452.345	0,15
CSB		3338864		
AOX		7868		
Pb		1956		
Cd		797		
Cr		2182		
Cu		4910		
Ni		22403		
Zn		4325		
NH ₄ ⁺		17684		
NO ₃ ⁻		38901		
N _{ges.}		480		
P _{ges.}		11787		
Hg		188		
Abfälle			36.642.345	0,6
Abfallverbrennung		22358865		
Sonderabfälle	UT-Deponie	0		
Deponieabfälle	Reststoff-Deponie	14283480		
SUMME			5.692.451.835	100,0

Tabelle 3-10: Zusammenfassung Umweltbelastungspunkte

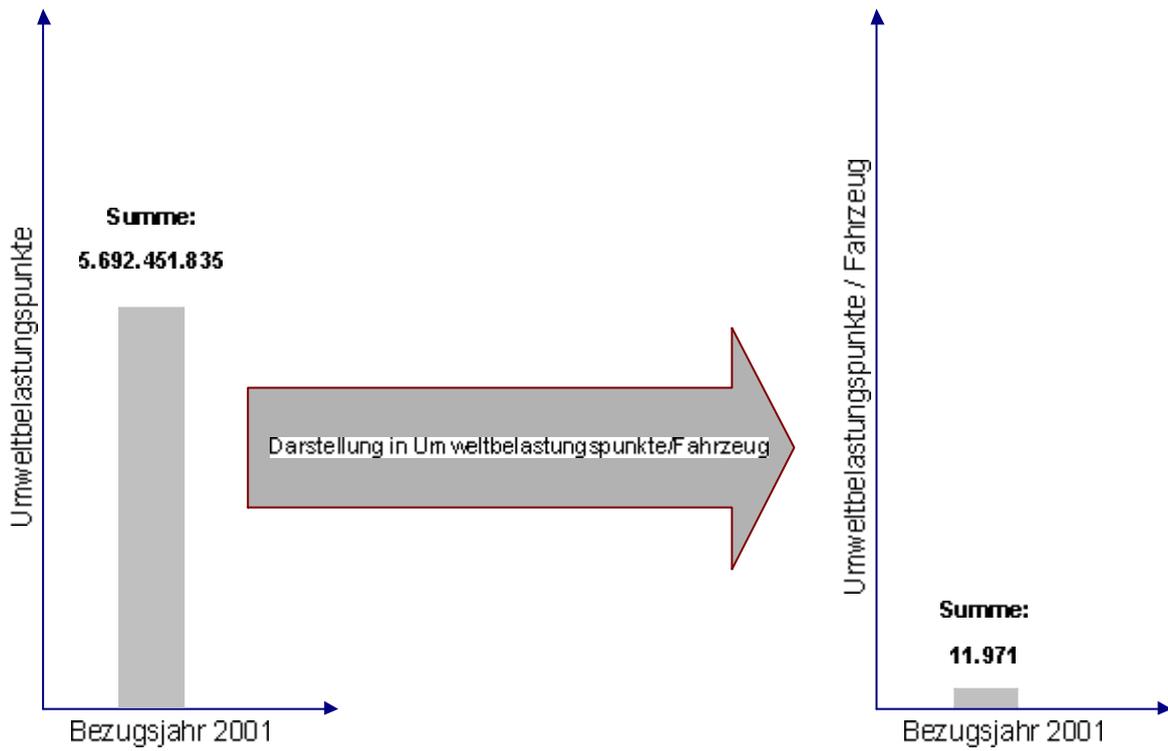


Abbildung 3-3: Darstellung der Umweltbelastungspunkte pro Fahrzeug

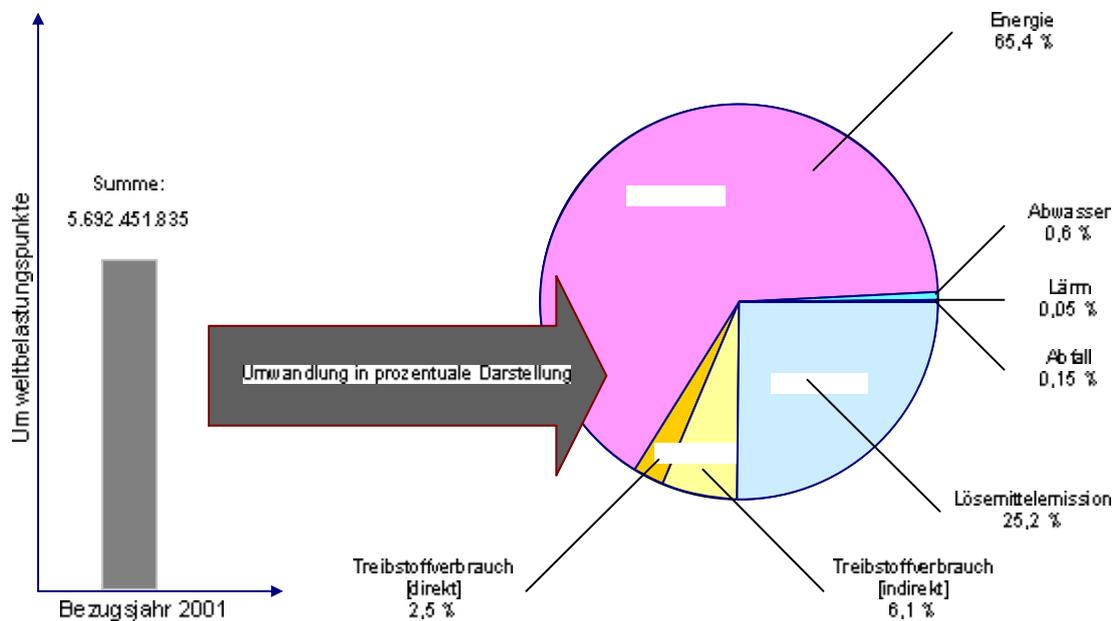


Abbildung 3-4: Prozentuale Aufteilung der Umweltbelastungspunkte

4. Verbal-argumentative Bewertungsmethode

Die in diesem Kapitel dargestellte verbal-argumentative Komponente dient als Möglichkeit, die zuvor herausgearbeiteten Ergebnisse der Verursacherbereiche durch eine subjektive Betrachtungsweise zu differenzieren und in Bezug auf Audi zu betrachten. Durch die Berechnung der Umweltbelastungspunkte ist ein, auf Basis der deutschen Gesetzgebung und Zielvorstellungen objektives Abbild der Umweltauswirkungen dargestellt worden. Ein Bezug auf die Tätigkeiten ein es Unternehmens wird jedoch nicht hergestellt. Daher wird ein Unternehmen, das für die Herstellung von Produkten einen hohen Energieanteil besitzt derzeit immer negativer bewertet, als ein Unternehmen, in dem ein außerordentliches Müllaufkommen vorliegt. Der Grund hierfür liegt in der starken Bemessung der Luftemissionen. Das Reduzierungspotential der Emissionen im Bereich der Energie ist jedoch beschränkt, da alternative Energieformen nicht in ausreichendem Maße vorliegen und technische Innovationen nur schwer umsetzbar sind. Die Relation zwischen den Umweltauswirkungen und der Möglichkeit eine Verbesserung herbeizuführen ist somit ohne eine Bewertung der Umweltbelastungspunkte nicht realisierbar. Um daher einer Fehlinterpretation vorzubeugen und die Ergebnisse für die AUDI AG für zukünftige Umweltmaßnahmen praktikabler zu gestalten, werden die einzelnen Resultate der Verursacherguppen auf Basis der verbalen Argumentation in Relation gesetzt. Hierzu wurde ein zweistufiges verbal-argumentatives Bewertungssystem entwickelt. Der erste Teil der Bewertung richtet sich im Aufbau nach dem verbal-argumentativen Verfahren des Umweltbundesamtes, wie es in Kapitel 1.2.2. beschrieben wird. Zu diesem Zweck wurden Fragen ausgearbeitet, die Prioritäten über einen Handlungsbedarf in einer Verursacherguppe ausdrücken. Für die Entwicklung dieser Fragen wurden als Grundlagen die umweltpolitischen Ziele der AUDI AG für alle Standorte und die Hauptaktionsfelder im Umweltschutz des Standortes Ingolstadt herangezogen. Die daraus resultierenden Bewertungsmaßstäbe wurden durch Befragungen und Diskussionen mit den Fachbereichen des Umweltschutzes konkretisiert. Die ausgearbeiteten Fragen können mittels einer 5-stufigen Bewertungsskala beantwortet werden. Die Bewertungen werden dann im späteren Verlauf mittels eines Punktesystems umgerechnet und umfassen einen Bereich von sehr gering der die Gewichtung von einem Punkt besitzt bis sehr hoch, was mir fünf Punkten bewertet wird.

Insgesamt wurden fünf Fragen ausgearbeitet, die für alle Verbrauchsbereiche einzeln beantwortet werden müssen. Zur besseren Illustration ist ein Fragebogen für die verbal-argumentative Bewertung in Tabelle 4-1 dargestellt. Für ein besseres Verständnis werden jedoch im Folgenden die einzelnen Fragestellungen noch einmal erläutert.

Verursachergruppe:	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	Sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten						
Wie hoch ist die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Realisierung für eine Verbesserung						
Wie hoch ist die Möglichkeit einer technischen Realisierung für eine Verbesserung						
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)						
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen						
					?	

Tabelle 4-1: Fragebogen für verbal-argumentative Auswertung

Die erste Frage beschäftigt sich mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen, jedoch wird hierbei nicht auf die derzeitige gesetzliche Situation eingegangen, da bestehende Grenzwerte und Gesetze generell eingehalten werden müssen, sondern ein zukünftiger Ausblick auf eine Verschärfung wird in Betracht gezogen. Mit dieser Fragestellung soll der Aspekt aufgegriffen werden, ob die Verursacher, die Grenzwerte nur minimal unterschreiten ein zukünftiges Handlungspotential aufweisen. Da bei einer Veränderung der gesetzlichen Rahmenbedingung ein sofortiger Handlungsbedarf besteht wird diese Frage als sehr wichtig eingeschätzt. Um diese Bedeutsamkeit in der Bewertung nicht zu vernachlässigen, wird der umgerechnete Faktor in der Endbewertung doppelt gewertet.

Mit der zweiten Fragestellung wird die Möglichkeit der wirtschaftlichen Realisierbarkeit einer Verbesserung befragt und soll eine finanzielle Einschätzung über das Handlungspotenzial durch den Betrachter hinterfragen. Eine hohe oder sehr hohe Bewertung würde in diesem Fall ausdrücken, dass eine Investition in diesem Verursacherbereich kostengünstig zu realisieren ist.

Die dritte Frage, die sich mit der technischen Realisierbarkeit beschäftigt, soll das Potential der derzeitigen technischen Möglichkeiten bewerten. Eine geringe Einschätzung würde daher bedeuten, dass eine Emissionsminderung nachzeitigem Stand der Technik nicht möglich ist.

In der vierten Frage wird der gesellschaftspolitische Aspekt berücksichtigt, da hier der vorsorgliche Handlungsbedarf einbezogen wird. Diese Fragestellung ermöglicht es, Verursacherbereiche höher zu bewerten, die trotz Einhaltung der Grenzwerte Handlungsbedarf aufweisen. Dieser kann durch z.B. erhöhte Sensibilität in einem Emissionsbereich erforderlich sein.

Die fünfte und letzte Frage beschäftigt sich mit dem Reduktionspotential einer Verursacherguppe. Eine sehr geringe Bewertung würde hier ausdrücken, dass kaum Potential für eine Reduzierung der Emission vorliegt.

Die Auswertung dieser Fragen erfolgt, indem man die verbal-argumentativen Einschätzungen in ein Punktesystem umwandelt und wird für jeden betrachteten Verursacherraum gesondert durchgeführt. Die Berechneten Ergebnisse dienen als Teilergebnisse und werden nun noch durch den zweiten Teil der verbal-argumentativen Auswertung ergänzt.

In dem zweiten Teil der verbal-argumentativen Auswertung werden nun die Verursacherguppen zueinander ins Verhältnis gesetzt. Hierzu werden die Verursacherguppen nach der subjektiven Einschätzung des Betrachters in eine Reihenfolge eingeordnet, wobei eine Gleichsetzung von Gruppen nicht möglich ist. Als Kriterium für die Reihenfolge wird dabei die Priorität für einen Handlungsbedarf gewählt. Die Auswertung erfolgt wiederum durch eine Umrechnung der Rangliste in einen Zahlenwert. Der in der Bewertung letztplatzierte erhält demnach einen Punkt.

Der jeweils höher Platzierte erhält einen Punkt zusätzlich. Nach Bildung der Summe aus der Auswertung aus den Fragen und den Punkten aus der Reihenfolgebildung erhält man ein Zwischenergebnis, welches durch die Anzahl der in die Bewertung einfließenden Kriterien dividiert wird. Das Ergebnis kann anschließend wieder in die verbal-argumentative Bewertung von sehr gering bis sehr hoch zurückgerechnet werden.

Durch diese Erweiterung wird der Komplexität der verbal-argumentativen Bewertung Rechnung getragen, da folglich auch Aspekte in die Bewertung mit aufgenommen werden, die durch die vorherige Befragung nicht berücksichtigt wurden. Da bei dieser Beurteilung keine Fragestellung voraus geht, ist hier die Möglichkeit gegeben eine Einschätzung ohne eine Beeinflussung vorzunehmen.

Das Ergebnis spiegelt somit die subjektive Einschätzung des Verursacherbereiches wieder.

4.1. Auswertung der verbal-argumentativen Bewertung

Nach der Ausarbeitung der verbal-argumentativen Bewertungsmethode, wurde das Verfahren auf die gesamten Verursacherbereiche angewendet. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt zusammengefasst dargestellt. Die ausführliche tabellarische Auswertung der Ergebnisse ist im Anhang aufgelistet.

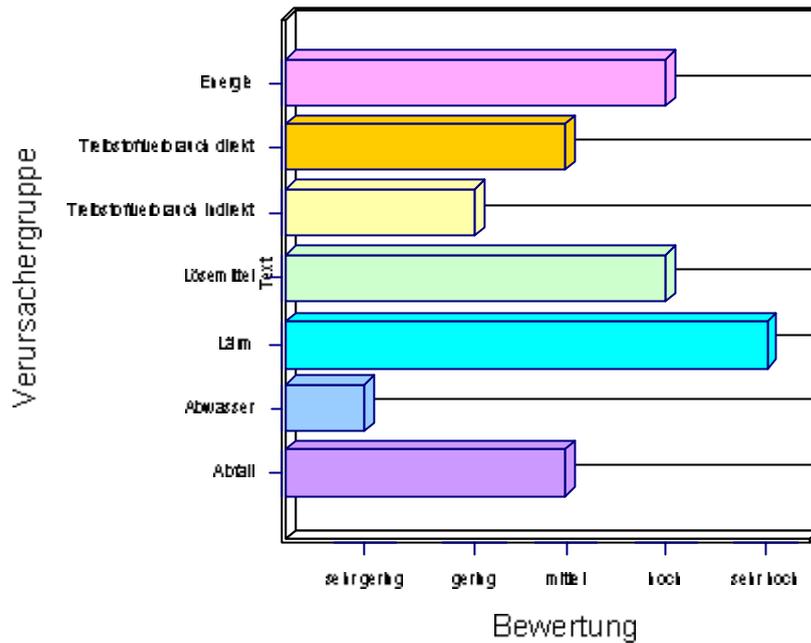


Abbildung 4-1: Frage 1: Wie hoch ist die Gefahr zukünftige gesetzliche Anforderungen einzuhalten?

Die Verursacherebereiche Energie und Lösemittel werden in Bezug auf die Einhaltung von zukünftigen gesetzlichen Anforderungen mit hoch bewertet. Eine Verschärfung der gesetzlichen Lage, insbesondere im Bereich der Kyoto Gase würde mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zu einem erhöhten Handlungsbedarf führen. Im Bereich der Lärmemission ist die Situation noch kritischer zu bewerten. Hier werden besonders die Grenzwerte in der Nacht vollends ausgeschöpft. Eine Verschärfung der gesetzlichen Lage würde ein sofortiges Handeln erfordern. Die Verursacherebereiche der Treibstoffe und Abfall werden mit mittel und gering erlassen, da die Gefahr zukünftige gesetzliche Anforderungen einzuhalten nur bedingt gegeben ist. Die Grenzwerte werden hier größtenteils deutlich unterschritten. Noch deutlicher ist dies bei den Abwasseremissionen der Fall. Neben der deutlichen Unterschreitung der Grenzwerte, wird ein Großteil des Abwassers in ein Kreislaufsystem der Produktion wieder zurückgeführt, so dass der Abwasseranteil in den letzten Jahren stetig gesunken ist.

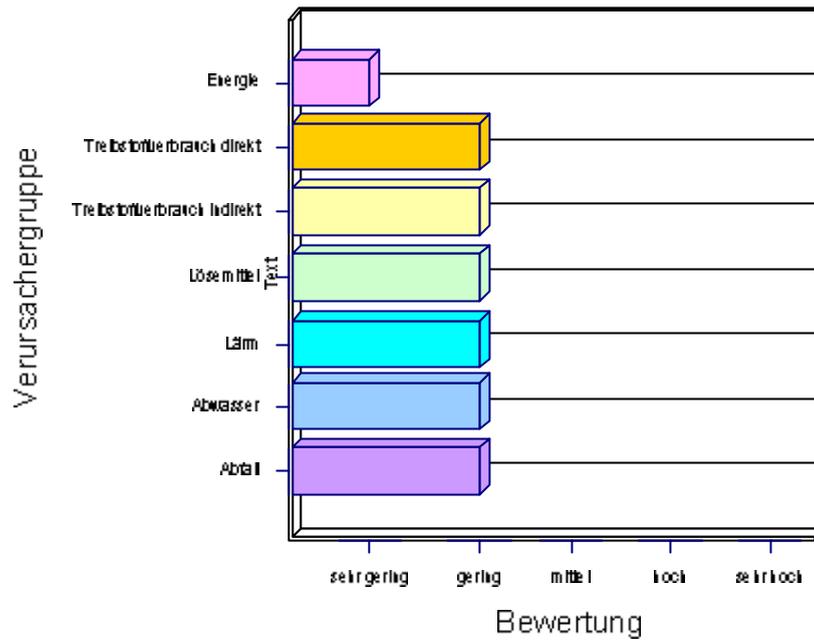


Abbildung 4-2: Frage 2: Wie hoch ist die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Realisierung für eine Verbesserung?

Die zweite Frage wird mit Ausnahme von dem Energiebereich der mit sehr gering eingestuft wird mit gering bewertet. Da bereits sehr viel in dem Bereich der Umwelt bei der Firma Audi unternommen worden ist, wären hohe Investitionssummen notwendig, um eine Verbesserung zu erzielen.

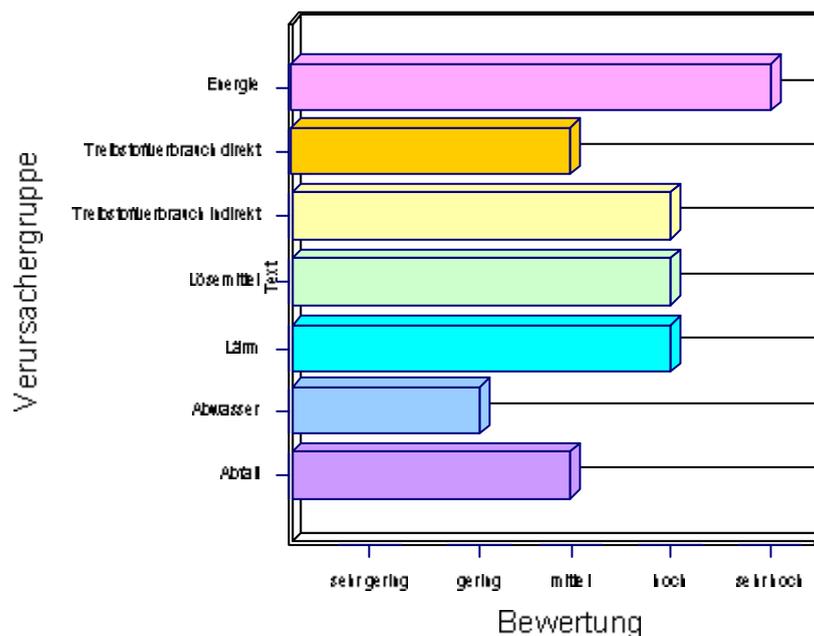


Abbildung 4-3: Frage 3: Wie hoch ist die Möglichkeit einer technischen Realisierung für eine Verbesserung

Die Möglichkeit einer technischen Realisierung für eine Verbesserung wird insgesamt recht hoch bewertet. Dies liegt in der kontinuierlichen Weiterentwicklung von Technologien, die in den Bereichen der Energie, der indirekten Treibstoffe, der Lösemittel und dem Lärm noch ein Potential für Verbesserungen aufweist. Die Bewertung des Abfallbereiches mit mittel ist durch den bereits hohen Anteil des Recyclings begründet, der nur bedingt Verbesserungen in der Technologie zulässt. Das Gleiche gilt für den direkten Treibstoffverbrauch, der ebenfalls mit mittel bewertet wird und kaum Potential einer Verbesserung aufweist. Im Abwasserbereich ist eine technische Realisierung kaum mehr möglich, da bereits ein hoher technischer Standart vorhanden ist.

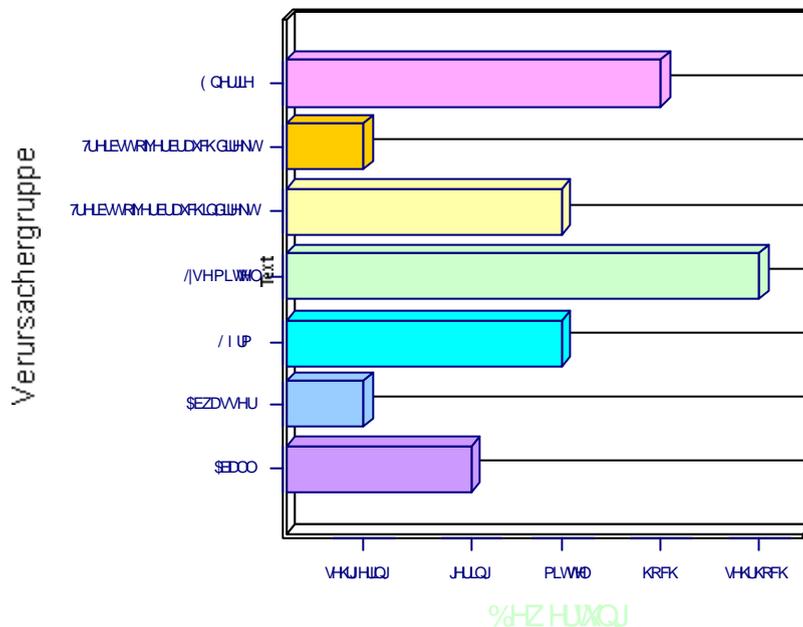


Abbildung 4-4: Frage 4: Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt?

Der vorsorgliche Handlungsbedarf wird größtenteils als sehr niedrig eingestuft. Ausnahmen stellen nur die Bereich Energie, Lösemittel und Lärm dar, die von mittel bis sehr hoch eingeschätzt werden. Der Grund hierfür liegt in den politischen Zielen die zukünftig eine stärkere Verminderung der Kyoto Gase vorsehen und in der aktuellen Situation am Standort in Bezug auf die Lärmemissionen, da diese im Bereich der Grenzwerte liegen.

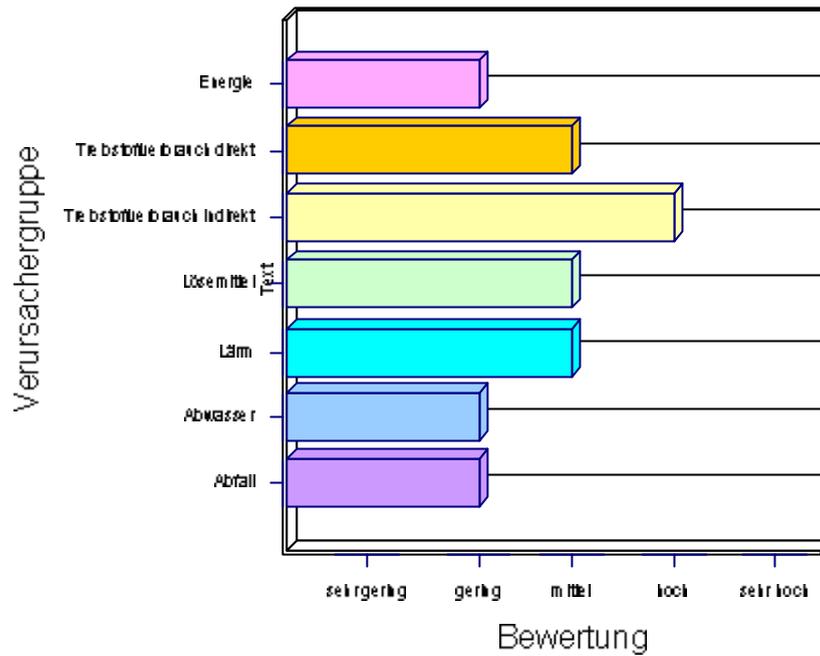


Abbildung 4-5: Frage 5: Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen?

Die Frage nach der Höhe des Reduzierungspotentials für eine Emission beschreibt die Effektivität für eine Handlung in diesem Bereich. Diese wird größtenteils mit gering bis mittel eingestuft, da die meisten Maßnahmen nur zu einem gewissen Teil zu einer Verbesserung der Situation beitragen.

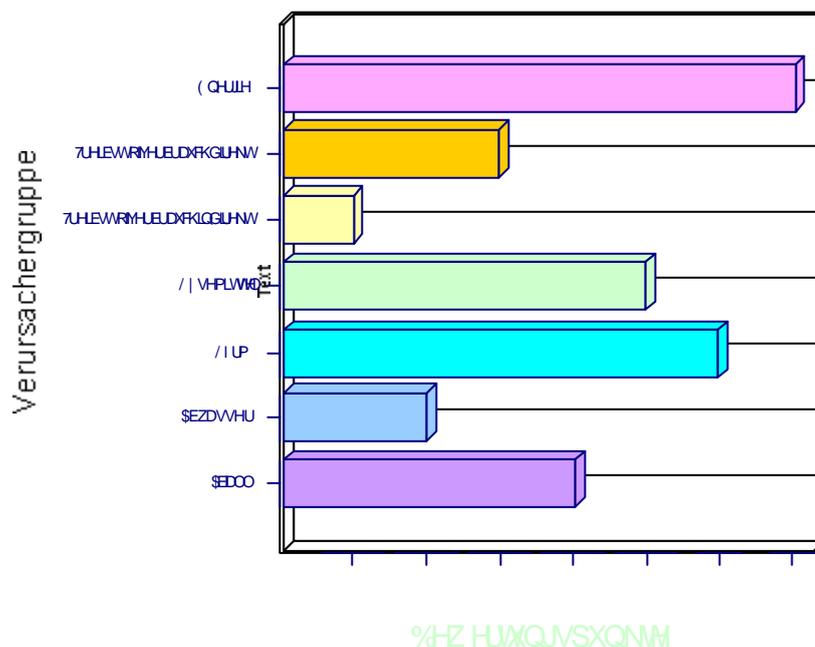


Abbildung 4-6: Zuordnung der Punkte der subjektiven Bewertung über den Handlungsbedarf

Die subjektive Zuordnung über den Handlungsbedarf gibt eine Gewichtung der einzelnen Verursachergruppen zueinander wieder. Die Bewertung des indirekten Treibstoffverbrauches mit einem Punkt ist darauf zurückzuführen, dass kein direktes Einwirken durch die AUDI AG im kurzfristigen Zeitraum möglich ist. Der Abwasserbereich ist ebenfalls als sehr gering eingestuft, da die Emissionswerte sehr gering sind und bereits ein hoher technischer Standard vorliegt. Die Bereiche Abfall und direkter Treibstoffverbrauch haben bereits in der Umweltschutzbetrachtung des Unternehmens einen hohen Stellenwert, jedoch ist kurzfristig kein Handlungsbedarf abzusehen. Anders verhalten sich die Verursachergruppen Lösemittel und Energie die durch die steigende Bedeutung des Klimawandels und der damit verbundenen Diskussion über die Kyoto Gase weiter an Relevanz zunehmen werden. Die hohe Bewertung des Lärms ist auf die standortbezogene Situation zurückzuführen. Da im Umkreis des Werksgeländes ein größerer Anteil an Wohngebieten vorliegt, ist dieser Aspekt sensibilisiert zu betrachten, obwohl hier keine Grenzwertüberschreitungen vorliegen.

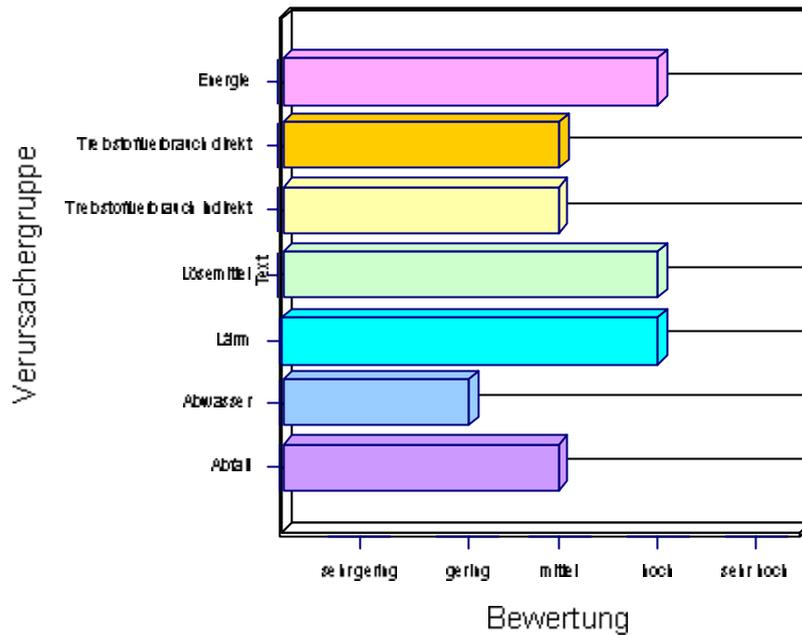


Abbildung 4-7: Ergebnisse der verbal-argumentativen Auswertung

Nach Zusammenführung aller Ergebnisse können Prioritäten für Verursacherguppen festgestellt werden. So werden die Bereiche Energie, Lösemittel und Lärm insgesamt hoch eingeschätzt, was auf einen Handlungsbedarf weist.

Der direkte und indirekte Treibstoffverbrauch, sowie der Bereich Abfall werden letztendlich mittel bewertet. Dies stellt somit keinen akuten Handlungsbedarf dar, jedoch könnte hier mittel- bis langfristig ein Handlungsbedarf vorliegen. Die Abwassersituation wird zusammenfassend mit geringer Priorität für einen Handlungsbedarf ausgewiesen, was zeigt, dass ein derzeitiger Handlungsbedarf für eine Verbesserung nicht zwingend notwendig ist.

5. Zusammenfassung

Wie zuvor ausgeführt, liefert die Anwendung der ausgearbeiteten Methode zur Umweltleistungsbewertung zwei Ergebnisse, wobei beide Ergebnisse je nach Zielsetzung getrennt voneinander verwertet werden können. Der rechnerische Teil durch die Bestimmung der Ökofaktoren und die anschließende Berechnung zu Umweltbelastungspunkten zeigt die Umweltauswirkungen durch Audi in Bezug auf die gesetzlichen Vorgaben und Zielvorstellungen in Deutschland. Durch die Einteilung in Verursachergruppen kann ein prozentueller Anteil an den Umweltauswirkungen, wie es in der unten stehenden Tabelle 5-1 aufgelistet ist aufgezeigt werden. Somit besteht die Möglichkeit die Umweltbelastung direkt Verursachergruppen zuzuordnen.

Verursachergruppe	%-Anteil
Energieeinsatz	65,4
Treibstoffverbrauch (direkt)	2,5
Treibstoffverbrauch (indirekt)	6,1
Lösemittlemission	25,2
Lärm	0,05
Abwasser	0,15
Abfälle	0,6

Tabelle 5-1: Zusammenfassung des Ergebnisses der UBP-Berechnung

Der verbal-argumentative Teil der Umweltleistungsbewertung befasst sich mit der subjektiven Einschätzung über den Handlungsbedarf der einzelnen Verursachergruppen. Hierdurch kann eine Prioritätenliste herausgearbeitet werden, die nachfolgend dargestellt wird.

Verursachergruppe	Priorität
Energieeinsatz	hoch
Treibstoffverbrauch (direkt)	mittel
Treibstoffverbrauch (indirekt)	mittel
Lösemittlemission	hoch
Lärm	hoch
Abwasser	gering
Abfälle	mittel

Tabelle 5-2: Zusammenfassung der verbal-argumentativen Bewertung

Durch die Kombination des rechnerischen Teils mit der subjektiven Betrachtungsweise wird die Möglichkeit einer Prioritätensetzung und die daraus resultierenden Maßnahmen noch weiter konkretisiert. Nach der Auswertung der Ergebnisse kann somit der objektiven Bewertungsteil in Form der Ökopunkteberechnung mit der subjektiven Betrachtung der verbal-argumentativen Bewertung in ein Verhältnis zueinander gesetzt werden. Eine bildliche Darstellung der beiden Bewertungsteile zueinander ist in den nachfolgenden Abbildungen veranschaulicht.

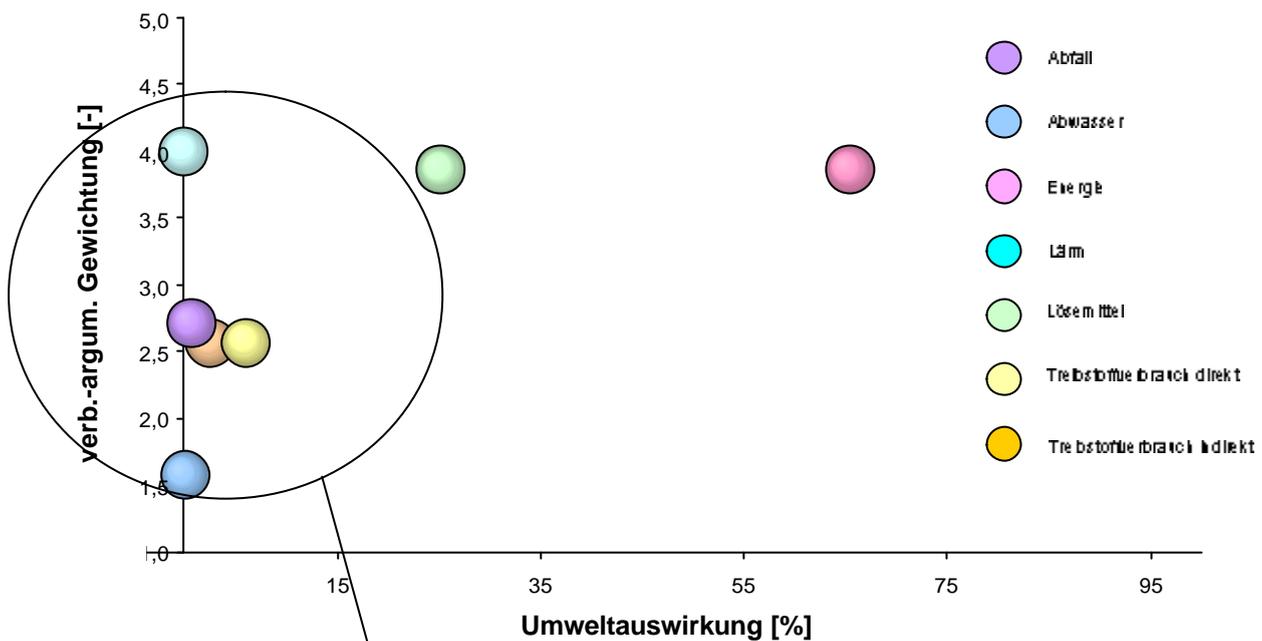


Abbildung 5-1A: Verhältnis der Umweltauswirkung[%] zu verb.-arg. Gewichtung[-]

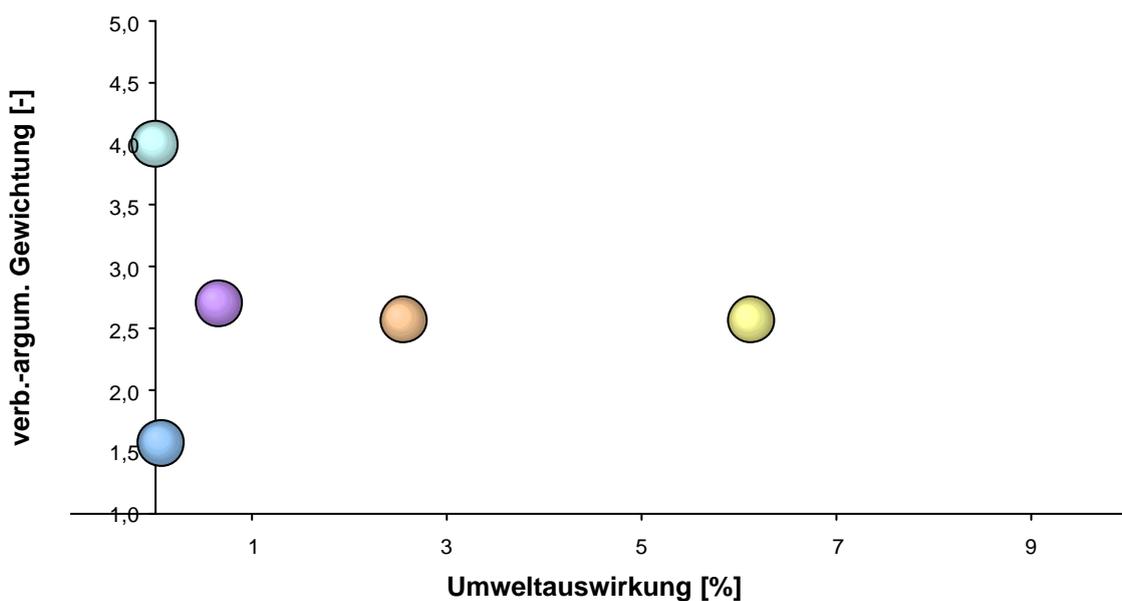


Abbildung 5-1B: Verhältnis der Umweltauswirkung[%] zu verb.-arg. Gewichtung[-] – Ausschnitt

Durch diese Darstellung wird deutlich, dass der Energiebereich sowohl in der Bewertung an Hand der Ökofaktoren durch einen Anteil von 65,4 %, als auch durch die subjektive Einschätzung mit 3,86 (hoch) einen wichtigen Stellenwert für einen Handlungsbedarf einnimmt. Dieses Ergebnis verdeutlicht nachdrücklich die Problematik des hohen Energieaufwandes durch das Unternehmen und der stetig wachsenden Sensibilisierung gegenüber Treibhausgasen. Ein ähnliches Abbild ergibt auch die Betrachtung Lösungsmittlemissionen. Die Bewertung durch die Ökofaktoren ist mit 25,2 % geringer als im Energiebereich, was jedoch darauf zurückzuführen ist, dass bei der Energie ein Summenparameter und bei den Lösemittlemissionen ein Einzelwert betrachtet wird. Die mit dem berechneten Faktor 3,86 hohe subjektive Bewertung spiegelt das heutige gesellschaftspolitische Bild wieder. Auf Grund der geringen Bewertung durch die Ökofaktoren sind die restlichen Verursacherbereiche im unteren Bereich der prozentualen Auswirkung angesiedelt, weshalb dieser noch einmal vergrößert dargestellt ist. Jeder dieser Verursacherbereiche ist in den Umweltauswirkungen eher gering einzuschätzen, da die Werte von 0,05 bis 6,1 % nur marginale Gewichtung haben. Ausschlaggebend hierfür sind neben einem geringen Emissionsausstoß, die gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie die Zielvorstellungen von Deutschland. Die subjektive Bewertung hingegen zeigt deutliche Differenzen auf. Der Abwasserbereich wird mit einem geringen Handlungsbedarf bewertet, was durch die großzügige Einhaltung der Grenzwerte und den bereits geringen Abwasseranteil bei Audi zu erklären ist. Die hohe Bewertung des Verursacherbereichs Lärm ist auf eine verstärkte Sensibilisierung im Bereich des Standortes zurückzuführen und zeigt daher einen deutlichen Handlungsbedarf auf.

Die Auswertung der verbal-argumentativen Bewertung ist als Entscheidungshilfe zu bewerten, eine generelle Entscheidung ist aus diesem Ergebnis nicht abzuleiten. Durch gesetzliche Änderungen und Zielvorstellungen kann ein vollständig unterschiedliches Ergebnis erzielt werden. Auch eine Bewertung durch einen anderen Personenkreis kann zu einem differenzierten Ergebnis führen, da die Beantwortung der Fragen auf subjektiven Einschätzungen der Befragten basiert.

6. Resümee und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Methode zur Erfassung und Bewertung von Umweltleistungen als Baustein des Umweltmanagementsystems für eine Umweltleistungsbewertung für Audi entwickelt, die auf Grundlage der novellierten EG-Öko-Audit-Verordnung (EMAS II) unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten in Ingolstadt aufgebaut ist. Zu diesem Zweck wurde ein Verfahren ausgearbeitet, welches auf der Methodik der Verfahren des deutschen Umweltbundesamtes (Berlin) und des BUWAL (Bern) aufbaut, jedoch nur die prinzipielle Vorgehensweise übernimmt. Die Entscheidung, diese Systeme auf die Verhältnisse der AUDI AG anzupassen, begründen sich auf bereits vorhandene Erfahrungen mit dem BUWAL-System und den Präferenzen für eine deutsche Methode.

Nach der Ist-Analyse ist festgestellt worden, dass die Ökofaktoren des BUWAL-Verfahrens der Schweiz, welche bisher bei der Umweltleistungsbewertung für Audi verwendet wurden, ein unzureichendes Bild bei der Betrachtung des Standortes Ingolstadt wiedergeben. Die Gründe liegen hierfür in der Wahl des Bezugsraumes für die Berechnung der Ökofaktoren. Um ein realistisches Abbild für den Standort Ingolstadt zu erhalten wurden daher die Ökofaktoren aus der gegenwärtigen Umweltsituation Deutschlands und den als kritisch zu erachtenden Belastungen berechnet. Der Vergleich der Ökofaktoren zwischen der Schweiz und Deutschland zeigte jedoch große Unterschiede in den Größenordnungen. Um festzustellen, ob die gewonnenen Erkenntnisse durch die berechneten Ökofaktoren fundiert sind, werden daher in diesem Kapitel nachträglich die Ergebnisse mit berechneten Ökofaktoren aus einem anderen europäischen Land verglichen. Zu diesem Zweck werden die österreichischen Ökofaktoren, die durch das Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik von Herrn Mag. et Dr. rer. nat. M. Hofer und Herrn W. Staber in einer Schriftenreihe über die Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen der EMAS, ISO 14001 und IPPC⁴⁴ entwickelt, wurden für einen Vergleich herangezogen. Diese Ökofaktoren, die im Rahmen eines Innovations- und Technologiefonds entwickelt wurden, basieren ebenfalls auf der Methode der ökologischen Knappheit des schweizerischen BUWAL und wurden 1999 in einer Studie veröffentlicht.

⁴⁴ vgl. Staber, W.; Hofer, M.: Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen der EMAS, ISO 14001 und IPPC: Ökopunkte Österreich; 1999

In der nachfolgenden Tabelle werden die berechneten Ökofaktoren von Deutschland den Faktoren der Schweiz und Österreichs für einen Vergleich gegenübergestellt.

	Schweiz [UBP/g]	Österreich [UBP/g]	Deutschland [UBP/g]	Bayern [UBP/g]	Ingolstadt [UBP/g]
Abluftemissionen					
NO _x	67	39	1,45	0,268	0,0017
SO ₂	53	38	2,94	0,804	0,0076
NMVOG	32	16	1,62	0,804	0,0042
NH ₃	63	17	1,98	0,379	0,0004
HCL	42,3	33	keine Daten	keine Daten	keine Daten
HF	Keine Daten	60	keine Daten	keine Daten	keine Daten
PM 10	110	keine Daten	keine Daten	39,084	11099
CO ₂	0,2	0,26	0,0000015	0,00015505	keine Daten
CH ₄	4,2	2	0,42	keine Daten	keine Daten
N ₂ O	62	142	7,87	0,657	0,0016
R11-Äquivalent	2000	keine Daten	keine Daten	keine Daten	keine Daten
Pb	2900	306	keine Daten	36532,3494	9803921,57
Cd	120000	18000	keine Daten	keine Daten	keine Daten
Zn	520	52	keine Daten	keine Daten	keine Daten
Hg	120000	22000	keine Daten	keine Daten	keine Daten
CO	keine Daten	0,26	0,21	0,037	0,00021
PM	keine Daten	9	3,92	0,727	0,0028
Dieselpartikel	keine Daten	keine Daten	keine Daten	111,308	30211
Benzol	keine Daten	keine Daten	keine Daten	198,409	26455
H-FKW	keine Daten	keine Daten	8,14	keine Daten	keine Daten
CF ₄	1300	1690	15510,20	keine Daten	keine Daten
C ₂ F ₆	9200	2392	347107,44	keine Daten	keine Daten
C ₃ F ₈	1400	keine Daten	125000,00	keine Daten	keine Daten
SF ₆	4800	6214	5448,59	keine Daten	keine Daten
Abwasseremissionen					
CSB	5,9	0,7	0,0013	0,23	keine Daten
DOC	18	2,2	keine Daten	0,68	keine Daten
TOC	18	2,2	keine Daten	0,68	keine Daten
Zn	210	60	0,10	keine Daten	keine Daten
Cu	1200	833	0,30	keine Daten	667
Cd	11000	4170	0,050	keine Daten	110
Ni	190	185	0,21	keine Daten	1404
Pb	150	52	0,12	keine Daten	2012
Cr	660	52	0,14	keine Daten	1158
Hg	240000	1211000	0,58	keine Daten	14035
P	2000	41	0,0015	175,97	keine Daten
ges. N	69	keine Daten	0,0001	9,86	keine Daten
NH ₄ ⁺	54	103	0,032	keine Daten	keine Daten
NO ₃ ⁻	16	1,7	0,026	keine Daten	keine Daten
AOX	330	67	0,41	12,31	702
Abfallemissionen					
Obertage Deponien	0,5	1,3	0,06	0,78	keine Daten
Untertage Deponien	24	keine Daten	1,91	87,35	keine Daten

Tabelle 6-1: internationaler Vergleich der Ökofaktoren

Die Einbeziehung der österreichischen Ökofaktoren im Vergleich zu den Schweizer Faktoren zeigt ebenfalls Differenzen in der Gewichtung einzelner Emissionen, wobei hier die Unterschiede geringer ausfallen. Im Bereich der Abluftemissionen sind die Umweltbelastungspunkte um durchschnittlich die Hälfte niedriger angesetzt als in der Schweiz. Im Bereich der Abwasseremissionen fallen die Unterschiede noch deutlicher aus.

Die Gründe für diese Unterschiede liegen hauptsächlich in der Problematik der Berechnung des Ökofaktors und in den differenzierten Werten sowohl für die kritischen als auch für die aktuellen Flüsse. Für die Berechnung des Ökofaktors wird auf die in den Grundlagen erläuterte Formel des BUWAL-Verfahrens zurückgegriffen.

$$\text{Ökofaktor} = \frac{1}{\text{kritischer Fluss}} * \frac{\text{aktueller Fluss}}{\text{kritischer Fluss}} * c$$

Formel 6-1

Die Problematik liegt hierbei in der exponentiellen Einbeziehung des kritischen Flusses. Dies hat zur Folge, dass der kritische Fluss bei einem Wert >1 in Abhängigkeit von der numerischen Größe explosionsartig zunimmt. Die Tatsache, dass der aktuelle Fluss nicht quadriert wird, führt zu einer starken Beeinflussung des kritischen Flusses auf das Verhältnis und somit den berechneten Ökofaktor. Dadurch wird bewirkt, dass die als kritisch zu erachtenden Belastungen um ein vielfaches höher bewertet werden als derzeit nicht relevante Emissionen. Aus diesem Grund ist die Datengrundlage für die Berechnung der Ökofaktoren von entscheidender Bedeutung. Für die Berechnung der deutschen Ökofaktoren wurde daher die Datenbasis sehr sorgfältig ermittelt, jedoch kann auf Grund der hohen Datenmenge und der nicht immer nachvollziehbaren Datenqualität für den aktuellen Fluss nicht gewährleistet werden, dass die Daten vollständig sind.

Bei dem aktuellen Fluss wird jeweils auf staatliche Datengrundlagen zurückgegriffen. In den Emissionsbereichen, in denen Daten nicht oder nur partiell vorhanden waren musste dabei bei der Berechnung der Schweizer Ökofaktoren auf Annahmen oder Schätzungen von Wissenschaftlern oder Experten zurückgegriffen werden, wobei Unsicherheiten von >40% möglich waren. Bei der Evaluierung der Deutschen Ökofaktoren wird auf Hypothesen verzichtet.

Eine verstärkte Sensibilisierung in dem Bereich der Umweltpolitik hat in den letzten Jahren zu einer ausreichenden Datengrundlage geführt, wodurch Daten von staatlichen Institutionen vorlagen. Gleiches gilt für die Ermittlung der aktuellen Flüsse Österreichs, für die Daten von österreichischen Umweltministerien und Umweltämtern herangezogen wurden.

Für die Berechnungen der kritischen Flüsse für Deutschland wurden die deutschen Gesetzgebungen und Zielvorstellungen in das System eingebunden. Somit konnte gewährleistet werden, dass die Umweltinteressen Deutschlands in das System einfließen und die aktuellsten Umweltgesetze und Ziele wie z.B. die Umsetzung des Kyoto-Protokolls integriert werden. Die berechneten Faktoren der Schweiz und Österreichs beziehen sich ebenfalls auf die nationalen Gesetzgebungen und Zielvorstellungen mit dem Unterschied, dass die schweizer Berechnungen auf Gesetzesgrundlagen von 1997 und die österreichischen Berechnungen auf Gesetzesgrundlagen von 1999 zu beziehen sind.

Mit Hilfe der evaluierten aktuellen und kritischen Flüsse konnten Ökofaktoren auf Basis des BUWAL Systems berechnet werden. Zusätzlich sollte der Bereich der Lärmemissionen, begründet durch einen hohen Stellenwert für die AUDI AG in die Bewertung integriert werden. Zu diesem Zweck wurde eine neue Berechnungsmethoden entwickelt und in das Verfahren implementiert. Da Lärmemissionen durch eine schwere Erfassbarkeit nicht gleichwertig berechnet werden konnten, erforderte dieser Bereich eine spezielle Betrachtung. Zu diesem Zweck wurde auf Basis des verbal-argumentativen Ansatzes vom deutschen Umweltbundesamt ein Verfahren entwickelt, mit dem Ökofaktoren für Lärmemissionen unter Berücksichtigung der deutschen Gesetzgebung berechnet werden können. Die hierbei eingeführte qualitative Schätzwertmethode ermöglicht es den verbal-argumentativen Ansatz in Form eines Ökofaktors auszudrücken.

Durch die ermittelten Ökofaktoren für Deutschland wurde somit die Grundlage für die Berechnung von Umweltbelastungspunkten bezogen auf die räumlichen Gegebenheiten von Deutschland geschaffen. Der Vergleich mit den Ökofaktoren der Schweiz und Österreichs hat jedoch gezeigt, dass die Ergebnisse nicht in allen Bereichen mit Erfahrungen aus der Realität übereinstimmen und dass die Ergebnisse räumlich begrenzt zu betrachten sind.

Daher bieten die berechneten Ökofaktoren kein vollständiges Abbild der Umweltbelastung durch Audi, jedoch ist das Ziel eines modellhaften Abbildes über den Standort Ingolstadt aufzuzeigen erreicht.

Auf Grund der Tatsache, dass die Ergebnisse für einen Periodenvergleich und als internes Controllinginstrument herangezogen werden, können eventuell entstehende Fehler bei der Berechnung der Ökofaktoren durch unzureichende oder mangelnde Datengrundlage als systematischer Fehler betrachtet werden.

Mit Hilfe der ermittelten Ökofaktoren konnte in weiterer Folge ein Umweltbelastungspunkt für die AUDI AG am Standort Ingolstadt berechnet werden. Zu diesem Zweck wurde eine Input/Output Bilanz erstellt und die jeweiligen Emissionen mit den Ökofaktoren multipliziert. Als Ergebnis konnte ein Umweltbelastungspunkt von 5.692.451.835 bezogen auf das Jahr 2001 errechnet werden. Diese Darstellung der Umweltbelastung kann jedoch zu einer Fehlinterpretation der Ergebnisse führen, da der Nutzen ausgedrückt durch gesicherte Arbeitsplätze und Wohlstand, der für diesen Bezugsraum erreicht wird nicht in die Bewertung mit einfließt. Daher wurde der berechnete Umweltbelastungspunkt auf eine Nutzgröße in Form der produzierten Fahrzeuge für das Jahr 2001 bezogen, wodurch sich eine Umweltbelastung von 11.791 UBP/Fzg. ergibt. Durch diesen Zusammenhang können die Vorteile, die für den Bezugsraum entstehen jedoch nicht vollständig abgedeckt werden. Aus diesem Grund ist ein Bezug auf die positive Wertschöpfung des Unternehmens als Darstellung der Umweltbelastung vorzuziehen und sollte bei einer zukünftigen Bewertung mit einbezogen werden.

Neben der Berechnung der Umweltbelastungspunkte beschäftigt sich diese Arbeit mit der Bewertung des rechnerischen Abbilds der Umweltauswirkungen. Zu diesem Zweck wurde mit Hilfe des verbal-argumentativen Ansatzes eine Möglichkeit entwickelt, die eine Wertung der Priorität von Umweltmaßnahmen zulässt. Dafür wurden im Rahmen von Diskussionen innerhalb des Fachbereiches des betrieblichen Umweltschutzes Fragen ermittelt, die in weiterer Folge zu einem subjektiven Bewertungssystem ausgebaut wurden. Hierbei wird mit Hilfe von fünf Fragen und einer Ranglistenbewertung eine Einschätzung der befragten Person im Umweltbereich erzielt.

Die Auswertung von mehreren Befragungen führt somit zu einem allgemeinen Abbild der Prioritätenreihenfolge der Emissionsverursacherguppen. Nach einem betriebsinternen Test hat sich dieses Verfahren als sinnvoll und nachvollziehbar erwiesen und eine subjektive Einschätzung der Verursacherbereiche konnte erreicht werden. Es muss dabei jedoch in Betracht gezogen werden, dass die Ergebnisse der Bewertung durch einen veränderten Betrachterkreis zu einem differenten Ergebnis führen kann.

Der Bereich der verbal-argumentative Bewertung hat die Möglichkeit als eine Entscheidungshilfe für weitere Vorgehensweisen im Umweltschutzbereich zu dienen. Das System kann jedoch nicht das Management davon entlasten, die letztendliche Entscheidung selbstständig herbeizuführen. Die richtungweisenden Ergebnisse stellen jedoch eine Erleichterung im Entscheidungsfindungsprozess dar und sollten daher im Umweltmanagementsystem und dem jährlich durchzuführenden Managementreview implementiert werden.

Durch die Aufgabenstellung war festgeschrieben ein System der Umweltleistungsbewertung für Audi zu schaffen, um auf deren Grundlage in der Diskussion um die EMAS II Verordnung eindeutig Position beziehen zu können. Die vorliegende Arbeit ermöglicht es somit eine rechnerische und subjektive Bewertung der Umweltleistung durchzuführen. Erstere wird durch die Ökofaktoren von Deutschland errechnet, während die subjektive Bewertung aus der Auswertung des Fragenkataloges entsteht.

Die kritische Betrachtung der Ökofaktoren hat jedoch aufgezeigt, dass der Berechnung der Umweltleistung durch dieses System Grenzen gesetzt sind. Eine Übertragung der entwickelten Ökofaktoren ist für einen Internen Vergleich im Bezugsraum Deutschland möglich. Für eine Implementierung des Verfahrens außerhalb Deutschlands ist es notwendig länderspezifische Daten für die Berechnung von Ökofaktoren zu ermitteln. Die Vorgehensweise des Systems kann jedoch unverändert beibehalten bleiben.

In Hinblick auf eine zukünftige Betrachtung der Umweltleistung mit Hilfe dieses Systems sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Kyoto-Gase, die zur Zeit auf Grund der fehlenden Datenbasis im Bereich der Output-Bilanz nur geringfügig berücksichtigt werden konnten, stärker in die Bewertung einfließen. Diesbezüglich müssten jedoch weitere Emissionsmessungen durchgeführt oder Umrechnungsfaktoren für Treibhausgase berechnet werden.

Langfristig betrachtet bedürfen Änderungen der politischen Rahmenbedingungen oder der gesellschaftspolitischen Situation einer neuen Betrachtung von einzelnen Ökofaktoren. Das entwickelte System ist daher nicht als starr zu betrachten, sondern als ein dynamisches System, wobei die prinzipielle Vorgehensweise beibehalten werden kann.

Literaturverzeichnis

- [1] Arthur, B.; Müller-Wenk, R.: Ökobilanzen für Unternehmungen. Eine Wegbegleitung für die Praxis, 1993

- [2] AUDI AG (HRSG): Audi in Fakten und Zahlen 2001, Ingolstadt 2001

- [3] AUDI AG (HRSG): Standortplan AUDI AG Ingolstadt, Ingolstadt 2002

- [4] Braun, M. et al.: Schriftenreihe Nr. 18 der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, 1994

- [5] Braunschweig, A.: Evaluation und Weiterentwicklung von Bewertungsmethoden für Ökobilanzen – Erste Ergebnisse, 1994

- [6] Brinkmann, T.: „Was ist drin im Wasser? Summenparameter in der Wasserchemie“, online. <http://www.uni-siegen.de/~ifan/ungewu/heft8/brinkmann8.htm>, gelesen 16.08.2002

- [7] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Deutschland (HRSG): Deutsche Abwasserverordnung

- [8] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Deutschland (HRSG): Deutsches Umweltstatistikgesetz

- [9] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Deutschland (HRSG): Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz;
TA-Lärm – Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm

- [10] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Deutschland (HRSG): Umwelt Nr. 11/2000; Nationales Klimaschutzprogramm, Berlin 2000

- [11] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Schweiz (HRSG):
Schriftenreihe Umwelt Nr. 297: Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode
der ökologischen Knappheit, Bern 1998
- [12] Europäische Gemeinschaft (HRSG.): Amtsblatt der Europäischen
Gemeinschaft; Verordnung (EG) Nr.761/2001 des Europäischen Parlaments
und Rates, Brüssel 2001
- [13] Grassinger, D. Salhofer, S.: Methoden zur Bewertung Abfallwirtschaftlicher
Maßnahmen, 1998
- [14] Houghton, J.T. et.al.: Climate Change 1995. The science of Climate Change.
Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the
Intergovernmental Panel of Climate Change, 1996
- [15] IKSR-Expertenkreis, „Grundlagen und Modelle für diffuse Einträge“, 1996
- [16] Institut für Entsorgungs- und Deponietechnik (HRSG): Bewertung von
Umweltauswirkungen im Rahmen der EMAS, ISO 14001 und IPPC:
Ökopunkte Österreich, Leoben 1999
- [17] Integrated Pollution Prevention and Control: Study on Energy Management
and Optimisation in Industry, 2000
- [18] „Katalyse Umwelt Lexikon“, online. [http://umweltlexikon-
online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/](http://umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBwerkstoff-material-substanz/); gelesen 20.08.2002
- [19] mapandguide; <http://www.mapandguide.de>, gelesen 04.08.2002
- [20] Staber, W.; Hofer, M.: Ökoprofit; Stoffstrommanagement nach IPPC,
Leoben 1999
- [21] Stadt Ingolstadt (HRSG): Satzung für die öffentliche Entwässerungsanlage der
Stadt Ingolstadt (Entwässersatzung -EWS)

- [22] Umweltbundesamt Deutschland: Leitfaden: Betriebliche Umweltauswirkungen, Berlin 1999
- [23] Umweltbundesamt Deutschland Fachgebiet I 4.3 (HRSG): „Umweltberichterstattung, Umweltstatistik“: Daten zur Umwelt 1997, Zustand der Umwelt in Deutschland, Berlin 1997

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AG	Aktiengesellschaft
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BUWAL	Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft
bzw.	beziehungsweise
CML	Centrum voor Milieukunde Leiden
CSB	Chemischer Sauerstoff Bedarf
d	Tag
dB(A)	Dezibel, A bewertet
Destatis	Statistisches Bundesamt Deutschland
DIN	Deutsches Institut für Normung
d.h.	dass heißt
DOC	dissolved organic carbon
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
etc.	et cetera
FAC	Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
ff.	folgende
g	Gramm
HRSG	Herausgeber
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISO	International Standard Organisation
kg	Kilogramm
l	Liter
LKW	Lastkraftwagen
mg	Milligramm
Nat.	National
NMVOC	non methane organic compounds
Nr.	Nummer
PCB	polychlorierte Biphenyle
S.	Seite

Stk.	Stück
t	Tonne
TOC	total organic carbon
u.a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UBP	Umweltbelastungspunkt
UStatG	Umweltstatistikgesetz
UT	Untertage
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Das Unternehmen im Wirtschaftssystem	14
Abbildung 1-2: Zuordnung von mehreren Umweltauswirkungen in eine Wirkungskategorie	15
Abbildung 1-3: Zuordnung von einer Umweltauswirkung in mehrere Wirkungskategorien	15
Abbildung 3-1: Systemgrenze 1:Orientierungsplan Werk Ingolstadt	49
Abbildung 3-2: Systemgrenze 2: Bereich 2 km um das Werksgelände	50
Abbildung 3-3: Darstellung der Umweltbelastungspunkte pro Fahrzeug	61
Abbildung 3-4: Prozentuale Aufteilung der Umweltbelastungspunkte	61
Abbildung 4-1: Frage 1: Wie hoch ist die Gefahr zukünftige gesetzliche Anforderungen einzuhalten?	66
Abbildung 4-2: Frage 2: Wie hoch ist die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Realisierung für eine Verbesserung?	67
Abbildung 4-3: Frage 3: Wie hoch ist die Möglichkeit einer technischen Realisierung für eine Verbesserung	67
Abbildung 4-4: Frage 4: Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt?	68
Abbildung 4-5: Frage 5: Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen?	69

Abbildung 4-6: Zuordnung der Punkte der subjektiven Bewertung über den Handlungsbedarf	69
Abbildung 4-7: Ergebnisse der verbal-argumentativen Auswertung	71
Abbildung 5-1A: Verhältnis der Umweltauswirkung[%] zu verb-arg. Gewichtung[-]	73
Abbildung 5-1B: Verhältnis der Umweltauswirkung[%] zu verb-arg. Gewichtung[-] - Ausschnitt	73

Formelverzeichnis

Formel 1-1: Ökologische Knappheit	11
Formel 1-2: Ökofaktor	11
Formel 1-3: Umweltbelastungspunkt	11
Formel 1-4: Betriebsspezifischer Beitrag	16
Formel 3-1: Umweltbelastungspunkt	48
Formel 6-1: Ökofaktor	77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Auszug aus dem Vergleich der Ökofaktoren	19
Tabelle 2-1: Ökofaktor für Stickoxid	24
Tabelle 2-2: Ökofaktor für Schwefeldioxid	24
Tabelle 2-3: Ökofaktor für Ammoniak	25
Tabelle 2-4: Ökofaktor für Kohlenmonoxid	26
Tabelle 2-5: Ökofaktor Partikel	27
Tabelle 2-6: Ökofaktor für NMVOC	27
Tabelle 2-7: Ökofaktoren für Treibhausgase	29
Tabelle 2-8: Zusammenfassung der Ökofaktoren für Luftemissionen	31
Tabelle 2-9: Ökofaktor für CSB	34
Tabelle 2-10: Ökofaktor für Phosphor	35
Tabelle 2-11: Ökofaktor für NH_4^+	36
Tabelle 2-12: Ökofaktor für NO_3^-	36
Tabelle 2-13: Ökofaktoren für Schwermetalle	37
Tabelle 2-14: Ökofaktor für AOX	39
Tabelle 2-15: Zusammenfassung der Abwasserfaktoren	40

Tabelle 2-16: Ökofaktor für oberirdische Deponierung	43
Tabelle 2-17: Ökofaktor für unterirdische Deponierung	43
Tabelle 2-18: Zusammenfassung der Abfall- und Bodenfaktoren	43
Tabelle 2-19: Einstufung der Beurteilungspegel unter Berücksichtigung der Gebietscharakteristika in Anlehnung an die Immissionsrichtwerte der TA-Lärm	45
Tabelle 2-20: Ökofaktoren für Lärmemissionen am Tag	47
Tabelle 2-21: Ökofaktoren für Lärmemissionen in der Nacht	47
Tabelle 3-1: Daten aus der Input-Bilanz	51
Tabelle 3-2: Umrechnung des Heizölverbrauches in Luftschadstoffe	52
Tabelle 3-3: Berechnung der Luftschadstoffe des Zulieferverkehrs >30 t	53
Tabelle 3-4: Output-Bilanz: Abluft	54
Tabelle 3-5: Output-Bilanz: Abwasser	55
Tabelle 3-6: Output-Bilanz: Abfälle	56
Tabelle 3-7: Output-Bilanz: Lärm	56
Tabelle 3-8: Output-Bilanz: Produkte	53
Tabelle 3-9: Beispiel: Umweltbelastungspunktberechnung für CO ₂	58
Tabelle 3-10: Zusammenfassung Umweltbelastungspunkte	60

Tabelle 4-1: Fragebogen für verbal-argumentative Auswertung	63
Tabelle 5-1: Zusammenfassung des Ergebnisses der UBP-Berechnung	72
Tabelle 5-2: Zusammenfassung der verbal-argumentativen Bewertung	72
Tabelle 6-1: internationaler Vergleich der Ökofaktoren	76



Anhang

Emissionen in die Luft		BUWAL	UBA
	CO	x	✓
	NO _x	✓	✓
	SO ₂	✓	✓
	flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan, FCKW)	✓	x
	flüchtige organische Verbindungen	x	✓
	NH ₃	✓	✓
	HCl	✓	✓
	HF	✓	✓
	PM10 bzw. Staub	✓	✓
Treibhausgase	CO ₂	✓	✓
	CH ₄	✓	✓
	N ₂ O	✓	✓
ozonschichtzerstörende Substanzen	FCKW	✓	x
	HFCKW	✓	x
	SF ₆	✓	x
Schwermetalle	Pb	✓	x
	Cd	✓	✓
	Zn	✓	x
	Hg	✓	✓
Dioxine und Furane	PCDD	x	x
	PCDF	x	x

Tabelle A-1: Vergleich der Ökofaktoren für Emissionen in die Luft

Emissionen in die Oberflächengewässer		BUWAL	UBA
organische Stoffe	COD	✓	✓
	DOC	✓	x
	TOC	✓	x
	Phosphor	✓	✓ ^①
	Chlorid	x	x
	Gesamtstickstoff	✓	✓ ^①
	Sulfat	x	x
	Ammonium Stickstoff	x	✓ ^①
	CSB/BSB ₅	x	✓ ^①
Schwermetalle	Chrom	✓	✓ ^③
	Zink	✓	✓ ^③
	Kupfer	✓	✓ ^③
	Cadmium	✓	✓ ^③
	Quecksilber	✓	✓ ^③
	Blei	✓	✓ ^③
	Nickel	✓	✓ ^③
	AOX	✓	✓ ^①
	PAH	x	x

Tabelle A-2: Vergleich der Ökofaktoren für Emissionen in die Oberflächengewässer

Emission in Boden und Grundwasser		BUWAL	UBA
	Nitrat	✓	x
Schwermetalle	Pb	✓	x
	Cu	✓	x
	Cd	✓	x
	Zn	✓	x
	Ni	✓	x
	Cr	✓	x
	Co	✓	x
	Hg	✓	x
	Th	✓	x
	Mo	✓	x
	Pflanzenbehandlungsmittel	✓	x
	Beanspruchung von Deponierraum	✓	✓ ^④
	radioaktive Abfälle	✓	x

Tabelle A-3: Vergleich der Ökofaktoren für Emissionen in den Boden und das Grundwasser

Sonstige Ökofaktoren	BUWAL	UBA
Primärenergie	✓	✓
	▪	▪
Lärmbelästigung	x	✓②
Sommersmog	x	✓②
Flächenbewertung (Entzug natürlichen Lebensraumes, Flächenzerschneidung)	x	✓②
Brandgefahr	x	✓②
Versauerung und Eutrophierung von Böden	x	✓②
Gewässerversäuerung	x	✓②
Gewässereutrophierung	x	✓②
Humantoxizität	x	✓②
Terrestrische Ökotoxizität	x	✓②
Aquatische Ökotoxizität	x	✓②
Grundwassergefährdung	x	✓②

Tabelle A-4: Vergleich der sonstigen Ökofaktoren

①	Unterscheidung in Direkt- und Indirekteinleitung der Schadstofffracht ins Abwasser
②	Kein Ökofaktor vorhanden->Bewertung nach verbalen Bewertungsskalen
③	Schwermetalle verbleiben nahezu vollständig im Klärschlamm, daher nur qualitative Betrachtung
④	Umrechnung des Feststoffabfalls in Luftschadstoffemissionen bei der Abfallverbrennung

Tabelle A-5: Zeichenerklärung für den Vergleich der Ökofaktoren

Lok Nr.:	Hersteller Loktyp	Diesel [l]	Diesel [kg]	CO [t]	NOx [t]	NM VOC [t]	Dieselfuß [t]	SO ₂ [t]	CO ₂ [t]
1	ABB Henschel DHG 700 C	37265	30929,95	0,5165	1,7011	0,1819	0,0792	0,0278	98,2026
2	Krauss Maffei MH 05	49426	41023,58	0,6851	2,2563	0,2412	0,1050	0,0369	130,2499
3	ABB Henschel DHG 500 C	2129	1767,07	0,0295	0,0972	0,0104	0,0045	0,0016	5,6104
4	Zweiwege Fahrzeug GmbH Unimog 424	4944	4103,52	0,0685	0,2257	0,0241	0,0105	0,0037	13,0287
?		93764,00		1,2997	4,2803	0,4576	0,1992	0,0700	247,0916

Tabelle B-1: Berechnung der Luftemissionen für die Werkseisenbahn

Faktor Luftschadstoff in t pro kg Dieselmotorkraftstoff für CO	0,0000167
Faktor Luftschadstoff in t pro kg Dieselmotorkraftstoff für NOx	0,000055
Faktor Luftschadstoff in t pro kg Dieselmotorkraftstoff für NMVOC	0,00000588
Faktor Luftschadstoff in t pro kg Dieselmotorkraftstoff für Dieselfußpartikel	0,00000256
Faktor Luftschadstoff in t pro kg Dieselmotorkraftstoff für SO ₂	0,0000009
Faktor Luftschadstoff in t pro kg Dieselmotorkraftstoff für CO ₂	0,003175
Quelle ifeu-Institut Heidelberg	

Tabelle B-2: Umrechnungsfaktoren für Luftschadstoffe durch Dieselmotorkraftstoffverbrennung von Lokomotiven

Räucheranlage	Reibrauchanlage	Spänerauchanlage
vn[m ³ /h]	32	345
Betriebsstunden/Tag	7,5	10
Arbeitstage	239	50
Betriebsstunden/Jahr	1792,5	500
vn/a[m ³ /a]	57360	172500
Gesamt C Messung 1 [mg/m ³]	56	27
Gesamt C Messung 2 [mg/m ³]	72	0
Gesamt C Messung 3 [mg/m ³]	82	0
Gesamt C Durchschnitt [mg/m ³]	70	27
ges. C pro Jahr [mg/a]	4015200	4657500
ges. C pro Jahr [t/a]	0,0040152	0,0046575
Benzol Messung 1 [mg/m ³]	0,08	0,07
Benzol Messung 2 [mg/m ³]	0,09	
Benzol Durchschnitt [mg/m ³]	0,085	0,07
Benzol pro Jahr [mg/a]	4875,6	12075
Benzol pro Jahr [t/a]	0,000048756	0,00012075

Tabelle B-3: Berechnungen der Emissionen der Räucheranlage

		[l]	[kg]	[t]	VOC Emission [kg]	VOC Emission [t]
Betankungsanlage A3	99,8% Rückführung daher nicht aufgenommen					
Betankungsanlage A4	99,8% Rückführung daher nicht aufgenommen					
Aral Tankst.	Diesel	1950000	1618500,00	1618,5000	0*	
	Otto Kraftstoffe	2224000	1668000,00	1668	1367,76	1,37
TE-Tankstelle	Diesel	814000	675620,00	675,62	0*	
	Otto Kraftstoffe	1733000	1299750,00	1299,7500	1065,795	1,07
Summe					?	2,44

Umrechnungsfaktor für Otto Kraftstoffe in VOC Emissionen [kg/t]	0,82
*Umrechnungsfaktor für Diesel Kraftstoffe in VOC Emissionen [kg/t]	0,00
Quelle Umweltbundesamt	

Tabelle B-4: Berechnungen der Emissionen der Betankungsanlagen

	aus	in	Faktor	Quelle
	kWh	MJ	3,60	VSE1996 / SR 132
CO ₂ aus Strom	kWh	g	648,00	Gemis 3.0 / UBA 99
CH ₄ aus Strom	kWh	g	1,54	Gemis 3.0 / UBA 99
N ₂ O aus Strom	kWh	g	0,03	Gemis 3.0 / UBA 99
NO _x aus Strom	kWh	g	0,93	Gemis 3.0 / UBA 99
SO ₂ aus Strom	kWh	g	0,43	Gemis 3.0 / UBA 99
NM VOC aus Strom (ohne CH ₄)	kWh	g	0,09	Gemis 3.0 / UBA 99

	Faktor	Emission in g	Emission in t
CO ₂ aus Strom	648	361584000000	361584,00
CH ₄ aus Strom	1,54	859320000	859,32
N ₂ O aus Strom	0,03	16740000	16,74
NO _x aus Strom	0,93	518940000	518,94
SO ₂ aus Strom	0,43	239940000	239,94
NM VOC aus Strom (ohne CH ₄)	0,09	50220000	50,22

	Emission in t	Ökofaktor	UBP
CO ₂ aus Strom	361584	0,0000015	542376,00
CH ₄ aus Strom	859,32	0,42	360914400,00
N ₂ O aus Strom	16,74	7,87	131743800,00
NO _x aus Strom	518,94	1,45	752463000,00
SO ₂ aus Strom	239,94	2,94	705423600,00
NM VOC aus Strom (ohne CH ₄)	50,22	1,62	81356400,00
Summe			2032443576,00

Tabelle B-5: Berechnungen der Emissionen aus dem Stromverbrauch

	aus	in	Faktor	Quelle
Erdgas-Umrechnung	m ³	kg	0,79	UBA, 1995
Erdgas-Umrechnung	kg	MJ	50,42	BUWAL, SR 132
Erdgas-Umrechnung	m ³	kWh	10,07	UBA, 1995
CO ₂ aus Erdgas	m ³	g	1879,35	BUWAL 1992
N ₂ O aus Erdgas	m ³	g	2,38	BUWAL 1992
NO _x aus Erdgas	m ³	g	3,01	BUWAL 1992
SO ₂ aus Erdgas	m ³	g	0,03	BUWAL 1992
NM VOC aus Erdgas (ohne CH ₄)	m ³	g	0,38	BUWAL 1992

	Faktor	Emission in g	Emission in t
CO ₂ aus Erdgas	1879,35	133439448857,99	133439,45
N ₂ O aus Erdgas	2,379	168916087,4	168,92
NO _x aus Erdgas	3,01	213718967,2	213,72
SO ₂ aus Erdgas	0,027	1917080,437	1,92
NM VOC aus Erdgas (ohne CH ₄)	0,38	26981132,08	26,98

	Emission in t	Ökofaktor	UBP
CO ₂ aus Erdgas	133439,4489	0,0000015	200159,17
N ₂ O aus Erdgas	168,9160874	7,87	1329369607,75
NO _x aus Erdgas	213,7189672	1,45	309892502,48
SO ₂ aus Erdgas	1,917080437	2,94	5636216,48
NM VOC aus Erdgas (ohne CH ₄)	26,98113208	1,62	43709433,96
Summe			1688807919,85

Tabelle B-6: Berechnungen der Emissionen aus dem Erdgasverbrauch

	Aus	in	Faktor	Quelle
Heizöl-Umrechnung	L	kg	0,84	RAVEL 1993
Heizöl-Umrechnung	Kg	MJ	46,40	BUWAL, SR 132
Heizöl-Umrechnung	T	kWh	11900,00	RAVEL 1993
CO ₂ aus Heizöl	Kg	g	3136,50	UBA1999, ifeu 1999
N ₂ O aus Heizöl	Kg	g	0,64	UBA1999, ifeu 1999
NO _x aus Heizöl	Kg	g	3,35	UBA1999, ifeu 1999
SO ₂ aus Heizöl	Kg	g	3,60	UBA1999, ifeu 1999
NMVOC aus Heizöl (ohne CH ₄)	Kg	g	0,42	UBA1999, ifeu 1999

	Faktor	Emission in g	Emission in t
CO ₂ aus Heizöl	3136,5	325375240,7	325,38
N ₂ O aus Heizöl	0,638	66185,04816	0,07
NO _x aus Heizöl	3,35	347523,372	0,35
SO ₂ aus Heizöl	3,6	373457,952	0,37
NMVOC aus Heizöl (ohne CH ₄)	0,42	43570,0944	0,04

	Emission in t	Ökofaktor	UBP
CO ₂ aus Heizöl	325,3752407	0,0000015	488,06
N ₂ O aus Heizöl	0,066185048	7,87	520876,33
NO _x aus Heizöl	0,347523372	1,45	503908,89
SO ₂ aus Heizöl	0,373457952	2,94	1097966,38
NMVOC aus Heizöl (ohne CH ₄)	0,043570094	1,62	70583,55
Summe			2193823,21

Tabelle B-7: Berechnungen der Emissionen aus dem Heizölverbrauch

	Aus	in	Faktor	Quelle
CO ₂ aus Diesel	Kg	g	3184,00	BUWAL, SR 132
N ₂ O aus Diesel	Kg	g	-	BUWAL, SR 132
NO _x aus Diesel	Kg	g	41,90	BUWAL, SR 132
SO ₂ aus Diesel	Kg	g	3,35	BUWAL, SR 132
NM VOC aus Diesel (ohne CH ₄)	Kg	g	8,38	BUWAL, SR 132

	Faktor	Emission in g	Emission in t
CO ₂ aus Diesel	3184	506510847,4	506,51
N ₂ O aus Diesel	-		
NO _x aus Diesel	41,9	6665453,676	6,67
SO ₂ aus Diesel	3,352	533236,2941	0,53
NM VOC aus Diesel (ohne CH ₄)	8,38	1333090,735	1,33

	Emission in t	Ökofaktor	UBP
CO ₂ aus Diesel	506,5108474	0,0000015	759,77
N ₂ O aus Diesel		7,87	
NO _x aus Diesel	6,665453676	1,45	9664907,83
SO ₂ aus Diesel	0,533236294	2,94	1567714,70
NM VOC aus Diesel (ohne CH ₄)	1,333090735	1,62	2159606,99
Summe			13392989,29

Tabelle B-8: Berechnungen der Emissionen aus dem Dieseltreibstoffverbrauch

	Aus	in	Faktor	Quelle
Ottokraftstoff-Umrechnung	l	kg	0,76	RAVEL 1993
Ottokraftstoff-Umrechnung	kg	MJ	43,54	Gemis 3.0 / UBA 99
Ottokraftstoff-Umrechnung	t	kWh	11900,00	RAVEL 1993
CO ₂ aus Otto-KSt	MJ	g	14,52	Gemis 3.0 / UBA 99
N ₂ O aus Otto-KSt	MJ	g	0,00	Gemis 3.0 / UBA 99
NO _x aus Otto-KSt	MJ	g	0,04	Gemis 3.0 / UBA 99
SO ₂ aus Otto-KSt	MJ	g	0,04	Gemis 3.0 / UBA 99
NM VOC aus Otto-KSt (ohne CH ₄)	MJ	g	0,15	Gemis 3.0 / UBA 99

	Faktor	Emission in g	Emission in t
CO ₂ aus Otto-KSt	14,52	2589844110	2589,84
N ₂ O aus Otto-KSt	0,0003	53509,17583	0,05
NO _x aus Otto-KSt	0,0382	6813501,723	6,81
SO ₂ aus Otto-KSt	0,0421	7509121,009	7,51
NM VOC aus Otto-KSt (ohne CH ₄)	0,1524	27182661,32	27,18

	Emission in t	Ökofaktor	UBP
CO ₂ aus Otto-KSt	2589,84411	0,0000015	3884,77
N ₂ O aus Otto-KSt	0,053509176	7,87	421117,21
NO _x aus Otto-KSt	6,813501723	1,45	9879577,50
SO ₂ aus Otto-KSt	7,509121009	2,94	22076815,77
NM VOC aus Otto-KSt (ohne CH ₄)	27,18266132	1,62	44035911,34
Summe			76417306,59

Tabelle B-9: Berechnungen der Emissionen aus dem Benzintreibstoffverbrauch

	Emissionen in g	Emissionen in t
Werkseisenbahn		
SO ₂	676449,1389	0,676449139
NO _x	2221417,108	2,221417108
Staub	784679,6749	0,784679675
CO	784679,6749	0,784679675
NMVOC	541539,4939	0,541539494
CO ₂	267027101,2	267,0271012
CH ₄	55259,13203	0,055259132
N ₂ O	11051,82641	0,011051826
Zulieferverkehr 30t		
CO	1380225	1,380225
NO _x	6516335	6,516335
NMVOC	619010	0,61901
Partikel	300303,5	0,3003035
SO ₂	146387,5	0,1463875
CO ₂	774599000	774,599
Zulieferverkehr 7,5 t		
CO	127148	0,127148
NO _x	293492	0,293492
NMVOC	104204	0,104204
Partikel	22083,6	0,0220836
SO ₂	7648	0,007648
CO ₂	44932000	44,932
Dienstverkehr		
Diesel		
CO ₂ aus Diesel	9427824000	9427,824
N ₂ O aus Diesel		
NO _x aus Diesel	124065900	124,0659
SO ₂ aus Diesel	9925272	9,925272
NMVOC aus Diesel (ohne CH ₄)	24813180	24,81318
Otto		
CO ₂ aus Otto-KSt	2583198716	2583,198716
N ₂ O aus Otto-KSt	53371,8743	0,053371874
NO _x aus Otto-KSt	6796018,661	6,796018661
SO ₂ aus Otto-KSt	7489853,027	7,489853027
NMVOC aus Otto-KSt (ohne CH ₄)	27112912,15	27,11291215

Tabelle B-10: Berechnungen der Emissionen für die indirekten Luftemissionen

	Emissionen in g	Emissionen in t
NM VOC Emissionen Tankstelle	2440000	2,44
NM VOC Emissionen Lackieranlage	884000000	884
Abfallverbrennung		
CO ₂ aus Abfallverbrennung	5223179106	5223,179106
SO ₂ aus Abfallverbrennung	5700266,64	5,70026664
HCl aus Abfallverbrennung	1425066,66	1,42506666
HF aus Abfallverbrennung	285013,332	0,285013332
CO aus Abfallverbrennung	28501,3332	0,028501333
Staub aus Abfallverbrennung	1425066,66	1,42506666
Hg aus Abfallverbrennung	1425,06666	0,001425067
Cd/Ti aus Abfallverbrennung	1425,06666	0,001425067
Dioxine/Furane aus Abfallverbrennung		
Auslieferungsverkehr		
Diesel		
CO ₂ aus Diesel	1678553856	1678,553856
N ₂ O aus Diesel		
NO _x aus Diesel	22089009,6	22,0890096
SO ₂ aus Diesel	1767120,768	1,767120768
NM VOC aus Diesel (ohne CH ₄)	4417801,92	4,41780192
Otto		
CO ₂ aus Otto-KSt	361148094,3	361,1480943
N ₂ O aus Otto-KSt	7461,737486	0,007461737
NO _x aus Otto-KSt	950127,9066	0,950127907
SO ₂ aus Otto-KSt	1047130,494	1,047130494
NM VOC aus Otto-KSt (ohne CH ₄)	3790562,643	3,790562643
Prüfstände		
Diesel		
CO ₂ aus Diesel	506510847,4	506,5108474
N ₂ O aus Diesel		
NO _x aus Diesel	6665453,676	6,665453676
SO ₂ aus Diesel	533236,2941	0,533236294
NM VOC aus Diesel (ohne CH ₄)	1333090,735	1,333090735
Otto		
CO ₂ aus Otto-KSt	2589844110	2589,84411
N ₂ O aus Otto-KSt	53509,17583	0,053509176
NO _x aus Otto-KSt	6813501,723	6,813501723
SO ₂ aus Otto-KSt	7509121,009	7,509121009
NM VOC aus Otto-KSt (ohne CH ₄)	27182661,32	27,18266132

Tabelle B-11: Berechnungen der Emissionen für die direkten Luftemissionen, Teil 1

	Emissionen in g	Emissionen in t
Energie		
Strom		
CO2 aus Strom	361584000000	361584
CH4 aus Strom	859320000	859,32
N2O aus Strom	16740000	16,74
NOx aus Strom	518940000	518,94
SO2 aus Strom	239940000	239,94
NM VOC aus Strom (ohne CH4)	50220000	50,22
Erdgas		
CO2 aus Erdgas	133439448857,99	133439,4489
N2O aus Erdgas	168916087,4	168,9160874
NOx aus Erdgas	213718967,2	213,7189672
SO2 aus Erdgas	1917080,437	1,917080437
NM VOC aus Erdgas (ohne CH4)	26981132,08	26,98113208
Heizöl		
CO2 aus Heizöl	325375240,7	325,3752407
N2O aus Heizöl	66185,04816	0,066185048
NOx aus Heizöl	347523,372	0,347523372
SO2 aus Heizöl	373457,952	0,373457952
NM VOC aus Heizöl (ohne CH4)	43570,0944	0,043570094

Tabelle B-12: Berechnungen der Emissionen für die direkten Luftemissionen, Teil 2

	pH	æ	CSB	Abs. Stoffe	KW	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Fluorid
	20°C	[µS/cm], 25°C	[mg/l]	[ml/l]	[mg/l]							
Januar	8,60	1196,39	402,22	0,33	4,22	0,05	0,05	0,06	0,33	0,05	0,16	11,48
Februar	8,60	1160,75	414,25	∅	5,10	0,05	0,05	0,07	0,52	0,05	0,16	10,16
März	8,72	1095,23	377,27	0,57	5,32	0,05	0,05	0,05	0,24	0,05	0,16	10,70
April	8,43	1067,33	619,71	∅	5,29	0,05	0,06	0,05	0,38	0,05	0,12	12,93
Mai	8,49	923,25	230,75	∅	2,00	0,05	0,05	0,05	0,23	0,05	0,07	8,63
Juni	8,63	1111,15	256,92	∅	2,31	0,05	0,05	0,05	0,35	0,05	0,07	9,40
Juli	8,90	1130,00	655,95	∅ (0,18)	3,27	0,05	0,05	0,05	0,38	0,05	0,09	10,44
August	8,72	1323,33	1357,78	∅	3,11	0,05	0,05	0,05	0,37	0,07	0,14	10,84
September	8,78	1105,53	592,11	∅	3,21	0,05	0,05	0,05	0,35	0,05	0,07	11,15
Oktober	8,82	1111,43	561,19	∅	3,20	0,05	0,05	0,05	0,27	0,05	0,08	10,93
November	9,14	1122,86	714,64	∅	5,00	0,05	0,05	0,05	0,30	0,05	0,12	10,12
Dezember	8,94	1455,00	1482,94	∅	4,47	0,05	0,05	0,05	0,30	0,06	0,34	14,44
Jahres ∅	8,73	1150,19	638,81	0,09	3,88	0,05	0,05	0,05	0,33	0,05	0,13	10,94

Tabelle C-1: Berechnung der Abwasseremissionen der AUDI AG Ingolstadt

	NH4+ [mg/l]	NO2- [mg/l]	NO3- [mg/l]	Nges [mg/l]	Pges [mg/l]
1.	0,17	0,13	1,50	10,10	9,90
2.	1,20	0,13	2,10	12,20	9,10
3.	1,20	88,00	32,00	36,30	18,90
4.	4,40	0,12	1,90	17,90	24,60
5.	0,07	< 0,1	1,80	11,00	16,50
6.					
7.					
8.	1,10	0,13	3,00	10,70	13,50
9.	4,00	0,17	2,10	13,10	31,00
10.	2,30	0,20	2,20	12,90	46,90
11.	1,90	0,14	1,80	14,90	58,60
12.	1,90	0,11	1,70	13,90	25,00
13.					
14.					
15.	0,04	0,15	1,4	10,9	14
Ø	1,7	8,9	4,7	14,9	24,4

Tabelle C-2: Zusatzmessungen der Abwasseremissionen der AUDI AG Ingolstadt

Zeitraum der Probennahme	AOX	Hg
	[mg/l]	[mg/l]
Jan 00	0,074	0,001
Feb 00	0,082	0,001
Mrz 00	0,13	0,001
Apr 00	0,042	0,001
Mai 00	0,052	0,001
Jun 00	0,036	0,001
Jul 00	0,033	0,001
Aug 00	0,042	0,001
Sep 00	0,051	0,001
Okt 00	0,03	0,001
Nov 00	0,06	0,001
Dez 00	0,094	0,001
Ø	0,0605	0,001
Jan 01	0,085	0,001
Feb 01	0,054	0,001
Mrz 01	0,019	0,0005
Apr 01	0,066	0,001
Mai 01	0,034	0,001
Jun 01	0,019	0,001
Jul 01	0,062	0,001
Aug 01	0,034	0,001
Sep 01	0,054	0,001
Okt 01	0,17	0,001
Nov 01	0,17	0,001
Dez 01	0,034	0,001
Ø	0,06675	0,000958
Jan 02	0,059	0,001
Feb 02	0,091	0,001
Mrz 02	0,022	0,001
Apr 02	0,016	0,001
Mai 02	0,099	0,0005
Jun 02	0,01	0,001
Ø	0,0495	0,000917
Summe Ø	0,058917	0,000958

Tabelle C-3: Messungen der Abwasseremissionen der IFUWA

	kritischer Fluß [t/a]	aktueller Fluß [t/a]	Ökofaktor [UBP/t]	Ökofaktor [UBP/g]
CSB	8550			keine Daten
DOC				keine Daten
TOC				keine Daten
Zn	57			keine Daten
Cu	14,25	0,135375	666666666,67	666,6666667
Cd	5,7	0,0035625	109649122,81	109,6491
Ni	14,25	0,285	1403508771,93	1403,508772
Pb	14,25	0,4085	2011695906,43	2011,695906
Cr	14,25	0,235125	1157894736,84	1157,8947
Hg	1,425	0,0285	14035087719,30	14035,08772
P	57			keine Daten
ges. N	855			keine Daten
NH ₄ ⁺				keine Daten
NO ₃ ⁻				keine Daten
AOX	28,5	0,57	701754385,96	701,754386

Tabelle C-4: Berechnung Abwasserökofaktoren für Ingolstadt

	kritischer Fluß [t/a]	aktueller Fluß [t/a]	Ökofaktor [UBP/t]	Ökofaktor [UBP/g]
CSB	493728	55390,9	227228,56	0,227228555
DOC			681685,67	0,681685665
TOC			681685,67	0,6817
Zn				keine Daten
Cu				keine Daten
Cd				keine Daten
Ni				keine Daten
Pb				keine Daten
Cr				keine Daten
Hg				keine Daten
P	3291,52	1906,5	175972098,46	175,9720985
Ges. N	49372,8	24045,5	9864118,88	9,864118876
NH ₄ ⁺				keine Daten
NO ₃ ⁻				keine Daten
AOX	1645,76	33,3407	12309536,73	12,30953673

Tabelle C-5: Berechnung Abwasserökofaktoren für Bayern

	kritischer Fluß [t/a]	aktueller Fluß [t/a]	Ökofaktor [UBP/t]	Ökofaktor [UBP/g]
CSB	49905720	3119714,811	1252,61	0,001252605
DOC				keine Daten
TOC				keine Daten
Zn	90662	848,719	103255,53	0,103255533
Cu	22665,5	156,64	304910,28	0,3049
Cd	9066,2	4,065	49454,97	0,049454972
Ni	22665,5	108,293	210799,60	0,210799597
Pb	22665,5	62,431	121526,13	0,1215
Cr	22665,5	69,608	135496,65	0,135496647
Hg	2266,55	2,996	583191,52	0,583191521
P	90662	12,021	1462,48	0,00146248
Ges. N	1359930	231,875	125,38	0,0001
NH ₄ ⁺	16635240	2236536,639	8081,98	0,008081982
NO ₃ ⁻	1663524	17802,4	6433,10	0,006433102
AOX	45331	836,7	407173,19	0,4072

Tabelle C-6: Berechnung Abwasserökofaktoren für Deutschland

	m ³	l
Produktionsabwässer	322052	322052000
Belegschaftsabwässer	449261	449261000

Schadstoff	Schadstoffmenge ges. [g]	Ökofaktor [UBP/g]	UBP [-]
Blei	16102,6	0,1215	1956,47
Cd	16102,6	0,0495	797,08
Cr	16102,6	0,1355	2181,90
Cu	16102,6	0,3049	4909,68
Ni	106277,16	0,2108	22403,23
Zn	41866,76	0,1033	4324,84
AOX	19323,12	0,4072	7868,37
CSB (Prod.)	322052000	0,0013	418667,60
CSB (Beleg.)	2246305000	0,0013	2920196,50
Fluorid	3523248,88		0,00
KW	1249561,76		0,00
Abs. Stoffe	28984,68		0,00
NH ₄ ⁺	547488,4	0,0323	17683,88
NO ₂ ⁻	2866262,8		0,00
NO ₃ ⁻	1513644,4	0,0257	38900,66
N ges.	4798574,8	0,0001	479,86
P ges.	7858068,8	0,0015	11787,10
Hg	322,052	0,5832	187,82
Summe			3452344,98

Tabelle C-7: Berechnung der UBP für Abwasser

	[%]	[t]
Abfälle zur Beseitigung	100	6434
davon zur Verbrennung	96,3	6195,942
davon zur Deponierung	3,7	238,058

Tabelle D-1: Berechnung der Abfälle

Luftschadstoff	Quelle Umrechnungsfaktor	Umrechnungsfaktor [t Luftschadstoff pro t Abfall]	Emission [t]	Emission [g]
CO ₂ aus Abfallverbrennung	UBA	0,843	5223,18	5223179106
SO ₂ aus Abfallverbrennung	UBA	0,00092	5,70	5700266,64
HCl aus Abfallverbrennung	UBA	0,00023	1,43	1425066,660
HF aus Abfallverbrennung	UBA	0,000046	0,29	285013,332
CO aus Abfallverbrennung	UBA	0,0000046	0,03	28501,3332
Staub aus Abfallverbrennung	UBA	0,00023	1,43	1425066,660
Hg aus Abfallverbrennung	UBA	0,00000023	0,00	1425,06666
Cd/Ti aus Abfallverbrennung	UBA	0,00000023	0,00	1425,06666

Tabelle D-2: Berechnung der Luftschadstoffe aus der Abfallverbrennung

Luftschadstoff	Ökofaktor	UBP
CO ₂ aus Abfallverbrennung	0,0000015	7834,768659
SO ₂ aus Abfallverbrennung	2,94	16758783,92
HCl aus Abfallverbrennung		0
HF aus Abfallverbrennung		0
CO aus Abfallverbrennung	0,21	5985,279972
Staub aus Abfallverbrennung	3,92	5586261,307
Hg aus Abfallverbrennung		0
Cd/Ti aus Abfallverbrennung		0
Summe		22358865,28

Tabelle D-3: Berechnung der UBP aus der Abfallverbrennung

Messpunkt	Grenzwert Tag dB(A)	Messwert Tag dB(A)	Ökofaktor	UBP
Ettinger Straße	55	38	3,65	3,65
Senefelderstraße	65	38	3,65	3,65
Ringlerstraße	65	35	3,65	3,65
Carl-Zeiss- Straße	65	39	3,65	3,65
Oberhaunstadt	50	32	3,65	3,65
Rohrmühle	60	41	3,65	3,65
Etting	50	33	3,65	3,65
Summe				25,55

Messpunkt	Grenzwert Nacht dB(A)	Messwert Nacht dB(A)	Ökofaktor	UBP
Ettinger Straße	40	38	365,00	365
Senefelderstraße	50	38	3,65	3,65
Ringlerstraße	50	35	3,65	3,65
Carl-Zeiss- Straße	50	39	3,65	3,65
Oberhaunstadt	35	32	365,00	365
Rohrmühle	45	41	365,00	365
Etting	35	33	365,00	365
Summe				1470,95

Gesamtsumme				1496,5
--------------------	--	--	--	---------------

Tabelle E-1: Berechnung der UBP für Lärm

	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten					
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung					
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung					
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)					
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen					

subjektive Bewertung über den Handlungsbedarf (von 1-7)	
Energie – E	
Treibstoffverbrauch direkt – Td	
Treibstoffverbrauch indirekt – Ti	
Lösemittel – Lö	
Lärm – Lä	
Abwasser – Aw	
Abfall – Ab	

Tabelle F-1: Fragebogen für verbal-argumentative Auswertung

subjektive Bewertung über den Handlungsbedarf (von 1-7)	Wertung	Punkte
Energie – E	1	7
Treibstoffverbrauch direkt – Td	5	3
Treibstoffverbrauch indirekt – Ti	7	1
Lösemittel – Lö	3	5
Lärm – Lä	2	6
Abwasser – Aw	6	2
Abfall – Ab	4	4

Tabelle F-2: Auswertung der Prioritätenreihenfolge

Verursacherguppe: Energie	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten	1		1	3		8
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung	4	1				1
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung			1	1	3	5
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)		1	1	2		4
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen		3		1		2

20 ? Befragung
27 Ergebnis
4 Ø

Tabelle F-3: Auswertung des Fragebogens für den Bereich Energie

Verursacherguppe: Treibstoffverbrauch direkt	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten		1	3			6
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung	2	1	1			2
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung		1	2	1		3
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)	2	1	1			1
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen	1	1	2			3

15 ? Befragung
18 Ergebnis
3 Ø

Tabelle F-4: Auswertung des Fragebogens für den Bereich Treibstoffverbrauch direkt

Verursachergruppe: Treibstoffverbrauch indirekt	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten	1	3	1			4
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung		3	1	1		2
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung		1		3		4
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)	1		3			3
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen	1			3		4

17 ? Befragung
18 Ergebnis
3 Ø

Tabelle F-5: Auswertung des Fragebogens für den Bereich Treibstoffverbrauch indirekt

Verursacherguppe: Lösemittel	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten	1	1	1	2		8
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung	1	3	1			2
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung	1		1	2	1	4
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)		1	1	1	2	5
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen		2	3			3

22 ? Befragung
27 Ergebnis
4 Ø

Tabelle F-6: Auswertung des Fragebogens für den Bereich Lösemittel

Verursacherguppe: <u>Lärm</u>	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten			1	2	2	10
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung	1	3				2
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung			1	2	1	4
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)	1	2	2			3
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen		1	2			3

22 ? Befragung
28 Ergebnis
4 Ø

Tabelle F-7: Auswertung des Fragebogens für den Bereich Lärm

Verursacherguppe: Abwasser	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten		4				2
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung	1	2	1	1		2
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung		2	1	1		2
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)	3		1			1
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen		3	1			2

9 ? Befragung
11 Ergebnis
2 Ø

Tabelle F-8: Auswertung des Fragebogens für den Bereich Abwasser

Verursacherguppe: Abfall	sehr gering (1)	gering (2)	mittel (3)	hoch (4)	sehr hoch (5)	Punkte
Gefahr zukünftig gesetzliche Anforderungen nicht einzuhalten		1	3			6
Wie hoch ist die wirtschaftliche Aufwendung für eine Verbesserung		3	1			2
Wie hoch ist die technische Aufwendung für eine Verbesserung		1	3			3
Wie hoch ist der Handlungsbedarf in Bezug auf den Vorsorgeaspekt (soll vorsorglich etwas unternommen werden)	1	2	1			2
Wie hoch ist das Reduzierungspotential für die Emissionen		3		1		2

15 ? Befragung
19 Ergebnis
3 Ø

Tabelle F-9: Auswertung des Fragebogens für den Bereich Abfall

