

Luftreinhaltung bei Bautransporten



Bundesamt für Umwelt, Wald
und Landschaft (BUWAL)

Luftreinhaltung bei Bautransporten

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
(BUWAL)
Bern, 2001**

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BUWAL als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis ermöglichen. Das BUWAL veröffentlicht solche Vollzugshilfen (oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Vollzug Umwelt».

Die Vollzugshilfen gewährleisten einerseits ein grosses Mass an Rechtsgleichheit und Rechtssicherheit; andererseits ermöglichen sie im Einzelfall flexible und angepasste Lösungen. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen. Andere Lösungen sind nicht ausgeschlossen; gemäss Gerichtspraxis muss jedoch nachgewiesen werden, dass sie rechtskonform sind.

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
(BUWAL)

Autoren

Christian Leuenberger
Uta Spittel
Dr. Graf AG
Privatstrasse 10
4563 Gerlafingen

Im Auftrag von

BUWAL
Abt. Umweltschutz des Kt. Aargau
AWEL Kt. Zürich
KIGA Bern

Begleitgruppe

Doris Ochsner, AWEL Kt. Zürich
Felix Reutimann, BUWAL
Daniel Rossel, KIGA Kt. Bern
René Vuagneux, Abt. Umweltschutz Kt. Aargau

Gestaltung

Barbara Connell, Atelier wiz Volketswil

Bezug

BUWAL
Dokumentation
CH-3003 Bern
Fax: +41 (0) 31 324 02 16
E-Mail: docu@buwal.admin.ch
Internet: www.admin.ch/buwal/publikat/d/

Bestellnummer

VU-5021-D

© BUWAL 2001

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5	6 Zusammenhang mit anderen Vorschriften (Baulärm-Richtlinie, Energiegesetz)	35
1 Ausgangslage	7	7 Art der Kooperation	37
1.1 Auftrag	7	7.1 Zertifizierung	37
1.2 Umweltrelevanz des Bautransportverkehrs	8	7.2 Vereinbarungen	37
1.2.1 Materialflüsse	8	8 Ausblick	39
1.2.2 Emissionen des Bautransportverkehrs und Vergleich mit den Emissionen auf der Baustelle	10	9 Literatur	41
2 Analyse von Bautransportemissionen	11	Anhang	43
2.1 Berechnung von Bautransportemissionen	11	1: Eisenbahnbau	43
2.2 Eisenbahnbau: Emissionen Bautransportverkehr	14	2: Strassenbau	46
2.3 Strassenbau	16	3: Flughafenausbau	49
2.4 Flughafenausbau Zürich-Kloten	18	4: Kiesabbau	50
2.5 Kiesabbau	19	5: Bauschuttrecycling	52
2.6 Bauschutt-Recyclinganlagen	20	6: Ressourcenplanung und Infrastruktur	55
3 Beurteilung von Bautransportemissionen	21	7: Fahrzeuge und Treibstoffe	60
3.1 Grobbeurteilung	21	8: Ausschreibung	63
3.2 Rechengrössen und Kennzahlen	22	9: Was die Zukunft bringen könnte	64
3.2.1 Herleitung	22		
3.2.2 Sensitivitätsbetrachtungen	24		
3.3 Ablauf der Beurteilung von UVP- pflichtigen Bauvorhaben	26		
4 Massnahmen	27		
4.1 Ausgangslage	27		
4.1.1 Kantonale Massnahmenpläne	27		
4.1.2 Weitere Massnahmen	27		
4.1.3 Geschätzte Auswirkungen	28		
4.2 Zusammenfassung der Massnahmen und Anordnungen	28		
5 Vollzug	31		
5.1 Rechtsgrundlagen	31		
5.2 Auflagen im UVP- und Bewilligungsverfahren	32		
5.2.1 Ablauf	32		
5.2.2 Anordnung von Massnahmen	32		
5.3 Umsetzung	33		

Vorwort

Baustellen beeinträchtigen die Umwelt. Je nach ihrer Grösse und Dauer verursachen sie auch erhebliche Luftschadstoff-Emissionen – Emissionen, die einerseits auf der Baustelle selbst, andererseits aber auch bei den baubedingten Transporten auftreten. Mit den Vorgängen auf der Baustelle selbst befasst sich die Baustellen-Richtlinie des BUWAL. Für die Transporte von und zu den Baustellen gab es bisher weder eine entsprechende Regelung noch Empfehlungen. Die vorliegende Vollzugshilfe schliesst diese Lücke.

Der Bericht will mögliche Massnahmen gegen übermässige Immissionen aufzeigen, die durch Bautransporte bei UVP-pflichtigen Projekten mitverursacht werden. Die empfohlenen Berechnungsmethoden für die Emissionen von Luftschadstoffen sollen die einheitliche Behandlung von Projekten während der Bauphase erleichtern. Ausserdem möchte der vorliegende Bericht mittelfristig den Grundstein legen zur vorsorglichen Verminderung der Emissionen dank einer standardisierten Planung der Bauprozesse.

Als Vollzugshilfe zur Beurteilung der Bautransportemissionen und zur Massnahmenevaluation für deren Reduktion richtet sich der Bericht an einen vielfältigen Adressatenkreis: Bauherren sind ebenso angesprochen wie die Verfasser von Umweltverträglichkeits-Berichten und Prüfinstanzen bei den zuständigen Ämtern.

Bundesamt für Umwelt,
Wald und Landschaft

Gerhard Leutert
Chef der Abteilung Luftreinhaltung und NIS

1 Ausgangslage

1.1 Auftrag

Obwohl die Abgas-Gesetzgebung für Strassenverkehrsfahrzeuge ständig verschärft wird, steigt der Anteil des Schwerverkehrs an den Gesamtemissionen. Die Gründe dafür liegen einerseits beim Wachstum des Schwerverkehrs und andererseits darin, dass die Erneuerung der Fahrzeuge beim Schwerverkehr wesentlich langsamer verläuft als beim übrigen Strassenverkehr. Die Folge davon ist, dass der Schwerverkehr in den dicht besiedelten Gebieten und entlang von Hauptachsen massgeblich zu den übermässigen Belastungen der Luft mit Stickoxiden und Feinstaub (als PM10 gemessen) sowie im Sommer grossflächig mit Ozon beiträgt.

Die wichtigsten Schadstoffemissionen aus dem Bautransportverkehr sind:

- Stickoxide: Diese führen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen und fördern die Ozonproduktion im Sommer.
- Partikelemissionen: Diese tragen wesentlich zu den Feinstaubemissionen bei und enthalten den Dieselschmutz, welcher als kanzerogen eingestuft wird.

Die Kantone sind aufgrund der Luftreinhalte-Verordnung zu Massnahmen mit dem Ziel einer Reduktion der übermässigen Belastungen verpflichtet. Dies hat sowohl im Rahmen der Massnahmenplanung generell als auch im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung bei konkreten Projekten zu geschehen. Folgende Überlegungen haben zum vorliegenden Bericht geführt:

- Grosse Bauprojekte von langer Dauer im Infrastrukturbereich stehen kurz vor dem Beginn oder wurden bereits in Angriff genommen. Dabei zeigte sich im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung, dass die Transporte von und zur Baustelle (On Road) neben den Baumaschinen (Off Road) wesentlich zu den Gesamtbelastungen beitragen können.
- Andere verkehrsauslösende Anlagen wie z.B. neue Einkaufszentren müssen heute aufgrund von Bundesgerichtsentscheiden ebenfalls Massnahmen zur Emissionsminderung treffen.
- Für die Emissionen auf den Baustellen (Off Road-Emissionen) werden aufgrund der LRV Anhang 2 Ziffer 88 zur Zeit Richtlinien ausgearbeitet [BUWAL 1999a]. Diese regeln nur die Emissionen auf der Baustelle, während die Transporte von und zur Baustelle nicht erfasst werden. Es lag daher auf der Hand, im Rahmen einer Studie auch diese Emissionsquelle zu untersuchen.

Diese Studie soll den Fachstellen, den UVB-ErstellerInnen und den Bauherrschaften zur systematischen Beurteilung von grossen Bauprojekten im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung dienen. Sie enthält die Grundlagen für Luftreinhalte-massnahmen beim Bautransportverkehr, sowie Beurteilungshilfen und Vorschläge für verschärfte Massnahmen zur Vermeidung oder Verminderung der Verkehrsemissionen. In einem Ausblick werden Vorschläge gemacht, wie mittelfristig auch vorsorgliche Massnahmen zur Geltung kommen könnten.

Daraus ergibt sich folgende Aufgabenstellung:

- Systematische Klassierung der Bautransportverkehrsemissionen anhand der Art, Dauer und Grösse von Bauvorhaben als Grundlage für die Beurteilung der lufthygienischen Auswirkungen.
- Zusammenstellung und Erarbeitung der Grundlagen für verschärfte Massnahmen im technischen Bereich an den Fahrzeugen und im organisatorischen Bereich auf der Baustelle und bei der Infrastruktur.
- Vorschläge für Auflagen unter spezieller Berücksichtigung des Vollzuges (Einbezug der Klassierung, der Rolle der Bauherrschaften, der Submissionsauflagen, der Umsetzung der Auflagen inkl. Kontrolle)
- Ausblick zur Zusammenarbeit mit der Branche mit dem Ziel, dass die Umsetzung und die Kontrolle der Massnahmen eigenverantwortlich von der Branche wahrgenommen werden, im Hinblick auf vorsorgliche Massnahmen

Die vorliegende Studie enthält im ersten Teil (Kapitel 2) die Grundlagen für die Transportlogistik und Emissionsberechnungen. Im gleichen Kapitel werden anschliessend die wichtigsten Kategorien von Baustellen aus dem Tiefbau (Eisenbahnbau, Strassenbau, Flughafenausbau) sowie Kiesgruben und Bauschuttrecycling-Anlagen anhand von typischen Projekten (Basis Umweltverträglichkeitsbericht) analysiert. Im zweiten Teil (Kapitel 3) wird ein einheitlicher Raster für die Grobbeurteilung von Bautransportverkehrsemissionen vorgeschlagen. Anhand der Analyse in Kapitel 2 wird eine Rechengrösse ermittelt, welche als Grundlage für die Anordnung von Massnahmen und für die Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Baustellenkategorien dienen soll. Die Massnahmen sind im Kapitel 4 zusammengefasst und in den Anhängen 6–8 im Detail beschrieben. Die Studie enthält auch Vorschläge zum Vollzug (Kapitel 5), den Zusammenhang mit anderen Vorschriften im Baubereich (Kapitel 6) sowie zur Zusammenarbeit mit der Branche (Kapitel 7).

1.2 Umweltrelevanz des Bautransportverkehrs

1.2.1 Materialflüsse

Das Leistungsmodell 95 des SIA [SIA 1995] definiert die wichtigsten Bauprozesse. Zu den unterstützenden Prozessen werden die Transporte gezählt. Diese können anhand ihrer Umweltrelevanz beurteilt werden. Gemäss Plüss und Hug [Plüss 1999] verursachen die Transporte in der Bauwirtschaft bezüglich der Luft mittlere und bezüglich Lärm starke Emissionen. Diese Beurteilung muss aufgrund der neueren Erkenntnisse über die kanzerogene Wirkung von Dieselmotoren revidiert werden, womit auch die Emissionen bezüglich der Luft von hoher Relevanz sind. Im weiteren ist der Bautransportverkehr bezüglich Ressourcenverbrauch (Treibstoffe) stark belastend.

Transporte hängen direkt mit den Materialflüssen zusammen. Die quantitative Erfassung der baubedingten Transporte erfolgte bisher je nach Fragestellung auf verschiedene Arten. Eine wissenschaftlich exakte und unabhängige Datenquelle bildet

die Gütertransportstatistik des Bundesamtes für Statistik [BFS 1993], welche für das Jahr 1993 die aktuellsten Zahlen enthält. In Tabelle 1 sind die Baumaterialflüsse nach Warenarten und deren Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistungen aufgeführt. Zu beachten ist jedoch, dass diese Zahlen nicht nur die Materialtransporte von und zu den Baustellen repräsentieren, sondern auch die Transporte von und zu den Produktionsstätten von Baustoffen.

Tabelle 1:
Baurelevante Transporte
1993

Warenart	Verkehrsaufkommen [t]	Verkehrsleistung [tkm]
Mineralien und Baumaterialien		
➤ Zement, Kalk, verarbeitete Baustoffe	49'286'000	1'016'253'000
➤ Steine, Erden	106'407'000	1'190'430'000
Abfälle		
➤ Schlacken	7'336'000	86'412'000

Während der Aushub unter der Warenart Erden erhoben wurde, sind die Baustahl-Transporte unter der Warenart Erze und Metall-Halbfabrikate zusammengefasst. Die Bauabfälle wiederum sind unter der Warenart Schlacken erfasst worden. Die Gütertransportstatistik erlaubt demnach keine vollständige Abgrenzung der Bau-transporte. Die fehlenden Warenarten können aus anderen Quellen erhoben werden. Gemäss Schweiz. Baumeisterverband (SBV) beträgt der Anteil des Baustahls lediglich 1-3% der Bautransporte [SBV 2000]. Detaillierte Informationen über die Bauabfälle wurden vom BUWAL erhalten [BUWAL 2000 a] und sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2:
Bauabfälle Schweiz

Bauabfallgruppen	Bauabfall total [t]	Entsorgte Bauabfälle [t]
Hochbau		
➤ Davon Abbruch	2'617'309	2'303'232
➤ Davon Neubau	306'224	266'415
➤ Davon Erneuerung	2'005'466	1'784'865
Tiefbau	6'193'138	2'043'736
Total	11'122'136	6'398'248

Gemäss anderen Quellen [SBV 2000] wurden die transportierten Materialien im Bauhauptgewerbe für das Jahr 1997 auf ca. 48 Mio. Tonnen geschätzt (ohne Aushub und Bauabfälle). Mengenmässig von Bedeutung und separat erfasst wird auch der Abbau von Sand und Kies. Gemäss Schweiz. Fachverband für Sand und Kies [FSK 1999] beträgt der Jahresverbrauch in der Schweiz 18'000'000 m³.

1.2.2 Emissionen des Bautransportverkehrs und Vergleich mit den Emissionen auf der Baustelle

Die Emissionen der Bautransporte können anhand der relativen Verkehrsleistungen aus der Gütertransportstatistik [BFS 1993] und aus den Emissionen des Schwerverkehrs in der Schweiz [BUWAL 2000 b] sowie aus der Bauabfallstudie [BUWAL 2000 a] berechnet werden (Tabelle 3). Demnach betragen die baubedingten Transporte auf der Strasse (inkl. Herstellung von Baumaterial) ca. 24% der gesamten Emissionen des Schwerverkehrs in der Schweiz.

Tabelle 3:
Schadstoffemissionen durch den *Bautransportverkehr* in der Schweiz für das Bezugsjahr 2000

Verkehrsleistung Mio [tkm]		NOx-Emissionen [t/a]	Partikel- Emissionen [t/a]	CO ₂ -Emissionen [t/a]
Baumaterial: 2'206	Schwerverkehr Schweiz: 9'621	4'787	222	534'478
Bauabfälle: 74.5		161	7	17'245
Total		4'948	229	551'723

Wie eine Analyse der Beispiele in den Anhängen A1 bis A5 zeigte, sind die Bautransportemissionen für die Stickoxide vergleichbar mit den Off-Road-Emissionen, sofern keine Massnahmen zur Verminderung der Transporte wie Materialbewirtschaftung auf der Baustelle, Transport mit der Bahn oder die Verminderung von Leerfahrten getroffen wurden (Beispiel Ausbau Eisenbahnlinie Zürich Wipkingen 3./4. Gleis: NOx-Emissionen Off-Road 5,1 t bzw. On-Road 4,5 t). Falls Massnahmen getroffen wurden, liegen die Emissionen bis zu einer Grössenordnung niedriger als die entsprechenden Off-Road-Emissionen. Im Falle von Kiesabbau und Bauschuttrecycling liegen die Transport-Emissionen in der gleichen Grössenordnung oder sogar höher als die Emissionen der Baumaschinen.

Für die Partikelemissionen ist ein Vergleich aufgrund der spärlichen Angaben sowohl beim Bautransportverkehr als auch bei den Emissionen auf der Baustelle schwierig.

2 Analyse von Bautransportemissionen

2.1 Berechnung von Bautransportemissionen

Für die Berechnung von Bautransportemissionen werden Kennzahlen für die Baulogistik und für die spezifischen Emissionen benötigt und miteinander verknüpft.

a) Definitionen

Bautransportverkehr: Verkehr, welcher durch Fahrzeuge ausgelöst wird, die mit Strassenzulassung Schüttgüter (Aushub, Ausbruch, Abbruchmaterial, Sand, Kies, Beton) sowie verarbeitete Baustoffe wie Backsteine, Elemente, Baustahl, Rohre usw. von oder zu der Baustelle transportieren

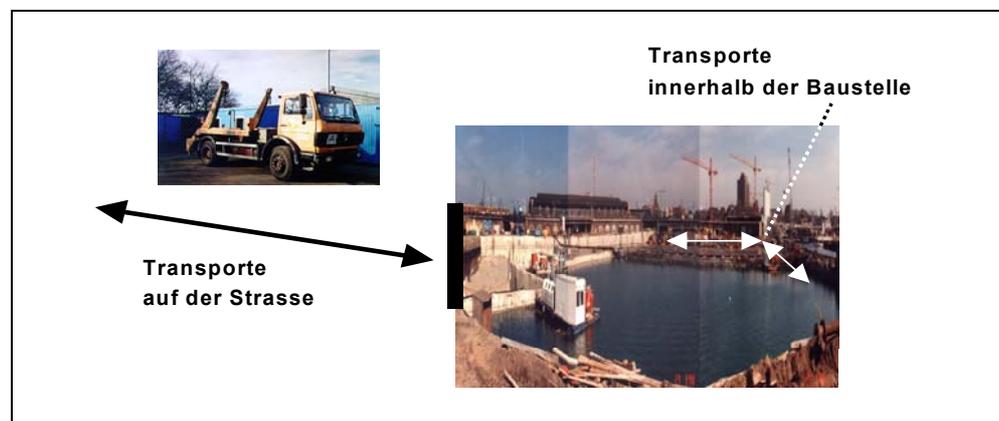
Geltungsbereich: Dieser wird definiert durch den Verkehr in beiden Richtungen auf dem öffentlichen Strassennetz, wobei der Verkehr auf der Baustelle nicht Gegenstand dieser Betrachtung ist (Abb. 1). Beispiele sind die Transportrouten Baustelle – Deponie, Baustelle – Kiesgrube, Baustelle – Bauschuttrecyclinganlage, Baustelle – Betonmischanlage, Kiesgrube – Betonmischanlage, Bauschuttrecyclinganlage – Deponie und Bauschuttrecyclinganlage – Betonmischanlage.

Wegstrecke: Totale Wegstrecke von und zu der Baustelle (Hin- und Rückfahrt)

Leerfahrtenanteil: Anteil Leerfahrten an der Wegstrecke (max. 50%)

Der Auftrag zu dieser Studie beschränkt sich auf den Verkehr von und zu der Baustelle. Der Verkehr auf der Baustelle selber ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung. Er wird im Rahmen der Baurichtlinie Luft [BUWAL 1999 a] behandelt. Diese Abgrenzung wird in Abbildung 1 verdeutlicht.

Abbildung 1:
Systemgrenzen und Geltungsbereich dieser Studie. Es wird nur der Transportverkehr auf der Strasse von und zu der Baustelle untersucht.



b) Kennzahlen Baulogistik

Die folgenden Kennzahlen gelten für einen 3-Achs-Kipper (Gesamtgewicht 26 t, Nutzlast 14.5 t) sowie ab dem 1.1.2001 auch für 4-Achs-Kipper (Gesamtgewicht 32 t, Nutzlast 20.5 t).

Tabelle 4:
Kennzahlen für die
Baulogistik

Material/Transportmittel	Kapazität (Ges.Gew.)		Bemerkung
	LKW 26 t	LKW 32 t	
Mengen pro Transportmittel LKW <ul style="list-style-type: none"> • Tunnelausbruch 6 m³/LKW • Aushub fest 8 m³/LKW • Aushub locker 10 m³/LKW • Fertigbeton 7 m³/LKW • Kies 8 m³/LKW • Bauschutt 10 m³/LKW 		} + 41%	<ul style="list-style-type: none"> • Molasse • Abtransport • Wiedereinfüllung
Bahn 35 m ³ /Waggon Förderband 450 m ³ /h			<ul style="list-style-type: none"> • Abtransport aus Recyclinganlage 1 Zug = 20 Waggon
Lagerfläche <ul style="list-style-type: none"> • Max. Schütthöhe 	3 m		Humus: 1.5 m

(Quellen: Astag Nahverkehrstarif 1999 [ASTAG 1999], div. Angaben aus UVB und dort von Fachleuten)

Weitere Kennzahlen betreffen den Leerfahrtenanteil (max. 50%).

c) Emissionszahlen

Die spezifischen Emissionszahlen für die Lastwagen sind im elektronischen Handbuch für Emissionsfaktoren des BUWAL [BUWAL 1999 b] enthalten. Die Emissionsfaktoren sind je Fahrzeugkategorie (Lastwagen, Personenwagen usw.) folgendermassen festgelegt (Tabelle 5):

Tabelle 5:
Beispiel für die Auswahl von
Emissionsfaktoren für
Lastwagenfahrten

Festlegung	Bemerkung
Bezugsjahr	Bsp: 2000
Verkehrszusammensetzung	Bsp: Fahrzeug-Mix im Bezugsjahr der Abgaskonzepte 80 er Jahre, EURO-1, EURO-2
Fahrzeugschicht	Bsp: LKW 20–28 t
Schadstoff	Bsp: NOx, Partikel, CO2
Verkehrssituation	Bsp: Durchschnittliche Situation innerorts (X:IO), ausserorts (X:AO), Autobahn (X:AB)
Längsneigung	Bsp: +/- 2%
Beladung	Bsp: 50%, das heisst 100% mit Ladung, 0% Leerfahrt retour

d) Berechnung der Bautransportemissionen

Die Berechnung der Emissionen erfolgt gemäss folgender Gleichung:

$$\text{Emissionen} = \text{Materialmengen [m}^3\text{]} / \text{Kapazität [m}^3\text{/LKW]} \times \text{Wegstrecke [km]} \times \text{Emissionsfaktor [g/km LKW]} \times (50\% + \text{Leerfahrtenanteil [\%]}) / 100\% \text{ [g]}$$

Damit die **Bautransportemissionen** eines Projektes berechnet werden können, müssen die logistischen und die emissionspezifischen Merkmale bekannt sein.

e) Spezifische Emissionen

Die spezifischen Emissionen liefern eine Aussage über die Belastung, die mit einem m³ Schüttgut (Aushub, Ausbruch, Abbruch, Kies, Bauschutt) für eine spezifische Baustelle verbunden sind:

$$\text{Spezifische Emissionen} = \text{Emissionen [g]} / \text{Materialmenge [m}^3\text{]} \text{ [g/m}^3\text{]}$$

Für die Klassierung von Bautransportemissionen werden jeweils umweltverträglichkeitspflichtige Vorhaben aus dem Eisenbahnbau, dem Strassenbau, dem Ausbau des Flughafen Zürich, dem Kiesabbau und dem Betrieb von Bauschuttrecycling-Anlagen analysiert. Dazu werden die spezifischen Emissionen für jedes Projekt ermittelt (Kapitel 2.2–2.6).

2.2 Eisenbahnbau: Emissionen Bautransportverkehr

Die vorgestellten Beispiele in den Anhängen A1.1 bis A1.3 stammen aus den Umweltverträglichkeitsberichten von verschiedenen Büros. Wie ein Vergleich der drei Projekte zeigt, wurden jeweils unterschiedliche Grundlagen verwendet für die transportlogistischen Kennzahlen und für die Emissionsfaktoren (in der Regel gemäss [BUWAL 1995], wobei die Nachvollziehbarkeit nicht in allen Fällen gegeben war), und die Resultate wurden je nachdem für die Gesamtemissionen oder für die max. Emissionen pro Monat ausgewiesen.

Für diese Studie wurden die genannten Beispiele für die Vergleichbarkeit und Beurteilung mit einheitlichen Emissionsfaktoren gemäss [BUWAL 1999 b] neu berechnet (Tabelle 6). Die Emissionen beziehen sich auf das Jahr 2000. Für die Verkehrssituationen wurde je nach Projekt der Durchschnitt innerorts (X:IO), der Durchschnitt ausserorts (X:AO) und der Durchschnitt Autobahn (X:AB) gewählt und für die Beladung ein Wert von 50% angenommen (100% Beladung auf der Hinfahrt, 0% auf der Rückfahrt, was einem Leerfahrtenanteil von 50% entspricht). Für die Fahrzeuggrösse wurde die Fahrzeugschicht LKW 20–28 t gewählt, weil dieser Fahrzeugtyp (3-Achs-Kipper) auf den hier interessierenden grossen Baustellen verbreitet ist. Die Emissionen wurden für die lufthygienischen Leitschadstoffe NO_x und Partikel sowie für das Treibhausgas CO₂ berechnet.

Ein erster Vergleich zwischen den Neuberechneten Emissionen dieser Studie und den ausgewiesenen Emissionen in den Originalberichten ergibt durchwegs tiefere Emissionen für diese Studie. Dieser Unterschied hat mehrere Gründe. Erstens wurden die Emissionen in dieser Studie immer für das Jahr 2000 berechnet, während in den Originalberichten zum Teil frühere Bezugsjahre gewählt wurden. Zweitens liegen die neuen Emissionsfaktoren des BUWAL [BUWAL 1999 b] leicht niedriger als die Emissionsfaktoren des BUWAL von 1995 (Einbezug Euro 3-Fahrzeuge). Dieser Befund gilt ebenso für die übrigen hier untersuchten Baustellen (Kapitel 2.3 bis 2.6).

Ein weiterer Vergleich zwischen den einzelnen Baustellen zeigt exemplarisch den Einfluss der örtlichen Lage, der Transportdistanzen und der Bahntransporte (wobei diese Einflüsse nicht unabhängig sind voneinander). Diese Einflüsse zeigen sich am deutlichsten anhand der spezifischen Emissionen (Menge Schadstoff bezogen auf das transportierte Volumen). Die beiden städtischen Eisenbahn-Baustellen Zürich HB-Altstetten und Zürich HB-Wipkingen unterscheiden sich anhand der spezifischen Emissionen im gewichteten Mittel um 20–25%, wobei der Abtransport des Aushubmaterials bei der ersten Baustelle überwiegend mit der Bahn erfolgt (und dadurch kürzere Transportdistanzen auf der Strasse resultieren), während die zweite Baustelle aus Platzgründen keine Bahntransporte vorsieht. Die niedrigsten spezifischen Emissionen wurden für die Baustelle Mattstetten-Rothrist im Berner Mittelland mit kleinstädtischen Strukturen berechnet. Die Kombination von Bahnverlad an der Neubaustrecke und relativ kurze Distanzen in die Gruben ermöglichen im Vergleich zur städtischen Baustelle Zürich HB-Wipkingen eine Reduktion der spe-

zifischen Emissionen um 30–35% für NO_x, ca. 25% für Partikel und ca. 40% für die CO₂-Emissionen.

Der Einfluss der transportierten Materialien auf die spezifischen Emissionen konnte am Beispiel der Baustelle Zürich HB-Altstetten untersucht werden. Demnach ist der Transport von Fertigbeton mit einer um 30% höheren Belastung für alle betrachteten Schadstoffe verbunden als der Transport von Aushub. Dieser Unterschied ist eine Folge der unterschiedlichen Transportkapazitäten für Aushub und Fertigbeton.

Bei den untersuchten Baustellen handelt es sich um typische Beispiele bezüglich Lage, Grösse und Massnahmen. Die Ergebnisse sollen für die Beurteilung zusammen mit den weiteren Baustellentypen verwendet werden.

**Emissionen
Eisenbahnbau:**

Tabelle 6: Verkehrsgrundlagen zu den Eisenbahnbauprojekten in den Anhängen A1.1 bis A1.3 und Neuberechnung der Emissionen für das Jahr 2000.

Baustelle/ Material	Volumen [m ³]	Masse [t]	Kapazität [m ³] bzw. [t]	Wegstrecke [km]	Emissions-Faktor NO _x [g/km]	Emission Nox [t]	Spezif. Emission Nox [g/m ³] bzw. [g/t]	Emissionsfaktor Partikel [g/km]	Emission Partikel [t]	Spezif. Emission Partikel [g/m ³] bzw. [g/t]	Emissionsfaktor CO ₂ [g/km]	Emission CO ₂ [t]	Spezif. Emission CO ₂ [g/m ³]
Zürich HB-Altstetten													
Aushub/Abtrag	97050		8.5	15	7.96	1.36	14	0.288	0.05	0.5	843	144	1500
Wiederauffüllung	18160		10	15	7.96	0.22	12	0.288	0.008	0.4	843	22.8	1300
Fertigbeton	20777		7	15	7.96	0.35	17	0.288	0.013	0.6	843	37.2	1800
Stahl		1491	18	15	7.96	0.01	6	0.288	0.000	0.2	843	1.06	700
Total						1.94			0.071			205	
Zürich-Wipkingen													
Kubaturen	128000		8										
innerorts	128000		8	11	11.94	2.10	16	0.46	0.08	0.63	1117	197	1500
ausserorts	128000		8	25	5.97	2.39	19	0.21	0.08	0.64	706	282	2200
Total						4.49			0.16			479	
Mattstetten-Rothrist													
Bahnverlad Langenthal	362000		8.5	12	9.06	4.63	13	0.34	0.18	0.48	903	463	1'300
Strassentransport Grube Wynau	307000		8.5	12	9.06	3.93	13	0.34	0.15	0.48	903	393	1'300
Strassentransport Übergabestelle	83000		8.5	12	9.06	1.06	13	0.34	0.04	0.48	903	106	1'300
Total						9.62			0.37			962	

Legende: Die Emissionsfaktoren wurden wie folgt berechnet: Für die Baustelle Zürich-Altstetten Durchschnitt X:IO, X:AO, X:AB.
Für die Baustelle Zürich Wipkingen innerorts mit X:IO und ausserorts mit dem Mittelwert von X:AO und X:AB.
Für die Baustelle Mattstetten-Rothrist mit dem Mittelwert von X:IO und X:AO

2.3 Strassenbau

Die vorgestellten Beispiele in den Anhängen A2.1 bis A2.3 stammen aus den Umweltverträglichkeitsberichten von verschiedenen Büros. Wie ein Vergleich der drei Projekte zeigt, wurden jeweils unterschiedliche Grundlagen verwendet für die transportlogistischen Kennzahlen, für die Emissionsfaktoren (zum Teil nach [BUWAL 1995], zum Teil nach [BUWAL 1994] für Off-Road-Maschinen), wobei die Transparenz nicht in allen Fällen gegeben war, sowie zum Teil für die Gesamtemissionen, zum Teil für die Emissionen pro Jahr.

Für diese Studie wurden die beiden Beispiele aus den Anhängen A2.1 Nationalstrasse A4 Filderer-Knonau und A2.3 Kapazitätserweiterung Baregg mit einheitlichen Emissionsfaktoren gemäss [BUWAL 1999 b] neu berechnet (Tabelle 7), während das Beispiel Nationalstrasse A5, Abschnitt Bözingerfeld Ost anhand der verfügbaren Daten nicht verwendet werden konnte. Die Emissionen beziehen sich auf das Jahr 2000. Für die Verkehrssituationen wurde bei beiden Projekten der Durchschnitt ausserorts (X:AO) und der Durchschnitt Autobahn (X:AB) gewählt und für die Beladung 50%. Die Emissionen wurden wiederum für die lufthygienischen Leitschadstoffe NO_x und Partikel sowie für das Treibhausgas CO₂ berechnet.

Die Neuberechnung der Emissionen in dieser Studie und der Vergleich mit den ausgewiesenen Emissionen in den Originalberichten zeigte ähnliche Abweichungen wie sie schon im Kapitel 2.2 Eisenbahnbau beschrieben wurden.

Ein weiterer Vergleich zwischen den beiden Baustellen ergibt sich anhand der totalen Emissionen für die Strassentransporte. Obwohl beim Projekt A4 Filderer-Knonau ca. 6 mal mehr Material transportiert werden muss, sind die Emissionen nur gut doppelt so hoch wie beim Baregg-Tunnel. Der Grund liegt unter anderem (weitere Gründe siehe unten) beim Materialbewirtschaftungskonzept, welches ca. 30% des umgesetzten Materials baustellenintern verwendet. Die dazu notwendigen Transporte erfolgen mit speziellen Baumaschinen und sind nicht in diesen Berechnungen enthalten. Für die Massnahmendiskussion müssen diese Emissionen in einer Gesamtemissionsbilanz berücksichtigt werden.

Ein weiterer Vergleich zwischen den beiden Baustellen zeigt den Einfluss der Transportdistanzen und der Bahntransporte anhand der spezifischen Emissionen (Menge Schadstoff bezogen auf das transportierte Volumen). Die beiden Baustellen A4 Filderer-Knonau und Baregg-Tunnel unterscheiden sich anhand der spezifischen Emissionen im gewichteten Mittel um 40–45%, wobei der Abtransport des Aushubmaterials bei der ersten Baustelle zum grössten Teil mit der Bahn erfolgt (und dadurch kürzere Transportdistanzen auf der Strasse resultieren), während die Baustelle Baregg-Tunnel keine Bahntransporte vorsieht. Im weiteren sind die höheren spezifischen Emissionen beim Baregg-Tunnel auch eine Folge der geringeren Kapazität für den Transport von Tunnelausbruch im Vergleich zum Material bei der A4 Filderer-Knonau, wo der Tunnelbau nur ca. 40% der Strecke ausmacht.

Bei den untersuchten Baustellen handelt es sich um typische Beispiele bezüglich Lage, Grösse und Massnahmen. Die Ergebnisse sollen für die Beurteilung zusammen mit den weiteren Baustellentypen verwendet werden.

**Emissionen
Strassenbau:**

Tabelle 7: Verkehrsgrundlagen zu den Strassenbauprojekten in den Anhängen A.2.1 bis A.2.3 und Neuberechnung der Emissionen für das Jahr 2000.

Baustelle/ Material	Volumen [m ³]	Masse [t]	Kapazität [m ³] oder [t]	Wegstrecke [km]	Emissions-Faktor Nox [g/km]	Emission NOx [t]	Spezif. Emission NOx [g/m ³] bzw. [g/t]	Emissionsfaktor Partikel [g/km]	Emission Partikel [t]	Spezif. Emission Partikel [g/m ³] bzw. [g/t]	Emissionsfaktor CO ₂ [g/km]	Emission CO ₂ [t]	Spezif. Emission CO ₂ [g/m ³]
A4 Filderen-Knonau													
Bahnverlad in Filderen	770'000		8.5	15	5.97	8.11	10.5	0.205	0.275	0.36	706	959	1250
Strassentransport bis Filderen	70'000		8.5	15	5.97	0.73	10.5	0.205	0.025	0.36	706	87	1250
Strassentransport in Deponie Kt. Zug	70'000		8.5	30	5.97	1.48	21.1	0.205	0.050	0.71	706	175	2490
Total						10.32			0.350			1221	
Baregg-Tunnel													
Kubaturen in die Deponien	216'500		6	20	5.97	4.11	19.9	0.205	0.146	0.67	706	510	2350

Legende: Die Emissionsfaktoren wurden wie folgt berechnet: Mittelwert aus X:AO und X:AB Jahr 2000.

2.4 Flughafenausbau Zürich-Kloten

Für diese Studie wurde das Beispiel in Anhang A3.1 mit einheitlichen Emissionsfaktoren gemäss [BUWAL 1999 b] für das Jahr 2000 neu berechnet (Tabelle 8). Für die Verkehrssituationen wurde der Durchschnitt ausserorts (X:AO) und der Durchschnitt Autobahn (X:AB) gewählt und für die Beladung 50%. Die Emissionen wurden wiederum für die lufthygienischen Leitschadstoffe NO_x und Partikel sowie für das Treibhausgas CO₂ berechnet.

Die resultierenden spezifischen Emissionen werden durch die vorgesehenen Massnahmen beeinflusst. Bei den externen Transporten werden die Emissionen, welche aus den relativ langen Wegstrecken resultieren, durch den vorgesehenen Leerfahrtenanteil von 20% reduziert. Die sehr niedrigen spezifischen Emissionen für die flughafeninternen Transporte stehen im Zusammenhang mit dem Materialbewirtschaftungskonzept, welches 28% des gesamten transportierten Materials umfasst. Die Minimierung des Leerfahrtenanteiles für die externen Transporte und das Baulogistik- und Materialbewirtschaftungskonzept sind wirksame Massnahmen zur Verringerung der Emissionen aus den Bautransporten.

Bei der untersuchten Baustelle handelt es sich bezüglich Grösse und Massnahmen um einen Spezialfall. Gerade wegen den strengen Auflagen, welche auch die Bauphase betreffen, eignet sich dieses Beispiel besonders gut für diese Studie.

Emissionen Flughafenausbau:

Tabelle 8: Verkehrsgrundlagen zum Projekt Flughafen Zürich 5. Ausbaustufe und Neuberechnung der Emissionen für das Jahr 2000.

Baustelle / Material	Volumen [m ³]	Masse [t]	Kapazität [m ³] oder [t]	Wegstrecke [km]	Emissions-Faktor NO _x [g/km]	Emission NO _x [t]	Spezif. Emission NO _x [g/m ³] bzw. [g/t]	Emissionsfaktor Partikel [g/km]	Emission Partikel [t]	Spezif. Emission Partikel [g/m ³] bzw. [g/t]	Emissionsfaktor CO ₂ [g/km]	Emission CO ₂ [t]	Spezif. Emission CO ₂ [g/m ³]
Flughafen Zürich 5. Ausbaustufe													
Externe Transporte	3080000		10	40	5.97	51.5	16.7	0.205	1.77	0.57	706	6089	1977
Flughafeninterne Transporte	1211000		10	4	5.97	2.9	2.4	0.205	0.10	0.082	706	342	282
Total	4291000					53.4	12.7		1.87	0.44		6431	1499

2.5 Kiesabbau

Für diese Studie wurde das Beispiel Kiesabbau Neuwingert in Anhang A4.3 mit einheitlichen Emissionsfaktoren gemäss [BUWAL 1999 b] für das Jahr 2000 neu berechnet (Tabelle 9). Für die Verkehrssituationen wurde der Durchschnitt ausserorts (X:AO) und der Durchschnitt Autobahn (X:AB) gewählt und für die Beladung 50%. Die Emissionen wurden wiederum für die lufthygienischen Leitschadstoffe NOx und Partikel sowie für das Treibhausgas CO₂ berechnet. Für die übrigen Beispiele in Kapitel 2.5 fehlen die Angaben über die Transportdistanzen, welche für die Emissionsberechnungen benötigt werden.

Ein Vergleich zwischen dem Kiesabbau und den Strassenbaustellen in Kapitel 2.3 zeigt für den Kiesabbau die höchsten spezifische Emissionen (Menge Schadstoff bezogen auf das transportierte Volumen). Der Grund dafür liegt bei den relativ grossen Wegstrecken. Allerdings wären die spezifischen Emissionen ohne Berücksichtigung des Leerfahrtenanteil (32% anstatt wie üblich 50%) noch um 18% höher.

Bei der untersuchten Kiesgrube handelt es sich bezüglich Grösse um einen vergleichsweise kleineren Kiesabbau-Betrieb. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass das jährliche Abbauvolumen ähnlich hoch ist wie der gesamte Ausbruch aus dem Baregtunnel, und der Abbau ca. 9–12 Jahre dauert.

Emissionen Kiesabbau:

Tabelle 9: Verkehrsgrundlagen zum Projekt Kiesabbau Neuwingert und Neuberechnung der Emissionen für das Jahr 2000.

Kiesgrube/ Material	Volumen [m ³ /a]	Masse [t]	Kapazität [m ³] oder [t]	Wegstrecke [km]	Emissions-Faktor NOx [g/km]	Emission NOx [t/a]	Spezif. Emission NOx [g/m ³ ·a]	Emissionsfaktor Partikel [g/km]	Emission Partikel [t/a]	Spezif. Emission Partikel [g/m ³ ·a]	Emissionsfaktor CO ₂ [g/km]	Emission CO ₂ [t/a]	Spezif. Emission CO ₂ [g/m ³ ·a]
Kiesabbau Neuwingert/Kt. ZH													
Abbauleistung pro Jahr	175000		8.5	40	5.97	4.03	23	0.205	0.139	0.79	706	477	2720
Auffüllleistung	170000		8.5	40	5.97	3.92	23	0.205	0.133	0.78	706	463	2720
Total						7.95			0.272			940	

Legende: Der Leerfahrtenanteil von 32% wurde berücksichtigt.

Die Emissionsfaktoren wurden wie folgt berechnet: Mittelwert aus X:AO und X:AB Jahr 2000.

2.6 Bauschutt-Recyclinganlagen

Für diese Studie wurden die Beispiele in den Anhängen A5.1 bis A5.3 mit einheitlichen Emissionsfaktoren gemäss [BUWAL 1999 b] für das Jahr 2000 neu berechnet (Tabelle 10). Für die Verkehrssituationen wurde der Durchschnitt innerorts (X:IO), ausserorts (X:AO) und der Durchschnitt Autobahn (X:AB) gewählt und für die Beladung 50%. Die Emissionen wurden wiederum für die lufthygienischen Leitschadstoffe NOx und Partikel sowie für das Treibhausgas CO₂ berechnet.

Ein Vergleich zwischen den einzelnen Anlagen zeigt erhebliche Unterschiede zwischen den spezifische Emissionen (Menge Schadstoff bezogen auf das transportierte Volumen). Der Grund dafür liegt einerseits bei den unterschiedlichen Kapazitäten (Unterschied Anlieferung und Abtransport), aber noch viel mehr bei den relativ grossen Unterschieden in den Einzugsgebieten und damit in den Wegstrecken.

Die untersuchten Anlagen verursachen im Vergleich zu den Kiesabbaubetrieben kleinere Materialflüsse. Wie die Verfasser der Umweltverträglichkeitsberichte betonen, würden die entsprechenden Materialflüsse auch ohne Recycling (in die Deponien) geschehen. Allerdings ist auch hier zu berücksichtigen, dass es sich um Anlagen im Sinne der LRV handelt, deren Betrieb ca. 20 Jahre dauert und die ebenfalls ein lufthygienisches Optimierungspotential aufweisen dürften (siehe Kapitel 4: Massnahmen).

Emissionen Bauschutt-Recyclinganlagen:

Tabelle 10: Verkehrsgrundlagen zu den Projekten Bauschutt-Recyclinganlagen in den Anhängen A2.5.1 bis A2.5.3 und Neuberechnung der Emissionen für das Jahr 2000.

Recyclinganlage/ Material	Volumen [m ³ /a]	Masse [t]	Kapazität [m ³] oder [t]	Wegstrecke [km]	Emissions-Faktor NOx [g/km]	Emission NOx [t/a]	Spezif. Emission NOx [g/m ³ *a]	Emissionsfaktor Partikel [g/km]	Emission Partikel [t/a]	Spezif. Emission Partikel [g/m ³ *a]	Emissionsfaktor CO ₂ [g/km]	Emission CO ₂ [t/a]	Spezif. Emission CO ₂ [g/m ³ *a]
Recycling-Center Rotholz													
Angelieferte Bauabfälle	38000		6	13	7.96	0.66	17.3	0.288	0.020	0.51	843	57	1500
Abtransport	34000		10	13	7.96	0.35	10.4	0.288	0.010	0.31	843	31	900
Total						1.01			0.030			88	
Beton- und Mischabbruch Riedmatt													
Abbruchmaterial	30000	60000	8	50	7.96	1.49	49.8	0.288	0.054	1.80	843	158	5300
Bauschuttzubereitung Bubikon													
Verarbeitungsmenge	24150	38850	10	30	7.96	0.58	23.9	0.288	0.021	0.86	843	61	2500

Legende: Emissionsfaktor aus Durchschnitt X:IO, X:AO, X:AB und Jahr 2000

3 Beurteilung von Bautransportemissionen

3.1 Grobbeurteilung

Für die Beurteilung einer Baustelle im Hinblick auf die Transportemissionen stellt sich zuerst die Frage nach den Systemgrenzen. Diese wurden in den Definitionen im Kapitel 2.1.a festgelegt. Nicht betrachtet werden z.B. die baustelleninternen Materialtransporte auf eigens erstellten Transportpisten entlang von Linienbaustellen (vor allem Strassen und Bahnlinien). Ein Teil dieser Transporte wird mit Kipfern (Dumper) ausgeführt, welche nicht dem Strassenverkehrsgesetz unterstehen.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich dadurch, dass der Bautransportverkehr je nach Bauphase erheblich schwankt. Ein Beispiel dazu ist die Baustelle Bahn 2000, 1. Etappe Zürich HB, Leistungssteigerung Altstetten Süd, Gesamtbaudauer 5 Jahre, wo im Spitzenjahr mit 50% der Bautransporte gerechnet wird. Aus der Sicht des Immissionsschutzes sind nicht nur die Gesamtemissionen von Bedeutung, sondern auch die Spitzenwerte (z.B. max. Tagesmittel der Immissionen).

Für die Beurteilung der Relevanz der Bautransportemissionen kann die Richtlinie zur «Luftreinhaltung auf Baustellen», welche zurzeit in Erarbeitung ist [BUWAL 1999 a], herangezogen werden. Diese Richtlinie behandelt zwar die Emissionen auf der Baustelle, d.h. die Emissionen der eingesetzten Maschinen und Geräte (Off-Road-Emissionen). Bei der Analyse der Bauprojekte in den Kapitel 2.2 bis 2.4 zeigte sich jedoch, dass die Bautransportemissionen in denjenigen Fällen wo keine Emissionsminderungsmaßnahmen getroffen werden, in der gleichen Grössenordnung wie die Off-Road-Emissionen liegen (Beispiel siehe Kapitel 1.2). In Anlehnung an die erwähnte Richtlinie wird eine Grobbeurteilung der Baustelle anhand der Parameter Grösse und Dauer vorgeschlagen. Eine Baustelle gilt als gross, wenn **mindestens eines** der untenstehenden Kriterien erfüllt ist (Tabelle 11).

Tabelle 11:
Kriterien für grosse Baustellen

Grösse und Dauer	Linienbaustelle	> 500 m
	Bauarealfläche	> 5'000 m ²
	Umbautes Hochbauvolumen	> 10'000 m ³
	Aushubvolumen	> 20'000 m ³
	Intensive Bauzeit bzw. Betriebszeit	> 1 Jahr

Grosse Baustellen gemäss obiger Definition verursachen relevante Bautransport-Emissionen.

Vergleichbarkeit mit Kiesabbau und Bauschutt-Recycling

Neben den typischen Projekten im Tiefbau verursachen auch der Kiesabbau und das Bauschuttrecycling Transportemissionen. Da solche Anlagen während Jahrzehnten betrieben werden, sind sie mit einer industriellen oder gewerblichen Anlage vergleichbar. Weil die Abbau- oder Umschlagvolumen pro Jahr ohne weiteres 20'000 m³ betragen, und die Transportrouten über vergleichbare Distanzen wie bei Bautransporten führen, handelt es sich um Anlagen, die relevante Transport-Emissionen verursachen.

3.2 Rechengrössen und Kennzahlen

3.2.1 Herleitung

Unter Verwendung dieses Rasters können für Tiefbauprojekte (Eisenbahnbau, Strassenbau, Flughafenausbau usw.) sowie für den Kiesabbau und für das Bauschutt-Recycling die Emissionen aus dem Bautransportverkehr für die Bagatellgrenze für «grosse Baustellen» abgeschätzt werden. Die Berechnung erfolgt mit den spezifischen Emissionszahlen, welche in den Tabellen 6 bis 10 ermittelt wurden, sowie mit dem minimalen Aushubvolumen von 20'000 m³ für die Definition «Grosse Baustelle». Die spezifischen Emissionszahlen sind jeweils in den ersten drei Spalten von Tabelle 12 enthalten, und zwar für den Minimal- und den Maximalwert der untersuchten Projekte der entsprechenden Baustellen-Kategorie. Beim Flughafenausbau und bei den Kiesgruben ist keine Spannweite angegeben worden, weil nur ein Beispiel berechnet werden konnte. Die berechneten Emissionen für die Bagatellschwelle (20'000 m³ Material) sind in den drei letzten Spalten in Tabelle 12 enthalten.

Tabelle 12: Lufthygienische Kenngrössen für grosse Baustellen, Kiesgruben und Bauschutt-Recyclinganlagen gemäss Definition (berechnet für 20'000 m³ Schüttgut)

Baustellen-Kategorie	Spezif. NOx-Emission [g/m ³]	Spezif. Partikel-Emission [g/m ³]	Spezif. CO ₂ -Emission [g/m ³]	NOx-Emissionen * [t]	Partikel-Emissionen * [t]	CO ₂ -Emissionen * [t]
Eisenbahnbau	12–19	0.4–0.7	1200–2200	0.24–0.38	0.08–0.014	24–44
Strassenbau	10–20	0.3–0.7	1300–2500	0.2–0.4	0.006–0.014	26–50
Flughafenausbau	13	0.44	1500	0.26	0.0096	30
Kiesgrube	23	0.8	2700	0.44	0.016	54
Bauschutt-Recycling	10–50	0.3–1.8	900–5300	0.2–0.9	0.006–0.036	18–106

* Im Falle von Kiesgruben und Bauschutt-Recyclinganlagen handelt es sich um jährliche Emissionen

Stärken und Schwächen von Kennzahlen:

Bei der Verwendung dieser Kennzahlen muss jedoch beachtet werden, dass für deren Herleitung nur insgesamt 6 Projekte verwendet wurden. Allerdings handelt es sich dabei um 6 unterschiedliche Projekte, was die Transportwege und die Massnahmen zur Verminderung der Emissionen angeht. Und die Reihenfolge der Kennzahlen entspricht etwa den Erwartungen aufgrund der getroffenen Massnahmen zur Verminderung der Emissionen. Der Grund für diese plausible Reihenfolge liegt darin, dass für die Herleitung der Kennzahlen jeweils eine Neuberechnung unter möglichst vergleichbaren Randbedingungen erfolgte (Bezugsjahr, Auswahl aus nur drei Verkehrssituationen).

Im Hinblick auf die Massnahmen zur Reduktion der Bautransportemissionen eines Projektes sind sowohl die totalen Emissionen als auch die spezifischen Emissionen von Interesse. Die totalen Emissionen geben einen Hinweis auf die Relevanz der Emissionen. Diese Zahl kann für Vergleiche mit den Emissionen aus anderen Projekten dienen. Die spezifischen Emissionszahlen enthalten hingegen Informationen über den Spielraum für mögliche Massnahmen und können als Kennzahlen für das Verbesserungspotential verwendet werden. Obwohl die spezifischen Emissionszahlen theoretisch nach oben und unten unbegrenzt sind, werden die hier erhaltenen Zahlen im Sinne eines pragmatischen Ansatzes verwendet.

Für die Stickoxid-Emissionen wird aufgrund der Auswertung der Beispiele ein Maximalwert und ein Zielwert definiert. Der **Maximalwert** gilt als «worst-case» und rechtfertigt Massnahmen, während der untere Wert als **Zielwert** oder «best-case» gelten kann, welcher mit geeigneten Massnahmen anzustreben ist (siehe Kapitel 5.2 Auflagen im UVP- und Bewilligungsverfahren).

Für Flächenbaustellen werden die gleichen Zielwerte wie für Linienbaustellen vorgeschlagen. Die ersteren haben bei entsprechender Grösse ein Minderungspotential durch die Möglichkeit des internen Materialausgleiches. Die Herleitung des Zielwertes basiert allerdings auf einem einzigen Beispiel (Flughafenausbau).

Für die Partikelemissionen ist eine strengere Beurteilung notwendig. Dieselmotoren emittieren Partikel mit einem hohen Anteil an Dieselmotoren (besteht vor allem aus elementarem Kohlenstoff EC und organischem Kohlenstoff OC). Dieselmotoren ist gemäss LRV Anhang 1 Ziffer 83 ein krebserzeugender Stoff. Für solche Stoffe gilt das Minimierungsgebot, das heisst, es existiert keine untere Schwelle für die Unbedenklichkeit von Dieselmotoren. Demzufolge wurde auch kein Zielwert definiert. In der Praxis sind die Emissionen so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich ist.

Die Kohlendioxid-Emissionen fallen zwar nicht unter die Bestimmungen der LRV. Das CO₂-Gesetz, welches seit dem 1. Mai 2000 in Kraft ist, fordert eine generelle Reduktion der CO₂-Emissionen aus Treibstoffen um 8% bis zum Jahr 2010.

Für den Verkehr, welcher durch Kiesgruben und Bauschutt-Recyclinganlagen ausgelöst wird, können z.B. aus Gründen der Rechtsgleichheit die gleichen Maximalwerte und Zielwerte verlangt werden wie für Linienbaustellen. Die abgeleiteten Kennzahlen sind in Tabelle 13 dargestellt:

Tabelle 13: Maximale Werte, Zielwerte und Mindestanforderung für die spezifischen Emissionen von Linien- und Flächenbaustellen, Kiesgruben und Bauschutt-Recyclinganlagen.

Quelle	Spezifische Emissionen NOx [g/m ³]		Spezifische Emissionen Partikel [g/m ³]	Spezifische Emissionen CO ₂ [g/m ³]*		
	Max. Wert	Zielwert		Mindestanforderung	Max. Wert	Zielwert
Linienbaustelle (Eisenbahn- und Strassenbau)	20	10	Minimierungsgebot	2'500	1'200	
Flächenbaustelle (Flughafenbau)		10				1'200
Kiesgruben	20	10			2'500	1'200
Bauschutt- Recyclinganlagen	20	10			2'500	1'200

*Kein Grenzwert für CO₂ in der LRV, Massnahmen werden in diesem Bericht nicht weiter behandelt.

3.2.2 Sensitivitätsbetrachtungen

Die berechneten spezifischen Emissionen werden durch die folgenden Sensitivitäten beeinflusst (Siehe Gleichung in 2.1.d):

- Materialmengen: Genauigkeit der Angaben
- Kapazität der Fahrzeuge: Abhängig von der Art des Materials und seinen Eigenschaften (z.B. Feuchte)
- Streckenlänge und Leerfahrtenanteil

Emissionsfaktor: Abhängig von den angenommenen Verkehrssituationen (insbesondere Anteil innerorts), vom Beladungsgrad, vom Fahrzeugkonzept (z.B. Durchschnitt Schweiz oder EURO 2-Fahrzeuge) und von der Fahrzeuggrösse (Durchschnitt oder 20-28t Gesamtgewicht).

Die Angaben a) bis c) dürften nach den Erfahrungen in der Bauwirtschaft jeweils recht genau bekannt sein. Für die Anwendung der Emissionsfaktoren sind weitere Angaben erforderlich. Die Auswirkungen auf die Berechnungen sind in den folgenden Beispielen dargestellt:

Einfluss der Verkehrssituation:

Erhöht man z.B. den Anteil innerorts von 10 auf 25%, so resultieren um 10% höhere Emissionen für NOx. Verglichen mit der Spannweite zwischen dem Maximal- und dem Zielwert kann diese Sensitivität noch toleriert werden für eine Einstufung.

Einfluss des Fahrzeuggewichtes:

Der Einfluss des Fahrzeuggewichtes ist besonders gut aus Tabelle 14 ersichtlich. Auf Grossbaustellen sind heute vor allem Kipper mit einem Gesamtgewicht von 20-28t im Einsatz. Die Emissionsfaktoren für diese Grössenklasse sind deutlich verschieden vom Durchschnitt der Nutzfahrzeuge mit einem Gesamtgewicht > 3.5 t.

Tabelle 14: Einfluss des Fahrzeuggewichtes auf die Emissionsfaktoren (Annahme für die Verkehrssituationen: Durchschnitt X:AB, X:ao, X:io)

Schadstoff	Emissionsfaktoren			
	2000	2000	2006	2006
	Durchschnitt alle LKW und Konzepte [g/Fzkm]	LKW 20-28t, gew. Durchschnitt Euro1/2 [g/Fzkm]	Durchschnitt alle LKW und Konzepte [g/Fzkm]	LZ 32-40t, gew. Durchschnitt Euro2/3/4 [g/Fzkm]
CO ₂	710	843	826	1088
NO _x	7,27	7,96	5,35	5,93
Part	0,359	0,288	0,155	0.103

Auswirkungen des Landverkehrsabkommens mit der EU:

Nach Auskunft von Transportfachleuten [ASTAG 2000] ist im Baubereich ab dem 1.1.2001 mit dem Einsatz von 4-Achs-Kippern (Gesamtgewicht 32 t, Nutzlast 18.5 t) zu rechnen. In Tabelle 15 ist ein Vergleich zwischen einem 3-Achs- (Gesamtgewicht 28 t) und einem 4-Achs-Kipper (Gesamtgewicht 32 t) enthalten. Trotz höheren Emissionen pro Fahrzeug ist wegen dem zusätzlichen Nutzgewicht die Schadstoffbilanz insgesamt positiv in Bezug auf die transportierte Nutzlast.

Tabelle 15: Einfluss von Fahrzeugen mit einem Gesamtgewicht von 32 t im Vergleich zu Fahrzeugen mit 26 t auf den Schadstoffausstoß.

Schadstoff	Emissionsfaktoren		Veränderungen 26t →32t Fahrzeug		
	26 t Euro 3 (3-Achs-Kipper) [g/km]	32 t Euro 3 (4-Achs-Kipper) [g/km]	Emissionsfaktoren [%]	Nutzlast [%]	Schadstoff-Ausstoß [%]
CO ₂	843	1088	+ 29	+ 41	- 9
NO _x	4.80	5.74	+ 20	+ 41	- 15
Part	0.106	0.112	+ 6	+ 41	- 25

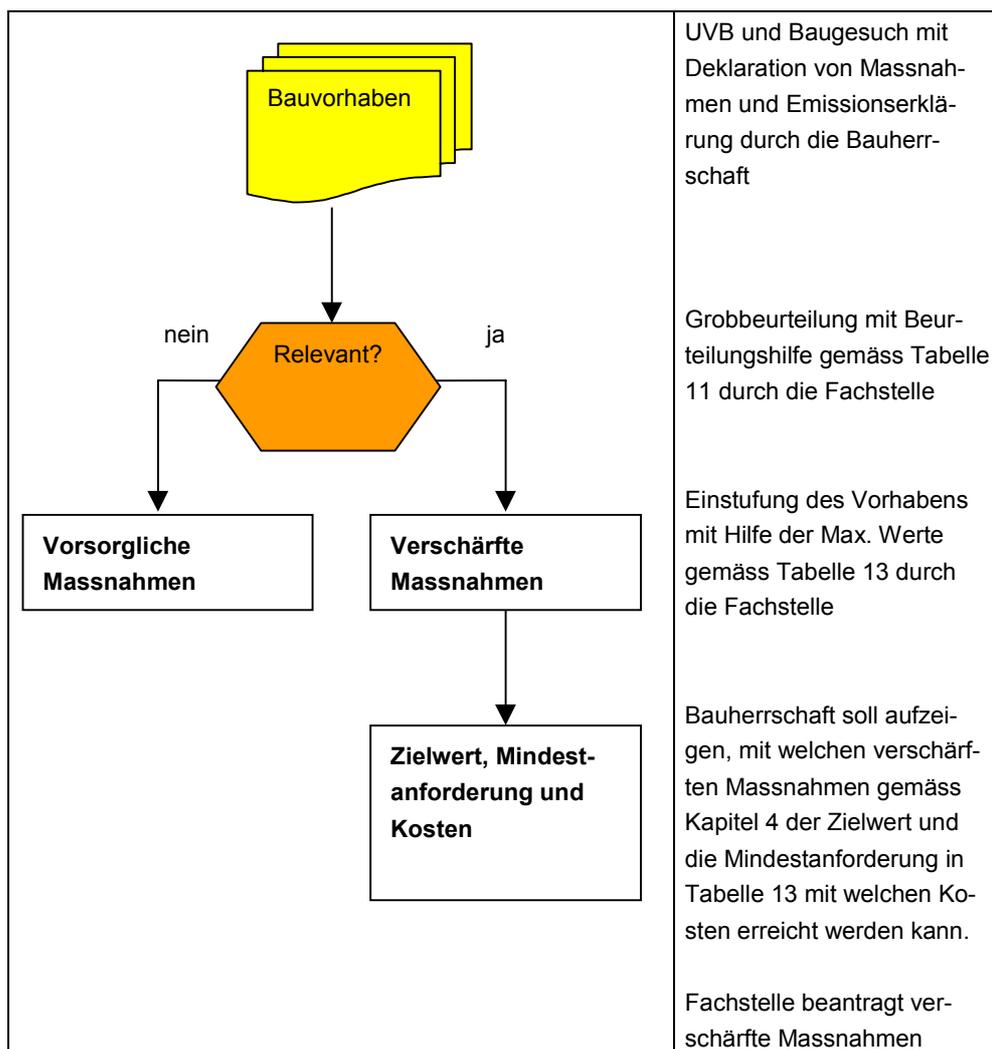
Anwendung der Kennzahlen:

Aktuelle Beispiele aus Umweltverträglichkeitsprüfungen zeigen, dass im Einzelfall Abweichungen von Maximal- und Zielwerten nach oben und unten möglich sind. Die Werte dürfen nicht blindlings übernommen werden. Es handelt sich dabei um Richtwerte, welche für die Beurteilung dienen sollen.

3.2.3 Ablauf der Beurteilung von UVP-pflichtigen Bauvorhaben

Die Beurteilung von Bauvorhaben gemäss Abbildung 2 führt zu den Massnahmen. Diese sind im Kapitel 4 zusammengefasst und in den Anhängen A6–A8 im Detail beschrieben.

Abbildung 2:
Beurteilung von UVP-pflichtigen Bauvorhaben in Bezug auf die Bautransportemissionen



4 Massnahmen

4.1 Ausgangslage

4.1.1 Kantonale Massnahmenpläne

Es gibt bereits heute in den kantonalen Massnahmenplänen verschiedene Massnahmen, welche indirekt zur Minderung der Emissionen aus dem Bautransportverkehr beitragen. Ein Beispiel dafür ist die Geschwindigkeitsreduktion auf Nationalstrassen. Einzelne Massnahmenpläne enthalten auch Massnahmen, welche direkt den Bautransportverkehr betreffen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Beispiele für bestehende Massnahmen zur Emissionsminderung des Transportverkehrs

Massnahmen:	Beschreibung und Auswirkungen:	Beurteilung/Stand:
Emissionsauflagen für Grossbaustellen und Dauerlieferungen [ATAL 1996]	Für Grossbaustellen, Kiesgruben, Deponien, Massengütertransporte usw. werden emissionsbegrenzende Betriebs- und Transportvorschriften (schadstoffarme Maschinen und Fahrzeuge, Bahntransporte usw.) erlassen. Der Kanton soll Brenn- und Treibstoffe nur ab nahegelegenen Tanklagern beschaffen. Auf grösseren Baustellen sollen vermehrt schadstoffarme Transportfahrzeuge und Baumaschinen zum Einsatz kommen. Es können Begrenzungen von Schadstoff-Frachten (z.B. Tonnen NOx für bestimmte Bauphasen) erlassen werden, die sich nach den aktuellen Abgasvorschriften richten. Für Baumaschinen kann der Einsatz von marktgängigen Partikelfiltern verlangt werden. Für den Transport von Aushub, Baumaterial, Abfällen und anderen Massengütern kann die Erstellung oder Benutzung von Bahnanschlussgeleisen verlangt werden. Dadurch können Lastwagentransporte über längere Distanzen vermieden und entsprechende Emissionen reduziert werden (v.a. NOx und Staub).	Praktikable v.a. in bewohnten Gebieten wirksame Massnahme

4.1.2 Weitere Massnahmen

Darüber hinaus gibt es weitere Massnahmen, Empfehlungen und Richtlinien (zum Teil in der Vernehmlassung) welche für einzelne öffentliche Bauherrschaften verbindlich sind. Einige sind insofern von Interesse, weil sie auch durch Massnahmen beim Bautransportverkehr ergänzt werden können. Dies ist für die Zukunft von Interesse, wenn es um die Festlegung von vorsorglichen Massnahmen geht. Der heutige Stand ist in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 17:
 Weitere Schriften und
 Quellen zur allgemeinen
 Reduktion der Emissionen
 aus Bauprozessen

Schrifttum:	Quelle:
Umweltschonendes Bauen: Ergänzung der Ökologischen Auflagen für die Ausschreibung nach BKP/NPK *, zurzeit in der Vernehmlassung	Kanton Solothurn, AfU, HBA, 1996
Ökologisches Bauen, Merkblätter nach BKP für Ausschreibungen	Kanton Zürich, ATAL und HBA, 1993
Deklaration von ökologischen Merkmalen von Bauprodukten nach SIA 493	SIA- Dokumentation DO93, Nov. 1997
Bauprodukte und Zusatzstoffe in der Schweiz	BUWAL: Schriftenreihe Umwelt Nr. 245, Umweltgefährdende Stoffe
«Graue Energie von Baustoffen»	Büro für Umweltchemie Zürich: 1998
Eco-Devis. Ökologische Leistungsbeschreibungen für NPK 117, 141, 241, 313, 348, 361, 362, 363, 364, 671	CRB, [CRB = Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich] 1999
Beispiel eines Konzeptes zur «Emissionsbegrenzung auf Baustellen»	→ <u>siehe Anhang A9.1.1</u>

* BKP = Baukostenplan, NPK = Normpositionenkatalog. Erläuterungen siehe Kapitel A9.1

4.1.3 Geschätzte Auswirkungen

Für einzelne Massnahmen wurde in Tabelle 18 eine relative Abschätzung und in Anhang A7 eine Berechnung für die Emissionsreduktion in der ganzen Schweiz gemacht (unter der Annahme, dass die betreffende Massnahme in der gesamten Schweiz umgesetzt wird). Für die meisten Massnahmen wird eine qualitative Aussage über die Emissionsminderung gemacht. Für die Berechnung der gesamtschweizerischen Schadstoffreduktion wird von den Gesamtemissionen ausgegangen. Diese lassen sich anhand der Materialmengen in Kapitel 1.2 und den spezifischen Emissionen in Kapitel 3.2 für den Fall ohne Massnahmen berechnen (Annahme für den Referenzfall: Worst-case bzw. Maximalwerte).

4.2 Zusammenfassung der Massnahmen und Anordnungen

In Tabelle 18 wird eine Zusammenfassung von Massnahmen gegeben, welche spezifisch auf die Reduktion der Emissionen aus dem Bautransportverkehr zielen. Es handelt sich dabei um Massnahmen, die bei Projekten verlangt oder diskutiert wurden, welche einer UVP unterliegen. Die Massnahmen sind in den Anhängen A6 bis A8 detailliert beschrieben bezüglich Potential und Umsetzung.

Die Massnahmen sind unter den Nummern 4.2.1 bis 4.2.7 in Tabelle 18 zusammengefasst und können grob in drei Kategorien eingeteilt werden:

- a) Ressourcenplanung und Infrastruktur (Tabelle 18 und detaillierte Beschreibung in Anhang A6)
- b) Fahrzeuge und Treibstoffe (Tabelle 18 und detaillierte Beschreibung in Anhang A7)
- c) Ausschreibung (Tabelle 18 und detaillierte Beschreibung in Anhang A8)

Tabelle 18 Zusammenfassung der Massnahmen zur Reduktion der Baustellenemissionen (nicht abschliessende Aufzählung). Die aufgelisteten Massnahmen sind im Detail in den Anhängen 6 bis 8 beschrieben.

Massnahme	Potential/Zeithorizont	Kritische Randbedingungen
Ressourcenplanung und Infrastruktur		
4.2.1 Materialbewirtschaftungskonzept	Verminderung von Transporten bis zu 50%, kurzfristig machbar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Platzverhältnisse ➤ Baumaterialqualität ➤ Gesetzliche Bestimmungen bei der Deponierung (Aushubrichtlinien)
4.2.2 Baustelleninfrastruktur <ul style="list-style-type: none"> ➤ Baustellenvorbereitung ➤ Baustelleneinrichtung ➤ Baustellenorganisation ➤ Baustellenüberwachung 	Verminderung von Transporten durch Bahnanschlüsse, baustelleninterne Organisation und Infrastruktur, Reduktion von Leerfahrten bis zu 30% Kurzfristig machbar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verwendung von Wagenwaschanlagen ➤ Schwierig bei Kiesgruben mit betriebsfremden Lastwagen
Fahrzeuge und Treibstoffe		
4.2.3 Motorische Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> a) EURO 3 für Lastwagen b) Ausrüstung von Lastwagen mit Partikelfilter 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ NOx 47% Reduktion ➤ Partikel 69% Reduktion ➤ Partikel 90% Reduktion ➤ Kurzfristig machbar 	<ul style="list-style-type: none"> a) Logistik b) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Postulat Stump im Nationalrat ➤ LSVA-Ausgestaltung ➤ Betriebsfremde Lastwagen (Kiesgruben) ➤ Nähe zu Wohngebieten
4.2.4 Verwendung von saubereren Dieseltreibstoffen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Partikel-Reduktion abhängig vom S-Gehalt ➤ Kurzfristig machbar 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tankstellennetz, aber steigende Nachfrage und Ausbau ➤ Nähe zu Wohngebieten ➤ Mehrpreis
4.2.5 Verwendung von Erdgas oder Flüssiggas als Treibstoff	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Einhaltung von EURO 5 ➤ Mittelfristig machbar 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kurze Fahrten ➤ In belasteten Gebieten ➤ Geringere Leistungen ➤ Mehrinvestition für das Fahrzeug von Fr. 20'000–40'000 ➤ Infrastruktur (Tankstellen) fehlt weitgehend
4.2.6 Energiesparsame Fahrweise	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reduktion von Treibstoff und Schadstoffen bis zu 15% ➤ Kurzfristig machbar 	Schulung der Chauffeure
Ausschreibung		
4.2.7 Berücksichtigung von sauberen Transportflotten bei der Vergabe von Bauarbeiten der öffentlichen Hand und privater Bauherrschaft	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potential wie Massnahmen 4.2.3–4.2.4 (Förderung dieser Massnahmen) ➤ Kurzfristig machbar 	GATT-WTO-Abkommen über die Vergabe

5 Vollzug

5.1 Rechtsgrundlagen

Emissionsbegrenzung bei Bautransporten

Das im Umweltschutzrecht verankerte Konzept der Luftreinhaltung gilt auch beim Bautransportverkehr: Zur Vermeidung von Luftverunreinigungen werden emissionsbegrenzende Massnahmen im Rahmen der Vorsorge so weit getroffen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG; Art. 3 f. LRV). Steht fest oder ist zu erwarten, dass die Einwirkungen schädlich oder lästig werden, so sind diese Massnahmen zu verschärfen (Art. 11 Abs. 3 USG; Art. 5 LRV). In erster Linie sollen Luftverunreinigungen an der Quelle begrenzt werden (Art. 11 Abs. 1 USG; Art. 6 LRV).

Die vorsorgliche Emissionsbegrenzung von Bautransportfahrzeugen ergibt sich aufgrund der Verordnung vom 19. Juni 1995 über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS). Die Abgasvorschriften genügen der Vorsorge (Art. 17 LRV).

Bei Verkehrsanlagen ordnet die Behörde alle technisch oder betrieblich möglichen und wirtschaftlich tragbaren Massnahmen an, mit denen die vom Verkehr verursachten Emissionen begrenzt werden können (Art. 18 LRV).

Verschärfte Emissionsbegrenzungen können dann erforderlich sein, wenn feststeht oder zu erwarten ist, dass die Immissionsgrenzwerte überschritten würden, falls die Emissionen nur nach den Grundsätzen des Vorsorgeprinzips begrenzt würden.¹ Verschärfte Emissionsbegrenzungen sind im Rahmen der Massnahmenpläne nach Artikel 31–34 LRV zu erlassen (Art. 19 LRV). Es ist Sache des Massnahmenplans, die Massnahmen zur Verminderung und Beseitigung von übermässigen Immissionen zu bezeichnen. Gemäss Praxis können in Einzelfällen auch weitergehende Massnahmen angeordnet werden.²

Verhältnis des Bautransportverkehrs zur vorgesehenen Baurichtlinie (BauRLL gemäss Anhang 2 Ziffer 88 LRV)

Die vorliegende Vollzugshilfe beurteilt die Bautransportemissionen auf der Strasse und *ergänzt* die vorgesehene Richtlinie zur Luftreinhaltung bei Baustellen (BauRLL), die den Einsatz von Baumaschinen auf der Baustelle behandelt.

¹ Gestützt darauf wurde der Einsatz von abgasarmen Transportfahrzeugen in der Verfügung des UVEK vom 28. Juli 1999 betr. Plangenehmigung Bahn 2000 Mattstetten-Röthrist, Seiten 22–29, festgelegt. (vgl. auch BGE 125 II 129 E.7 mit Hinweisen)

² Vgl. BGE 124 II 272 = URP 1998/3 197

5.2 Auflagen im UVP- und Bewilligungsverfahren

5.2.1 Ablauf

Auflagen/Massnahmen für grosse Bauprojekte

Der Ablauf erfolgt nach dem Schema in Abbildung 2 in Kapitel 3.3. Für relevante Emissionen aus dem **Bautransportverkehr** soll die Bauherrschaft je nach Einstufung der spezifischen Emissionen aufzeigen, mit welchen Massnahmen und Kosten die spezifischen NO_x-Zielwerte aus dem **Bautransportverkehr** reduziert und die Partikelemissionen minimiert werden können.

5.2.2 Anordnung von Massnahmen

Für die Anordnung der Massnahmen sind folgende Punkte zu beachten:

→ **Zeithorizont:**
Dynamische Auflagen Bei länger dauernden Projekten sind die Auflagen dynamisch zu formulieren (EURO 3 ab 2001, EURO 4 ab 2006, EURO 5 ab 2009).

→ **Potential/
Zeithorizont/
Erfahrungen** Es steht eine Palette von Massnahmen mit einem beachtlichen Reduktionspotential zur Verfügung. Entscheidend ist, dass die Massnahmen von Anfang an in die Planung des Bauvorhabens einfliessen (insbesondere die Massnahmen bei der Ressourcenplanung und Infrastruktur).

Im weiteren wurde in kurzfristig und mittelfristig machbare Massnahmen unterschieden. Die kurzfristigen Massnahmen stehen bereits zur Verfügung, wurden bereits verlangt und umgesetzt und erste Erfahrungen liegen vor. Die mittelfristigen Massnahmen müssen noch ausgestaltet werden. Sie können bereits im Sinne von Vorbehalten bei langdauernden Bauprojekten verlangt werden.

→ **Kritische
Randbedingungen** Diese sind vor allem technischer und logistischer Natur, und erfordern Fachwissen aus der Bautechnik, Motorentchnik und Logistik. Je nach Baustellentyp ist auch die Lage zu berücksichtigen. So gibt es zum Beispiel für eine Linienbaustelle mitten im dicht besiedelten Gebiet wenig Möglichkeiten für eine Materialbewirtschaftung vor Ort. Hingegen können die Massnahmen an den Fahrzeugen und bei den Treibstoffen verlangt werden. Je nach Situation gilt es, den optimalen Massnahmenmix zu finden. Dieses Wissen ist bei den Fachstellen kaum vorhanden.

Es dürfte deshalb sinnvoll sein, nicht spezifische Massnahmen zu verlangen, sondern das Ziel vorzugeben und es der Bauherrschaft zu überlassen, mit welchem Massnahmenmix dieses Ziel erreicht werden kann (siehe Kapitel 3.3).

5.3 Umsetzung

Die Umsetzung der Massnahmen ist abhängig vom Knowhow und den Einflussmöglichkeiten der Akteure. Diese werden im folgenden umschrieben:

- **Fachstelle** Deren Aufgabe besteht in der Überwachung der Umsetzung der festgelegten Massnahmen. Diese Aufgabe geschieht mit Vorteil in Zusammenarbeit mit dem beauftragten Umweltbaubegleiter der Bauherrschaft. Die Fachstelle fordert und überwacht das Controllingssystem, welches die Umsetzung der Massnahmen sicherstellen soll.

- **Bauherrschaft** Die Bauherrschaft ist verantwortlich für die Umsetzung der Massnahmen. Diese Aufgabe wird mit Vorteil von einer beauftragten Umweltbaubegleit-Person wahrgenommen. Diese ist mit Vorteil Mitglied der Bauleitung oder Beauftragte der Bauherrschaft. Die Umweltbaubegleit-Person sollte bezüglich der Umwelt generalistisch sein und die örtlichen Verhältnisse kennen.

- **Unternehmer** Der Unternehmer ist gegenüber der Bauherrschaft verantwortlich für den einwandfreien Betrieb der technischen Minderungsmassnahmen im Rahmen des Auftrages.

6 Zusammenhang mit anderen Vorschriften (Baulärm-Richtlinie, Energiegesetz)

Bautransporte sind wie im Kapitel 1.2.1 erwähnt neben der Luft auch in bezug auf den Lärm und die Energie relevant. Die Baulärm-Richtlinie des BUWAL [BUWAL 2000 c] verlangt ebenfalls Massnahmen bezüglich Ressourcenplanung und Infrastruktur. Es liegt auf der Hand, dass hier Synergien genutzt werden können, da die Bauherrschaft und die Unternehmerschaft in mehreren Bereichen mit den grundsätzlich gleichen Auflagen und Massnahmen konfrontiert werden. Deshalb sind koordinierte und einheitliche Auflagen notwendig. Die Zuständigkeit dafür liegt (in den meisten Kantonen) bei den Koordinationsstellen für Umweltschutz.

Eine weitere Synergie ergibt sich mit dem Vollzug des neuen Energiegesetzes. Hier ist die Energieagentur der Wirtschaft Ansprechpartner, welche auch für die Verbesserung der Energieeffizienz im Baubereich zuständig ist. Wie schon beim Baulärm sind die Massnahmen bezüglich Ressourcenplanung und Infrastruktur besonders effizient. Aus gesamtökologischer Sicht sind diese Massnahmen besonders wichtig. Für die weitere Optimierung der Auswirkungen des Bautransportverkehrs sollte das Schwergewicht neben der Verminderung der Partikelemissionen mit technischen Massnahmen auf diese Massnahmen gelegt werden.

7 Art der Kooperation

7.1 Zertifizierung

Anstelle von Einzelaufgaben für die Transportbetriebe können Zertifikate für den Nachweis von Massnahmen genügen.

Beispiele

- optimale Transporteffizienz
- schwefelfreier Treibstoff
- Nachrüstung mit Partikelfilter
- Einsatz neuester Abgasnachbehandlungs-Technik

Als Anreiz wäre eine Vergabe nach ökologischen Kriterien (Massnahme A8.1) und mittelfristig eine Reduktion der LSV und/oder der Motorfahrzeugsteuer denkbar.

PartnerInnen der Zertifizierung

Schweizerischer Baumeisterverband, Energieagentur der Wirtschaft, BUWAL

7.2 Vereinbarungen

Auflagen im Rahmen einer Umweltverträglichkeits-Prüfungen (UVP) können bei Anlagen, welche langfristig betrieben werden (z.B. Abbau- und Deponie), zu Rechtsungleichheit führen. Dadurch, dass bis heute nur Anlagen erfasst werden, welche infolge einer UVP Auflagen zu erfüllen haben, bleibt zudem ein grosses Verbesserungspotential unberührt.

Eine Vereinbarung zwischen Branchenverbänden und der Behörde könnte die genannten Nachteile des heutigen Vollzuges eliminieren. Wichtig dabei wäre allerdings, dass Betriebe welche bei einer solchen Vereinbarung nicht mitmachen, mit herkömmlichen Massnahmen wie Sanierungsverfügungen ebenfalls belangt würden.

8 Ausblick

In dieser Studie ging es primär darum, ein Instrument für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit von entsprechenden Projekten bereitzustellen. Die folgenden Vorschläge und Ideen erlauben mittelfristig eine Optimierung bei allen Baustellen und Synergien zwischen den verschiedenen Umweltbereichen (Luft, Lärm, Energieverbrauch).

→ **Normierung und Managementsysteme**

Im Anhang A9 wird der Einbezug der Baustellenemissionen in den NPK Normpositionenkatalog Bau und 'eco devis' (A9.1) sowie in die Bau-Umweltmanagementsysteme (A9.2) behandelt. Dort werden auch Vorschläge unterbreitet für eine mögliche zukünftige Weiterentwicklung.

Was die Normung und die Managementsysteme anbelangt, sind die Verhandlungen mit den entsprechenden Akteuren aufzunehmen mit dem Ziel, dass die Massnahmen zur Verminderung der Bautransportemissionen von Anfang an in die Planung der Bauprozesse einfließen. Neben den bereits genannten sind auch die Institutionen des SIA einzubeziehen [SIA 1999].

→ **Ergänzung der kantonalen Massnahmenpläne**

Einige Massnahmen können in den kantonalen Massnahmenplänen festgelegt werden. Ein Beispiel dafür ist ein Obligatorium für Partikelfilter bei Bautransportfahrzeugen oder die differenzierte Entlastung/Belastung von saubereren Transportfahrzeugen bei der Motorfahrzeugsteuer.

→ **Emissionsabhängige Abgaben und Steuern**

In Anhang A9.3 wird die Möglichkeit vorgestellt, sauberere Transportfahrzeuge bei der Erhebung von Abgaben (z.B. LSVA) zu bevorzugen. Dasselbe gilt auch für die kantonalen Motorfahrzeugsteuern.

→ **Synergien im Vollzug Luftreinhaltung, Lärmschutz und Energieeffizienz**

Die nächsten Schritte sollten zusammen mit den Akteuren der übrigen Bereiche geplant werden, um den Vollzug und die Umsetzung optimal zu gestalten.

9 Literatur

- ASTAG 1999: Astag Nahverkehrstarif 1999
- ASTAG 2000: Astag, mündl. Auskunft von Hr. Bürgisser, 2000
- ATAL 1996: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kt. Zürich, Luftprogramm 1996
- BFS 1993: Bundesamt für Statistik, Gütertransporte auf der Strasse, 1993
- BKP/NPK 1996: Amt für Umweltschutz und Hochbauamt des Kt. Solothurn, Ausschreibungen nach BPK/NPK, 1996
- BUWAL 1994: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch von Baumaschinen, Umwelt-Materialien Nr. 23, 1994
- BUWAL 1995: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Handbuch der Emissionsfaktoren für den Strassenverkehr, Version 1.1, 1995
- BUWAL 1998: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Gasbusse in Basel, Erfahrungsbericht, Umweltmaterialien Nr. 103, 1998
- BUWAL 1999 a: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Richtlinie zur «Luftreinhaltung auf Baustellen», Vernehmlassungsfassung vom 10. Dezember 1999
- BUWAL 1999 b: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Handbuch der Emissionsfaktoren für den Strassenverkehr, Version 1.2, 1999
- BUWAL 1999 c: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Ökopprofile von Treibstoffen, Umweltmaterialien Nr. 104, 1999
- BUWAL 2000 a: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Statistik der Bauabfälle Schweiz, 2000
- BUWAL 2000 b: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1950-2000, Nachtrag, Schriftenreihe Nr. 255, 2000
- BUWAL 2000 c: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Baulärm-Richtlinie vom 2. Februar 2000
- BUWAL 2000 d: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Partikelfilter für schwere Nutzfahrzeuge, Umweltmaterialien Nr. 130, 2000
- CRB 1999: Schweiz. Zentralstelle für Baurationalisierung Zürich, Eco-Devis, Ökologische Leistungsbeschreibungen für NPK, 1999
- FORNAT 1993: FORNAT «Kiesabbau im Rafzerfeld, Bericht über die Auswirkungen des Kiesabbaus in Wil I auf die Umwelt», 1993
- FSK 1999: Fachverband für Sand und Kies, Geschäftsbericht 1999
- Plüss 1999: A. Plüss und E. Hug, Umweltmanagement – Ziel und Nutzen für Bauwirtschaft, Umwelt Focus August 1999
- SBV 2000: Schweiz. Baumeisterverband, mündl. Mitteilung von Hr. Schneider, März 2000
- SIA 1995: Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein, Leistungsmodell 95
- SIA 1999: Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein, Nachhaltige Entwicklung der gestaltbaren Umwelt, Basisdokument, 1999

Anhang

Anhang 1

Eisenbahnbau

A1.1 Ausbau Eisenbahnlinie Zürich HB–Zürich-Altstetten

Projektspezifische Daten

Kanton:	ZH
Vollzug Luftreinhaltegesetz:	AWEL
Bauherrschaft:	Öffentlich
Projektbeschreibung:	ca. 1950 m Ausbau zur Leistungssteigerung der bestehenden Anlagen
Lage:	im Siedlungsgebiet
Projektdauer:	2000–2004

Transportspezifische Daten

Aushub/Abtrag	97'050 m ³
Schotter für Bahntechnik	7'490 m ³
Wiederauffüllung	18'160 m ³
Fertigbeton	20'777 m ³
Baustahl	1'491 t
Wegstrecken für Lastwagen	281'594 km
Wegstrecken für Personenwagen	85'500 km

Bemerkungen: Der Verkehr während der Bauphase setzt sich zusammen aus dem Anlieferungsverkehr von Baumaterialien, dem Abtransport von Aushubmaterial und Fahrten von Bauarbeitern. Der Abtransport des Aushubmaterials erfolgt grösstenteils per Bahn. Insgesamt erfolgen ca. 500 projektbedingte Aushubtransporte per Bahn. Die eigentlichen Gleisbauarbeiten erfolgen mit Bauzügen, wobei die Materialien per Bahn hin- und weggeführt werden. Die mittleren Distanzen pro Lastwagen- und Personenwagenfahrt betragen 7,5 km (hin und zurück). Die Annahmen zu den Kapazitäten von Eisenbahn und Lastwagen sind die folgenden: Eisenbahn 20 Wagen à 35 m³ bzw. 700 m³ pro Zug Aushub. LKW-Kapazität: 10 m³ Ausbruchmaterial, 7 m³ Fertigbeton, 18 t Stahl.

Auflockerungsfaktor Aushub/Wiedereinfüllung:

1,4. Bahnschotter: 1,4 m³ entspr. 1 t.

Aushub/Abtrag in der Regel fm³ (fest), Ladekapazität locker 10 m³, fest 8,5 m³.

Emissionsberechnungen

	NOx pro Baustelle [kg]	VOC pro Baustelle [kg]
Emissionen Lastwagen	2'220 kg	340 kg
Emissionen Personenwagen	50 kg	60 kg
Total	2'270 kg	400 kg

Bemerkungen: Die Emissionen wurden gemäss [BUWAL 1995] für das Jahr 2000 berechnet und entsprechen ungefähr dem Mittelwert der Emissionsfaktoren für die Verkehrssituationen X:AB, X:AO und X:IO.

A1.2 Ausbau Eisenbahnlinie Zürich-Wipkingen 3./4. Gleis

Projektspezifische Daten

Kanton:	ZH
Vollzug Luftreinhaltegesetz:	AWEL
Bauherrschaft:	öffentlich
Projektbeschreibung:	ca. 1700 m Verbreiterung des Trassees inkl. Viadukt von 2 auf 4 Gleise
Lage:	Baustelle im Siedlungsgebiet
Projektdauer:	2000–2004

Transportspezifische Daten

Streckenlänge	1700 m
Kubaturen (inkl. Beton, Schotter)	128'000 m ³
Davon Schotter für Bahntechnik	15'856 m ³
Wegstrecken innerorts	171'000 km
Wegstrecken ausserorts	405'000 km

Bemerkung: Die Transporte finden zu 85% auf der Strasse statt. Insgesamt 15% der gesamten Transportmenge wird per Bahn abtransportiert oder angeliefert (Stahlbrücken und bahntechnische Einrichtungen inkl. Schotter). Die Transportkapazität pro LKW-Fahrt beträgt 8 m³. Der Leerfahrtenanteil beträgt nur 25%, wenn mindestens 50% der Zufuhren mit den gleichen Fahrzeugen ausgeführt werden, welche für den Wegtransport von Aushub, Bauschutt und Schotter eingesetzt sind. Die Distanzen zu den Deponien, Kies- und Schotterwerken betragen 70 km (inkl. Retour), zur Schotterwaschanlage/Betonrecycling 20 km, zum Betonwerk 10 km.

Emissionsberechnungen

	NOx pro Baustelle	VOC pro Baustelle	Partikel pro Baustelle
VS X:AO, 2000	6,3 g/km	0,9 g/km	0,3 g/km
VS X:IO, 2000	11,3 g/km	2,1 g/km	0,7 g/km
Emissionen innerorts	1'930 kg	360 kg	120 kg
Emissionen ausserorts	2'550 kg	365 kg	100 kg
Total	4'480 kg	725 kg	220 kg

A1.3 Neubaustrecke Mattstetten–Rothrist, Abschnitt 3.2–3.6

**Projektspezifische
Daten**

Kanton: BE
 Vollzug Luftreinhaltung: KIGA Bern, Abt. Luftreinhaltung
 Bauherrschaft: öffentlich
 Projektbeschreibung: ca. 10,3 km Neubaustrecke
 Lage: Baustelle in der Nähe des Siedlungsgebietes
 Projektdauer: 2000–2004

**Transportspezifische
Daten**

Streckenlänge Neubaulinie	ca. 10,3 km
Bahnverlad in Langenthal	362'000 m ³
Strassentransport in Grube Wynau	307'000 m ³
Strassentransport Übergabestelle Hungerzelg	83'000 m ³
Max. Anzahl Lastwagenfahrten pro Tag	319 F/d

Bemerkung: Das Deponie- und Transportkonzept basiert auf dem Technischen Bericht der NBS-Ingenieurgemeinschaft vom Februar 1999.

Emissionsberechnungen

	NOx
Max. Emissionen pro Monat	307 kg/Mt

Anhang 2

Strassenbau

A2.1 Nationalstrasse A 4.1.6 Filderen–Knonau

Projektspezifische Daten

Kanton:	ZH
Vollzug Luftreinhalte:	AWEL, Abt. Luftreinhalte
Bauherrschaft:	öffentlich
Projektbeschreibung:	ca. 13,3 km Neubaustrecke mit 5,3 km Tunnelstrecke
Lage:	teilweise in der Nähe des Siedlungsgebietes
Projektdauer:	1999–2009

Transportspezifische Daten

Streckenlänge Neubaulinie	ca. 13,3 km
Bahnverlad in Filderen	770'000 fm ³
Strassentransport bis Filderen (Bahnverlad)	70'000 fm ³
Strassentransport in Deponie Kt. Zug	70'000 fm ³
Baustelleninterne Transporte (Dumper)	396'000 m ³

Bemerkung: Das Materialbewirtschaftungskonzept basiert auf dem Technischen Bericht vom 14.4.1997 der Ingenieurgesellschaft N 4.1.6-Amt im Auftrag des Tiefbauamtes des Kt. Zürich. Entlang der offenen Strecke wird eine Baupiste erstellt.

Emissionsberechnungen

	NOx	VOC	CO
Max. Emissionen pro Monat	640 t	135 t	202 t

Bemerkung: Die Emissionen wurden aus den Dieserverbräuchen berechnet und beziehen sich auf die gesamte Bauzeit und auf sämtliche Dieselmotoren (Baumaschinen und Lastwagen). Der Dieserverbrauch für die Lastwagen wurde abgeschätzt und beträgt 4974 t von total 10'821 t. Daraus können die Schadstoff-Emissionen abgeschätzt werden.

A2.2 A5 Umfahrung Biel, Abschnitt Bözigenfeld Ost

Projektspezifische Daten	Kanton:	BE
	Vollzug Luftreinhaltung:	KIGA Kt. BE, Abt. Luftreinhaltung
	Bauherrschaft:	Tiefbauamt des Kt. BE
	Projektbeschreibung:	
	Lage:	
	Projektdauer:	1999–2000

Transportspezifische Daten	Transporte zur Deponie Pieterlenmoos	6 Lastwagen während total 408 Stunden
	Materialanlieferungen Kies	2 Lastwagen, 30'000 m ³ Kies bei 47 Ladungen pro Tag bzw. total 288 Std.
	Materialanlieferung Tragschicht:	2 Lastwagen auf der Baustelle für 30–50 Fahrten pro Tag und eine Betriebszeit von 240 Std.

Bemerkung: Die Angaben basieren auf dem UVB 3. Stufe N5 Umfahrung Biel, TA1 des Tiefbauamtes des Kt. Bern vom 30.4.1998.

Emissionsberechnungen		NOx	VOC	Russ
	Transporte zur Deponie Pieterlenmoos	1984 kg	239 kg	191 kg
	Materialanlieferung Kies	336 kg	41 kg	32 kg
	Materialanlieferung	280 kg	34 kg	27 kg
	Total	2'600 kg	314 kg	250 kg

Bemerkungen: Die Emissionen für die Lastwagentransporte wurden noch nach dem gleichen Verfahren wie für die Baumaschinen berechnet (Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch von Baumaschinen, Umweltmaterialien Nr. 23, BUWAL 1994).

A2.3 Kapazitätserweiterung Baregg

**Projektspezifische
Daten**

Kanton: AG
 Vollzug Luftreinhaltung: Amt für Umweltschutz des Kt. AG
 Bauherrschaft: Baudepartement des Kt. AG, Abt. Tiefbau
 Projektbeschreibung: Bau der dritten Tunnelröhre, Länge 1148 m
 Lage: Portale in der Nähe der Siedlungsgebiete Baden bzw. Dättwil
 Projektdauer: 2000–2004

**Transportspezifische
Daten**

Tunnellänge	1148 m
Kubaturen in die Deponien Mülligen und Wettingen	216'500 m ³
Anzahl Transportfahrten	69'000 Fahrten
Mittlere Fahrdistanz	10 km
Fahrleistung beladen	1260 Fzkm/d

Bemerkung: Die Transporte finden zu 100% auf der Strasse statt. Lastwagenkapazität 10 m³ loses bzw. 6 m³ festes Aushubmaterial resp. 14,5 t Ladung entspr. 2,4 t/m³ festes Aushubmaterial. Für Beton (Zuschlagmaterial oder Werkbeton) wird pro Fahrt mit 5 m³ gerechnet. Die Angaben basieren auf dem Synthesebericht zum UVB, 3. Stufe vom Juni 1998 und dem Fachbericht C.2 Luft zum UVB 3. Stufe vom Juni 1998

Emissionsberechnungen

	NOx	VOC	Partikel
Emissionsfaktor	5,34 g/Fzkm		0,17 g/Fzkm
Emissionen kg/d	6,73 kg/d		0,21 kg/d
Emissionen pro Jahr	2000 kg/a		55 kg/a

Anhang 3 Flughafenausbau

A3.1 Ausbau Flughafen Zürich Kloten (5. Bauetappe)

Projektspezifische Daten	Kanton:	ZH
	Vollzug Luftreinhalte:	AWEL, Abt. Luftreinhalte
	Bauherrschaft:	Öffentlich
	Projektbeschreibung:	Flughafen Zürich, 5. Ausbaustufe
	Lage:	in der Nähe des Siedlungsgebietes
	Projektdauer:	1999–2004

Transportspezifische Daten	Externe Transporte	
	Wegstrecke	40 km
	Leerfahrtenanteil	20% (Selbstdeklaration)
	Volumen	3'080'000 m ³
	Flughafeninterne Transporte	
	Wegstrecke	4 km
	Leerfahrtenanteil	50%
	Volumen	1'211'000 m ³

Bemerkung: Die Transporte finden zu 100% auf der Strasse statt. Lastwagenkapazität 10 m³ loses Aushubmaterial. Die Angaben basieren auf dem Materialbewirtschaftungskonzept vom 15. September 1997 und auf dem Materialbewirtschaftungs- und Baulogistikkonzept: Umweltbericht vom 14. November 1997

Emissionsberechnungen		NOx	VOC	Partikel
	Emissionsfaktor AO HVS 2	6,23 g/km	0,92 g/km	0,34 g/km
	Emissionen total	58,6 t	8,6 t	3,2 t

Anhang 4

Kiesabbau

A4.1 Abbauprojekt....., Gemeinde....

Projektspezifische Daten	Kanton:	BE
	Vollzug Luftreinhalung:	KIGA, Abt. Umweltschutz
	Bauherrschaft:	privat BE
	Projektbeschreibung:	Abbauprojekt zur Versorgung mit Kies und Sand in städtischer Region
	Lage:	im Siedlungsgebiet
Projektdauer:	Hauptetappe I mit einem Zeithorizont von 15–20 Jahren	

Transportspezifische Daten	Geschätzter Jahresbedarf	220'000 m ³
	Verwertbare Kiesreserve	10,5 Mio. m ³
	Transportaufkommen	600–800 Lastwagenfahrten pro Werktag

Emissionsberechnungen Es wurden keine Emissionen berechnet.

A4.2 Kiesabbau im Rafzerfeld

Projektspezifische Daten	Kanton:	ZH
	Vollzug Luftreinhalung:	AWEL, Abt. Luftreinhalung
	Bauherrschaft:	Kies AG Wil ZH, Toggenburger AG
	Projektbeschreibung:	Kiesabbau im Rafzerfeld, Bericht über die Auswirkungen
	Lage:	Wil Kt. ZH
Projektdauer:		

Transportspezifische Daten	Kies Strasse	865'806 m ³ /a
	Kies Bahn	1'003'660 m ³ /a
	Total	1'869'466 m ³ /a
	Aushub Strasse	602'973 m ³ /a
	Aushub Bahn	337'760 m ³ /a
	Total	940'733 m ³ /a

Bemerkungen: «Kies lose», Umrechnungsfaktor vom Festmass: 1,25. Aus «Kiesabbau im Rafzerfeld, Bericht über die Auswirkungen des Kiesabbaus in Wil I auf die Umwelt, FORNAT 1993»

Emissionsberechnungen Es wurden keine Emissionen berechnet.

A4.3 Kiesabbau im Neuwingert

Projektspezifische Daten	Kanton:	ZH
	Vollzug Luftreinhaltung:	AWEL, Abt. Luftreinhaltung
	Bauherrschaft::	Kies AG Wil ZH, Toggenburger AG
	Projektbeschreibung:	Kiesabbau 8,5 ha und Wiederauffüllung
	Lage:	Glattfelden Kt. ZH
	Projektdauer:	9–12 Jahre

Transportspezifische Daten	Abbaubare Kubaturen	1,8 Mio m ³
	Auffüllvolumen	1,8 Mio m ³
	Abbauleistung	150'000–200'000 m ³ fest/a
	Auffüllleistung	170'000 m ³ /a
	Anzahl Lastwagenfahren	32'000 Fahren/a
	Leerfahrtenanteil	32%

Bemerkungen: Kies fest, Lademenge für Kies und Aushub 8–9 m³ pro Lastwagen.
Bericht Kiesabbau im Neuwingert, UVB Hauptuntersuchung April 1997.

Emissionsberechnungen		Emissionsfaktor or NOx g/km	Bewegungen pro Jahr	Distanz km	Emissionen t NOx/a
	Umfahrung Glattfelden: AB 100	5,9 g/km	39'000	4,5 km	1,0 t/a
	Kiesstrasse AO HVS2	6,2 g/km	25'000	2,0 km	0,3 t/a
	übrige	6,7 g/km	64'000	16,5 km	7,1 t/a
	Total				8,4 t/a

Anhang 5

Bauschuttrecycling

A5.1 Recycling-Center Rotholz

Projektspezifische Daten

Kanton:	ZH
Vollzug Luftreinhalte:	AWEL, Abt. Luftreinhalte
Bauherrschaft:	privat
Projektbeschreibung:	Errichtung eines Recycling-Centers (Sortieranlage für Bausperrgut, Ballenpressanlage für Wertstoffe, Betonanlage für RC-Beton, Leermuldendepot und Altglasfächer) im Siedlungsgebiet
Lage:	im Siedlungsgebiet
Projektdauer:	20 Jahre

Transportspezifische Daten

Angelieferte Bauabfälle (ohne RC-Kiessand)	38'000 m ³
Anzahl Fahrten	12'670 Fahrten/a
Fahrleistung (ohne RC-Kiessand und Zuschlagstoffe, Wertstoffe, Glas), geschätzt	117'603 km/a
Abtransport des sortierten Materials	34'000 m ³
Masse	16'800 t/a
Anzahl Fahrten (ohne Wertstoffe und Altglas)	2'405 Fahrten/a
Fahrleistung	54'165 km/a

Bemerkungen: Anlieferung Ladevolumen ca. 6 m³ (Lkw 2-Achs bis 16 t Gesamtgewicht) und Leerfahrtenanteil 50%. Abtransport Ladevolumen 10 m³ bzw. 13 t (Dichte 1,3 t/m³), für Kompostierbares, Brennbares und Metalle 40 m³ bzw. 10 t (Dichte 0,25 t/m³), Lkw 4-Achs bis 28 t. Beim Sortieren und Umladen werden die versch. Komponenten zusammengepresst und das Volumen gegenüber dem Anliefervolumen um 10% verdichtet.

Emissionsberechnungen

	Emissionsfaktor NOx g/km	Fahrzeug-Kilometer pro Jahr	Distanz km	Emissionen kg NOx/a
Seestrasse Richtung O Uetikon am See	7,522 g/km	6'313 km/a	1,0 km	47 kg NOx/a
Seestrasse Richtung W Obermeilen	7,522 g/km	23'925 km/a	1,5 km	180 kg NOx/a
Dolliker-/Bergstrasse Richtung N, 6% Steigung	13,316 g/km	32'240 km/a	4,0 km	429 kg NOx/a
Total				656 kg NOx/a

Bemerkungen: Die Emissionen des anlagebedingten Lastwagenverkehrs beziehen sich nur auf den Nahbereich des Recycling-Centers, umfassen aber sämtliche Aktivitäten. Die eigentliche Sortieranlage verursacht nur ca. 50% der Emissionen.

A5.2 Aufbereitungsanlage für Beton- und Mischabbruch Riedmatt, Rümlang

Projektspezifische Daten	Kanton:	ZH
	Vollzug Luftreinhaltung:	AWEL, Abt. Luftreinhaltung
	Bauherrschaft:	privat
	Projektbeschreibung:	Aufbereitungsanlage für Beton- und Mischabbruch im Siedlungsgebiet
	Lage:	im Siedlungsgebiet
	Projektdauer:	20 Jahre

Transportspezifische Daten

Abbruchmaterial	30'000 t/a
Lastwagenfahrten	7'500 Fahrten/a
Gesamtweg	187'250 km/a
Abfälle	46 Fahrten/a
Gesamtweg	ca. 1'150 km/a
Gesamtweg	ca. 189'000 km/a

Bemerkungen: Die Transporte von und zur Anlage werden mittels 28 t Lastwagen erfolgen. Diese verfügen über eine Ladekapazität von 8 m³ (16 t). Die Fahrtenzahl umfasst auch die Leerfahrten (worst case: pro Ladung eine Leerfahrt). Der durchschnittliche Transportweg wird zu 25 km gerechnet. (Quelle «Aufbereitungsanlage für Beton- und Mischabbruch, UVB-Voruntersuchung vom Juli 1997»).

Emissionsberechnungen

	NOx	HC	Russ
Emissionsfaktor BUWAL 1986	10,79 g/km	4,0 g/km	0,27 g/km
Emissionen	2,039 t/a	0,756 t/a	0,051 t/a

Bemerkungen: Die Emissionsfaktoren gemäss BUWAL 1995 für das Jahr 1997 betragen: Durchschnitt X:AB, X:AO, X:IO für NOx 8,73 g/km, für HC 1,35 g/km, für Partikel 0,52 g/km

A5.3 Bauschutttaufbereitungsanlage und Umschlagplatz in Bubikon

**Projektspezifische
Daten**

Kanton: ZH
 Vollzug Luftreinhalteverordnung: AWEL, Abt. Luftreinhalteverordnung
 Bauherrschaft: Firma Grimm + Schmid AG, Grüningen
 Projektbeschreibung: Aufbereitungsanlage für Bauschutt
 Lage: Industriegebiet Bubikon
 Projektdauer:

**Transportspezifische
Daten**

Verarbeitungsmenge	24'150 m ³ /a
Verarbeitungsgewicht	38'850 t/a
Lastwagenfahrten	7'500 Fahrten/a
Fahrleistung	112'500 km/a

Bemerkungen: Das Muldenvolumen beträgt im Durchschnitt 10 m³. Die durchschnittl. Fahrdistanz beträgt beim An- und Abtransport 15 km. Der Leerfahrtenanteil beträgt 25%. Aus «Bauschutttaufbereitungsanlage und Umschlagplatz in Bubikon, UVB vom 23.4.1997»

Emissionsberechnungen

	NOx
Emissionsfaktor BUWAL 1995	0,1 X:IO + 0,5 X:AO + 0,4 X:AB = 8,11 g/km
Emissionen	0,9 t/a

Bemerkungen: Die Emissionen wurden auf der Basis von 1997 berechnet.

Anhang 6

Ressourcenplanung und Infrastruktur

A6.1 Materialbewirtschaftungskonzept

Massnahmenbeschrieb/ Ziele

Materialbewirtschaftungskonzepte dienen dem Aufbau von Stoffhaushaltungssystemen und verfolgen die folgenden **Hauptziele**:

- Maximale Wiederverwertung des Ausbruch- und Aushubmaterials
- Maximale Wirtschaftlichkeit
- Minimale Umweltbelastung
- Minimale Beeinträchtigung bestehender Verkehrswege

Die **Konzepte** sollen Auskunft geben über:

- die zu verwertenden Materialmengen
- die Zwischenlagerung
- die Deponierung
- die Transportlogistik

(Hierzu sind Checklisten empfehlenswerte Instrumente.)

Es sollen folgende notwendige Informationen berücksichtigt werden:

- Güterflussinformation zu den einzelnen Baustellen
- Physikalisch-chemische Eigenschaften des Ausbruch- und Aushubmaterials
- Verfahrenstechnische Angaben zum Ausbruch
- Geeignete Aufbereitungsanlagen und ihre Standorte
- Quantitative und qualitative Angaben zum Bedarf an Baumaterialien in der Region
- Angaben zu Deponiestandorten und Zwischenlagerkapazitäten in der Region
- Ökonomische Daten zu den einzelnen Prozessen

Die folgenden Datenquellen bzw. Messmethoden sollen zum Einsatz gelangen:

- Geologische und mineralogische Untersuchungen
- Produktequalitäten in Abhängigkeit der Ausbruchtechnik (Bohren, Sprengen, Hochdruckwasserstrahlfräsen bzw. -abbruch...)
- Dimensionierungen der Linienführung und zeitliche Angaben zur Bauplanung.

Es sollen folgende Rahmenbedingungen berücksichtigt werden:

- Baumaterialqualitäten nach heutigen Normen
- Deponierung gemäss gültigem Regelwerk (inkl. neue BUWAL Aushubrichtlinie)
- Heutiger Stand der Technik
- Präferentielle Transportwege

Die Materialbewirtschaftungskonzepte sollten weiterhin eine *Sensitivitätsanalyse* bzw. *Parametervariationen* enthalten (d.h. bei welchen Änderungen kann das Konzept «kippen»)

Sensitivitätsanalyse: Änderung der Systemvariablen bei x % Parameteränderung

Parametervariationen: Verhalten des Systems in Funktion/Abhängigkeit der Parameter (d.h. enthält viele Sensitivitätsanalysen).

Potential	Da der Verbrauch nicht erneuerbarer Rohstoffe und Ressourcen durch ein effizientes und verantwortungsvolles RESSOURCENMANAGEMENT minimiert werden muss, ist insbesondere das Ziel der Etablierung einer dauerhaften Kreislaufwirtschaft anzustreben. Ein wichtiges Instrument hierzu ist das Materialbewirtschaftungskonzept.
Beurteilung	Qualität der Eingangs-(INPUT)-Daten ist wesentlich für die Aussageverlässlichkeit des Konzeptes.

A6.2 Baustelleninfrastruktur

Im Vorfeld ist eine Differenzierung notwendig:

- Baustelle bzw. Baumassnahme auf
- gewachsenem, natürlichem Boden oder
- Altlast bzw. Altlastverdachtsfläche

A6.2.1 Baustellenvorbereitung

Massnahmenbeschrieb	<ul style="list-style-type: none">➤ Bei Gelände mit Gefälle sollte das Gelände möglichst frühzeitig geebnet werden➤ Einsatz von Materialrutschen, d.h. das Abraummateriale mit Raupen bzw. Reissern verschieben.
Potential	<ul style="list-style-type: none">➤ führt zu Energieeinsparungen beim laufenden Baustellenbetrieb.➤ wenn von den Materialeigenschaften her möglich
Beurteilung	Relativ intensiver Baumaschineneinsatz in der Vorbereitungsphase

A6.2.2 Baustelleneinrichtung

Massnahmenbeschrieb	<ul style="list-style-type: none">➤ Abschränkungen, Gerätetransport, Bauzufahrten/Transportpisten, Gerätereinigung ohne diffuse Emissionen, eventuell Arbeitsschutzmassnahmen➤ Im Falle einer Altlast: Eventuell Einrichtung eines «Schwarzbereiches» bzw. Einrichtung von Personen- und Fahrzeugschleusen sowie Einrichtung von Reifen-Waschanlagen, damit Fahrzeuge die Kontaminationen nicht verschleppen➤ Abstimmung von Beladekapazität und Transportkapazität. Kein Engpass beim Beladen der LKW (beim Warten laufen die Motoren)➤ Kreisverkehr auf Baustelle➤ Bei Gefälle Einsatz der Motorbremse vorschreiben➤ LKW mit Fahrtcomputern ausrüsten sowie Funk bzw. Mobiltelefon (Staumeldungen, Routenoptimierungen usw.)➤ LKW Logistik- bzw. Leitstelle (Koordination)
----------------------------	--

- Installation von elektrisch betriebenen Förderbändern auf Baustelle anstatt Lastwagenfahrten.
- Einsatz elektrisch betriebener Anlagen wie mobile Brecher, Klassierer usw.
- Prüfung des Einsatzes eines Muldenkonzeptes zur Optimierung des Transportaufwandes

Potential

Einsatz elektrisch betriebener Förderbänder (mobil, u.U. reversibel) anstatt LKW Transporte stellt ein markantes Potential dar. Gegenwärtig hat ihr Einsatz bei Ausschreibungen aus Kostengründen nur wenig Chancen [(a.) nur wenige Lieferanten/Anbieter von Förderbändern und damit hohes Preisniveau; b.) Transporte mit LKW werden billig angeboten]. Es sollte der Einsatz von Förderbändern in der Anfangsphase finanziell gefördert werden (Anschubfinanzierungshilfen, -subventionen), damit sich ein Anbietermarkt für Förderbänder entwickeln kann (Mieten, Leasen von Förderbändern), der zu günstigeren Konditionen diese Infrastruktur anbieten könnte.

Beurteilung

- Es müsste ein gedanklicher Turnaround stattfinden, d.h. diejenige Massnahme, die teuer ist, müsste gerade deshalb gegenüber den billigen LKW-Transporten aktiv gefördert werden, um ihre Etablierung am Markt zu ermöglichen.

A6.2.3 Baustellenorganisation

Massnahmenbeschrieb

- Die Baustellenorganisation und Baustellengrösse müssen aufeinander abgestimmt sein (räumliche Verhältnisse, Weiterführung des Betriebes...)
- Die Baustellenorganisation muss bekannt gemacht werden (z.B. Zufahrtspläne für Chauffeure)
- Das Bauprojekt ist zu gliedern, um Aushubmaterial möglichst vor Ort einsetzen zu können → Arbeitshilfe/Checkliste für den Bauherrn zur Umsetzung vor Ort
- Es sind Zwischenlager für die Triage (vor Ort Analytik) und Lagerung des Aushubmaterials zu schaffen
- Die Baurestmassen sollten direkt an Ort in Fraktionen aufgeteilt werden
- Die Lage der Materialdepots ist hinsichtlich der Minimierung der Anfahrtswege zu prüfen

Verwertung von Abbruch- und Aushubmaterialien vor Ort, Einsatz von Sekundärbaustoffen:

- Schadstoffe und Kornspektrum bestimmen die jeweils geeigneten Verfahren
- Es sind dekontaminierende und sichernde Verfahren zu unterscheiden (Durchsatzleistung, Energiebedarf)
- Abbruch- und Aushubmaterial ist durch Triagesachverständigen klassieren zu lassen (u.U. chargenweise notwendig! Einsatz u.U. von mobilen Labors)
- Abbruch- und Aushubmaterial vor Ort aufbereiten, um möglichst hohen Anteil wieder vor Ort einbauen bzw. verwenden zu können (mobile Wiederaufbereitungsanlagen, mobile Bodenwaschanlagen, Bodenbehandlungsanlagen, mobile thermische Bodenreinigungsanlagen bzw. Immobilisierung von Schadstoffen vor Ort, Einsatz biologischer Sanierungsverfahren vor Ort «on site»)

- Massenausgleich Aushub → durch z.B. Transporte in andere Abschnitte
- Vermeidung von Vermischung von belastetem mit unbelastetem Material

Herstellung von Ortsbeton anstatt Transportbeton

- Herstellung von Ortsbeton anstatt Transportbeton bzw. für die Betonlieferungen sollten Werke mit Materialzufuhr über Bahngleise bevorzugt werden
- Einsatz von Recyclingbeton und Recycling (RC)-Zuschlagstoffen
- Qualitätsanforderungen an die Recycling Baustoffe überprüfen
- Baustellen Q-Ueberwachung inkl. Laborkontrollen (Eigen- und Fremdüberwachung)

Bautransportverkehr

- Der Verkehr ist im Hinblick auf die Nachhaltigkeit eine besonders bedeutsame Aktivität und sollte daher optimiert werden
- Koordination Zu- und Wegtransporte, Nutzlastoptimierung
- Rushhours meiden für Massenguttransport (Möglichkeit der Schichtarbeit, des Schichtbetriebes prüfen: Abwägung von Mehrkosten wegen Lohnzuschlägen versus Kosten, die durch Wartezeiten in Staus entstehen (unter Berücksichtigung des Nachfahrverbotes).
- Bei Entsorgung: nächstgelegene Deponien bzw. Recycling- und Entsorgungsanlagen bevorzugen. Insbesondere Deponien bzw. Recycling- und Entsorgungsanlagen mit Bahnanschluss berücksichtigen
- «Hol- und Bringbetrieb» optimieren, d.h. als Kieslieferanten solche Kiesgruben wählen, die auch in der Grube ein Kompartiment zum Deponieren von Aushubmaterial haben
- Baumaschinen und Fahrzeuge regelmässig kontrollieren und warten. Über jedes Fahrzeug bzw. jede Maschine muss ein Logbuch über emissionsrelevante Arbeiten bzw. Messwerte geführt werden. Von Seiten des Kantons unangekündigte vor Ort Abgaskontrollen.

Belagsaufbereitung vor Ort

Belagsaufbereitung vor Ort zur Einsparung von Zuliefertransporten. Aber Belagsarbeiten können die massgeblichen Luftbelastungen während der Bauphase ausmachen. Für die Belags-Heissaufbereitung vor Ort ('Remixen') wurde ein Verbot erlassen für stark teerhaltige Strassenbeläge mit einem Benzo[a]pyren-Gehalt von mehr als 50 ppm (Schweizer Norm SN.640 741).

Potential

- Verwertung von Abbruch- und Aushubmaterialien vor Ort, verstärkter Einsatz von Sekundärbaustoffen ist massgeblich abhängig von der Akzeptanz und einer effizienten Qualitätssicherung inkl. Fremdüberwachung. Potentielle Kunden erwarten auch oftmals markante Preisvorteile von Recyclingbaustoffen gegenüber konventionellen Baustoffen, was in der Praxis nicht zutreffen muss.
- Mobile Bodenwaschanlagen, Bodenbehandlungsanlagen und mobile thermische Bodenreinigungsanlagen haben eine 'BEP' Break Even Point (Mindestmaterialmenge zur Deckung der Transport- und Installationskosten der mobilen Anlage). D. h. bei Erfüllung einer bestimmten Mindesttonnage sollte ihr Einsatz zwingend

vorgeschrieben werden. Aber auch hier gilt, dass Transporte von der Baustelle weg zu Deponien bzw. Behandlungs- und Entsorgungsanlagen sehr billig angeboten werden.

- Einsatz biologischer Sanierungsverfahren vor Ort «on site» stellt eine effiziente Möglichkeit dar, Transporte einzusparen, setzt aber neben einem für diese Sanierung geeignetem Schadstoffspektrum (überwiegend Kohlenwasserstoffe) und geeigneter Bodenbeschaffenheit (locker, nicht siltig, lehmig) genügend Platz und Zeit für die Sanierungsmassnahme voraus.
- Die Immobilisierung von Schadstoffen vor Ort sollte vermehrt zum Einsatz kommen können
- Der Massenguttransport per Schiff sollte wieder vermehrt zum Einsatz kommen (z.B. Kies aus dem Elsass auf Rhein, Entlad und Transport via gedecktem Förderband ins Betonwerk wie z.B. in Birsfelden).
- Die Belagsaufbereitung vor Ort ist eine wirkungsvolle Massnahme zur Reduzierung des Zulieferverkehrs. Da die Heissaufbereitung von stark teerhaltigen Ausbauasphalt aus arbeitshygienischen und/oder Umweltschutzgründen verboten ist, sollte die Kaltaufbereitung forciert werden oder Zudosierung von Binder- bzw. Adsorbensmaterial zur Unterdrückung der Emissionen geprüft werden.

Beurteilung

- Strassentransporte werden konkurrenzlos (zu) billig angeboten
- «Argumente-Lobbying» von Interessengruppen (z.B. Transportunternehmer argumentieren, dass der Koordinationsaufwand zur Optimierung des Leerfahrtenanteiles zu hoch sei im Vergleich zur Wirkung. Müsste kritisch überprüft werden).
- Bei der Deponierung bzw. Entsorgung besteht ein starkes Preisgefälle, so dass Lieferungen über weite Distanzen zum Entsorgungsort aufgrund der billigen Transportpreise durchgeführt werden. Es sollten zumindest Deponien bzw. Entsorgungsanlagen mit Gleisanschluss bevorzugt werden (Bonussystem).
- Bei der Forderung nach Herstellung von Ortsbeton anstatt Transportbeton spielen u.U. unternehmensinterne Leistungserbringungsprozesse die ausschlaggebende Rolle (Betriebswirtschaft versus Ökologie!)

A6.2.4 Baustellenüberwachung

Massnahmenbeschrieb

- Adaption eines Baustellen-Umweltmanagementsystemes
- Einsetzung einer ökologisch ausgerichteten Baubegleitung
- Messtechnische Überwachung

Potential

- Erheblich, weil technische Massnahmen nur wirken, wenn sie einwandfrei funktionieren.

Beurteilung

- Notwendig, damit das Potential der übrigen angeordneten Massnahmen auch realisiert wird.

Insbesondere bei technischen Massnahmen zeigen die Erfahrungen, dass Kontrollen wichtig sind, und 30–50% der Anlagen beanstandet werden müssen.

Anhang 7

Fahrzeuge und Treibstoffe

A7.1 Motorische Massnahmen

Massnahmenbeschrieb

Einsatz von Lastwagen, welche den neusten geltenden Abgasvorschriften entsprechen.

Ab 1.10. 2000 gilt in der EU die Abgasnorm «EURO 3» für Lastwagen (Beschluss des Europ. Parlamentes). Zurzeit ist die gesamte Lastwagenflotte in der Schweiz folgendermassen zusammengesetzt: Zulassung vor 1993: 50%; Zulassung 1993-1996: 20% (EURO 1); Zulassung 1996-2000: 30% (EURO 2). Zulassungen 2000 (Prognose der ASTAG): Ca. 75% EURO 3. Bei den Kippnern, welche vor allem auf den Baustellen zum Einsatz kommen und nicht so grosse Fahrtleistungen erbringen, entspricht der Mix gegenüber dem Durchschnitt einer älteren Zusammensetzung.

Nachrüstung von Lastwagen mit Partikelfilter

Es existiert eine Liste bestehender Nachrüst-Systeme von A. Mayer, Firma TTM (ohne Kostenangaben). Im Nationalrat wurde ein Postulat überwiesen (Postulat Stump), welches für alle schweren Nutzfahrzeuge die Nachrüstung mit Partikelfiltern verlangt. Das BUWAL erarbeitete einen Bericht, welcher die technischen Grundlagen zur Nachrüstung grosser Fahrzeugflotten enthält [BUWAL 2000 d] (Kosten, Randbedingungen, Praxis, Überprüfung).

Potential

Die Reduktion der NO_x-, Partikel- und CO₂-Emissionen für die ganze Schweiz in t/a und für einzelne Projekte in % kann ausgehend von den Gesamtemissionen (Kapitel 1.2.2) und den Emissionsfaktoren gemäss [BUWAL 1999 b] berechnet werden. Das berechnete Potential in t/a für die ganze Schweiz ist hypothetisch, weil davon ausgegangen wird, dass alle Lastwagen durch solche der EURO 3-Norm ersetzt werden. Die prozentuale Reduktion findet hingegen tatsächlich statt, wenn für ein Projekt solche Lastwagen verlangt werden.

Emissionsreduktion/ Massnahme/Bezugsjahr	2000 (EURO 3)		
	[t/a] bzw. %		
	NO _x	Partikel	CO ₂
a) Einsatz von EURO 3-Fahrzeugen	2'326 (47%)	158 (69%)	5517 (1%)
b) Nachrüstung mit Partikelfilter		206 (90%)	

Beurteilung

- Praktikable, vor allem in Wohngebieten wirksame Massnahme
- Positive Synergie mit der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA), weil sauberere Lastwagen (EURO 2) weniger stark belastet werden (1.4 statt 2.0 Rp. / t*km)
- Die Kosten für die grossflächige Nachrüstung von Lastwagen mit Partikelfiltern wurden vom BUWAL ermittelt [BUWAL 2000 d] und liegen heute zwischen Fr. 6'600 und 14'500 pro System (Fixkosten).
- Die Massnahme würde begünstigt durch Synergien mit steuerlichen Anreizen (Motorfahrzeugsteuer, LSVA)

- Beispiele**
- Neubaustrecke Bahn 2000 Mattstetten–Rothrist: Gemäss Plangenehmigungsvorschrift wird EURO 2 für die auf der T1 verkehrenden Transportfahrzeuge, Abschnitt Langenthal-Wynau-Hungerzegg verlangt (Quelle Plangenehmigungsverfügung des UVEK vom 28.7.1999)
 - z.B. Airport 2000. Geltende Abgasvorschrift wird verlangt (Technology-Forcing) (Quelle: Materialbewirtschaftungs- und Baulogistikkonzept, Umweltbericht vom 14. November 1997, Seite 7)
 - Div. Verkehrsbetriebe haben ihre Dieselbusse mit Partikelfiltersystemen nachgerüstet (z.B. Verkehrsbetriebe Zürich VBZ)
 - Ein Kieswerk hat seinen Fuhrpark mit Partikelfiltersystemen ausgerüstet (KI-BAG AG, Quelle Amt für Umweltschutz des Kt. Zug)

- Erfolgskontrolle**
- Selbstdeklaration des Unternehmers und Stichprobenkontrollen durch den Umweltbeauftragten der Bauherrschaft
 - Überprüfung der Wirkungsgrade der Filter mit Messungen (Opazimetrie)

A7.2 Verwendung von schwefelarmen oder schwefelfreien Dieseltreibstoffen

Massnahmenbeschrieb Schwefelfreier Dieseltreibstoff enthält einen maximalen Schwefelgehalt von 10 ppm. Seit dem 1.1.2000 darf der Schwefelgehalt im Diesel max. 350 ppm betragen (vorher 500 ppm), ab dem Jahr 2005 max. 50 ppm. Die nochmalige Verschärfung steht im Zusammenhang mit der vorgesehenen Vorschrift EURO 4 auf diesen Zeitpunkt. Solcher Treibstoff ist heute schon erhältlich (< 50 ppm). Dieseltreibstoff mit einem max. Schwefelgehalt von 10 ppm ist von mehreren Anbietern erhältlich. Eine steigende Nachfrage und eine eigene Infrastruktur (Tanks) zur Vermeidung von Vermischungsproblemen bei den Bau- und Transportunternehmungen tragen zur Verbesserung der Versorgungssicherheit bei.

- Potential**
- Reduktion der Partikelemissionen abhängig vom Schwefelgehalt [BUWAL 1999 c]
 - Reduktion der Schwefeldioxidemissionen proportional zur Senkung des Schwefelgehaltes

- Beurteilung**
- Massnahme ist notwendig für den ordnungsgemässen Betrieb der Partikelfiltersysteme
 - Raffinerie muss umgestellt werden
 - Mehrpreis für schwefelarmen Dieseltreibstoff zurzeit Fr. 3.50 pro 100 kg Treibstoff, für schwefelfreien Dieseltreibstoff zwischen 0 und Fr. 6.– pro 100 kg.

- Beispiele**
- Verhandlungen zwischen dem Kt. Uri und der Alptransit AG (Baustellen der NEAT)
 - Verhandlungen zwischen dem Kt. Zürich und der Flughafen-Immobilien AG (Airport 2000)

A7.3 Verwendung von Lastwagen mit Erdgas oder Flüssiggas

Massnahmenbeschrieb	Die HerstellerInnen von Nutzfahrzeugen bieten gasbetriebene Fahrzeuge für Spezialzwecke (Kehricht-Sammeldienst im Ausland bei Verwendung von Deponiegas) an. In Basel wurde eine Studie über den Einsatz von gasbetriebenen Bussen durchgeführt [BUWAL 1998]. Obwohl die Emissionsbilanz solcher Nutzfahrzeuge sehr günstig ist, konnten sie sich bisher in der Schweiz nicht durchsetzen. Aus logistischen Gründen sind die erdgasbetriebenen Nutzfahrzeuge auf einen Einsatz von 300 km pro Tag begrenzt. Für einen vermehrten Einsatz wäre ein flächendeckendes Tankstellennetz notwendig.
Potential	Moderne Erdgasmotoren unterschreiten die EURO 5-Vorschrift (vorgesehen ab dem Jahr 2009) schon heute bei weitem.
Beurteilung	<ul style="list-style-type: none">➤ Massnahme ist in besonders belasteten Gebieten (Stadtzentren usw.) sinnvoll.➤ Der Einsatz im <u>Bautransportverkehr</u> ist nach Auskunft einer Fachperson eher nicht geeignet➤ Mehrinvestition ca. 20'000–40'000 Fr. für das Fahrzeug➤ Infrastruktur (Tankstellen) sind nur vereinzelt vorhanden➤ Ohne steuerliche Bevorzugung wird sich der Erdgasmotor nicht durchsetzen
Beispiele	Keine im <u>Bautransportverkehr</u> , aber einzelne Beispiele aus dem <u>Güterverkehr</u>

A7.4 Energiesparsame Fahrweise

Massnahmenbeschrieb	<i>Absolvierung der Kurse des ASTAG für wirtschaftliche und umweltfreundliche Fahrweise durch die LastwagenführerInnen.</i> Es handelt sich um ein Energie 2000-Angebot mit dem Ziel, einer möglichst grossen Zahl von Berufsfahrern die Eco-Fahrweise im Alltags- und Berufsleben näher zu bringen.
Potential	Es wird mit einer Reduktion des Treibstoffes bis zu 15% gerechnet und proportional dazu eine entsprechende Reduktion der Schadstoffe.
Beurteilung	Es handelt sich um eine wertvolle und kostengünstige Massnahme, welche dem Optimierungsgedanken insgesamt weiter hilft. Mit der Einführung der LSVA wird das Prinzip weiter an Bedeutung gewinnen.
Beispiele	Bis Ende 1998 haben 640 Nutzfahrzeug-LenkerInnen, darunter auch solche aus der Kategorie der Bautransporte den Kurs absolviert.

Anhang 8 Ausschreibung

A 8.1 Verlangen von saubereren Transportflotten im Rahmen der Submission von Bauarbeiten der öffentlichen Hand und privater Bauherrschaften

Massnahmenbeschrieb	<i>Neuste Fahrzeugkonzepte (EURO 3), Nachrüstung mit Partikelfilter und sauberere Treibstoffe werden bei der Ausschreibung verlangt</i> Diese Massnahmen werden bei der Ausschreibung oder im Devis als Vorgaben unter «Besondere Bestimmungen» genau festgelegt.
Potential	Es handelt sich um die Sicherstellung der Wirkung der Massnahmen A.7.1 bis A.7.4 mit einem hohen Potential zur Schadstoff-Reduktion
Beurteilung	Die Massnahme ist auch in bezug auf andere ökologische Aspekte bei der Vergabe der öffentlichen Hand aktuell. Es liegt in der Macht des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin, das heisst im Falle von Infrastrukturbauten der öffentlichen Hand, die Massnahme auch umzusetzen.
Beispiele	In mehreren Kantonen wird bei Hochbauarbeiten das sog. Eco-Devis [CRB 1999] in die Ausschreibung einbezogen.

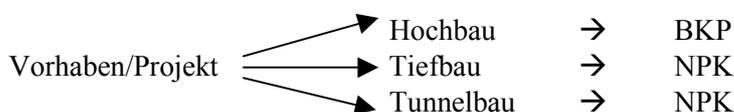
Anhang 9

Was die Zukunft bringen könnte

A9.1 Einbezug in den NPK Normpositionenkatalog Bau und 'eco devis'

A9.1.a Normpositionenkatalog NPK

Zur Charakterisierung von Bauabläufen im Hoch- und Tiefbau haben sich in der Schweiz heute zwei unterschiedliche Systematiken eingebürgert:



BKP = Baukostenplan, v.a. im Hochbau gebräuchlich

NPK = Normpositionenkatalog, v.a. im Tiefbau und Tunnelbau verwendet

Der NPK ist die genormte Grundlage der schweizerischen Bauwirtschaft für die Erstellung von Leistungsverzeichnissen (Ausschreibungstextmodule bzw. Vorgaberahmen).

A9.1.b 'eco devis'

Zur Reduzierung der Umweltbelastungen durch Bautätigkeiten und zur Förderung der Nachhaltigkeitsanstrengungen der Bauwirtschaft wurde 1998 der Trägerverband 'eco-devis' gegründet, dem insbesondere öffentliche Bauherrschaften aber auch private Bauträger angehören. Der 'eco-devis' ist ein ökologisch ausgerichteter Ausschreibungstext [CRB 1999]. Die ökologisch interessanten Positionen im NPK werden gekennzeichnet und in einer Zusatzdatei zusammengefasst. Bei Ausschreibungen können diese herangezogen werden mit dem Ziel, ökologischere Bauleistungen zu wählen.

Da der Verkehr im Hinblick auf die Nachhaltigkeit emissionsmindernder Massnahmen eine zentrale Aktivität darstellt, sollte eine Weiterentwicklung des NPK unter Einbezug der Transporteffizienz geprüft werden. Dies könnte entweder durch eigene Module/Bausteine im NPK erfolgen (beispielsweise unter 'NPK 102 D/89: Informationen und besondere Bestimmungen') oder durch ein dem 'eco-devis' entsprechendes Instrumentarium. So könnten die lufthygienischen Zielsetzungen bereits in die Ausschreibungen einfließen bzw. deren Umsetzung vorangetrieben werden.

Massnahmenbeschrieb

Das folgende Beispiel einer Grossbauherrschaft zeigt ein mögliches Konzept zur «Emissionsbegrenzung auf Baustellen» und umfasst die folgenden Aspekte:

- Projektintegrierende Umweltschutzmassnahmen sollen im Bauprojekt als Grundlage für die Ausschreibung, die Baustellenausführung, die Benützung der Anlagen und den Rückbau von temporären Anlagen am Ende der Bauphase detailliert dargelegt und begründet werden.
- Umweltschutzmassnahmen gemäss Bauprojekt und insbesondere Checklisten sollen verbindlich für die Ausschreibungen festgelegt werden.
- Die Organisation, Aufgaben und Kontrollmöglichkeiten einer Umwelt-Bauleitung sind verbindlich zu beschreiben (z.B. als «Umweltmanagement in der Ausführungsphase»).

Es sind zu diesem Zweck die folgenden Massnahmenpakete vorgesehen. Diese umfassen sowohl organisatorische wie auch technische Massnahmen des On-Road wie auch Off-Road Bereiches:

1. Staubbekämpfung
2. Reduktion der Motorischen Emissionen
3. Produktewahl

1. Schutz gegen Staub

- LKW Rad-Waschanlagen
- Waschen, Benetzen bzw. Wischen sobald Verschmutzung festgestellt ist
- Unbefestigte temporäre Baupisten mit viel Feinmaterial fixieren bzw.
- Asphaltieren
- Bei offenen, abhumusierten Flächen, Lagerflächen soll nur soviel abhumusiert werden, wie gerade benötigt wird und Lagerflächen sollen evtl. begrünt werden (ohne Humus)

Bei Ausbruchmateriallagern sind

- offene Lager mit Wasserberieselungsanlagen zu versehen
- Förderbänder vollständig einzuhausen
- der Förderbandabwurf je nach Haufengrösse/-höhe variierbar einzurichten (möglichst tief bzw. mit geringer Windexposition und kleinem freien Fall)

Strassenreinigung

- tägliche Reinigung der von Baustellenfahrzeugen verschmutzten Strassen und Baupistenbereiche innerhalb und ausserhalb der Baustelle.
- der gesamte *Bautransportverkehr* muss über Pneuwaschanlagen geführt werden, die in jeder Zufahrt montiert werden müssen, bevor er auf Gemeinde- oder Kantonsstrassen einbiegen darf.

2. Baustelleneinrichtungen: Motorische Emissionen

Maschinen und Fahrzeuge

- haben sicherheitstechnisch und abgastechnisch auf dem neuesten Stand zu sein. Dazu sind die folgenden Massnahmen von Bedeutung:
- Für Dieselmotoren
- Der Unternehmer muss die Emissionen der Motoren regelmässig prüfen und nachweisen
- Oberflächentemperatur einschliesslich Auspuffanlage ≤ 150 ° C
- Tanken nur an Betankungsanlagen
- Ausrüstung mit tragbaren Handfeuerlöschgeräten
- Um die MAK-Werte bezüglich Russpartikel und Gasen in der Luft einhalten zu können, sind die Abgase durch Partikel- und Rauchgasfilter in der Auspuffanlage zu reinigen.

Alle stationär betriebenen Geräte sind mit elektrischen Antrieb auszurüsten und zu betreiben (z.B. Hebebühnen, Elektromotoren für den Arbeitsbetrieb)

Geräte und Einrichtungen

- Die eingesetzten Einrichtungen, Baumaschinen und Geräte müssen dem neuesten Stand der Technik entsprechen
- Der Unternehmer hat durch ein geeignetes Wartungs-, Unterhalts- und Reparaturkonzept mit entsprechender Lagerhaltung und /oder Reservegeräten sicherzustellen, dass der Bauherrschaft durch Unterbrüche keine Mehrkosten entstehen.
- Der Unternehmer hat in seinem Technischen Bericht (Vertragsbestandteil) eine vollständige Geräteliste für sämtliche auf der Baustelle eingesetzten Maschinen, Fahrzeuge und Geräte (auch Kleingeräte) gemäss Musterformular einzureichen, die nicht nur Herstellungsjahr usw. sondern auch gerade deren Ausrüstung mit Katalysatoren, Filtern usw. aufzeigt.

Dieselbetriebene Maschinen, Geräte und Fahrzeuge (OffRoad)- Bereich

- Ausstattung mit Partikelfiltern gemäss BUWAL-Partikelfilterliste
- Einhaltung der EU-Emissionsgrenzwerte Stufe 1 gemäss EU-Richtlinie 97/98/EG. Die Grenzwerte gelten für alle dieselmotorbetriebenen Ladegeräte sowie Geräte zum Transport von Ausbruchmaterialien.

Die Lastwagen des Bautransportverkehrs (Betonmischer, Dumper usw.) müssen, obwohl sie nicht auf der Strasse zum Einsatz kommen, die Grenzwerte des Onroad-Bereiches (EURO2) einhalten.

Der Unternehmer hat in seiner Geräteliste folgende zusätzliche Angaben zu machen:

- Motorenart und Motorenleistung, Zulassungstest bzw. Typenprüfung, Partikelfiltertyp.

Die Ausstattung der Baumaschinen mit Partikelfiltern ist allenfalls direkt mit den Filterlieferanten abzuklären. Auch Aufsteckfilter sind möglich. Für den Betrieb von mit Partikelfiltern ausgerüsteten Maschinen ist schadstoffärmer Dieseltreibstoff zu verwenden.

Für benzinbetriebene Fahrzeuge gilt:

- Ausrüstung sämtlicher Fahrzeuge mit Katalysatoren, Angabe in der Geräteliste

Onroad Bereich

Einhaltung der Grenzwerte EURO2 für Fahrzeuge des Bauwerkes, auch diejenigen mit kurzer Einsatzzeit.

Unter den Bautransportverkehr fallen Transporte von Lockermaterial (Aushub, Schotter, Kies..) und Belag. Für Transportfahrzeuge des übrigen Lieferverkehrs bestehen keine speziellen Auflagen.

Unterhalt und Reinigung

Pisten ohne Belag sind durch Bewässern so zu unterhalten, dass keine Behinderung oder Staubemissionen entstehen.

Die Fahrzeuge dürfen nur im gereinigten Zustand die öffentlichen Strassen befahren

3. Produktewahl

Spezielle Ausführungs- und Qualitätsvorschriften

➤ Staubunterbindung

Die von der SUVA festgelegten Grenzwerte in Bezug auf Staubbelastung sind überall jederzeit einzuhalten.

➤ Spritzbeton

Aufgrund der Umweltauswirkungen darf nur Spritzbeton mit alkalifreien Beschleunigern verwendet werden. Es ist wenn immer möglich das Nassspritzverfahren dem Trockenspritzverfahren vorzuziehen.

➤ Strassenbeläge

Für den Einbau von Bitumenstrassenbelägen sind nur «bituminöse Emulsionen» erlaubt. Nur nach Rücksprache sind auch ggf. «bituminöse Lösungen» zugelassen. Prüfkontrolle an Endkomponenten: Baustellen Vorversuche, Kontrollplan, Normen, Vorgabe zu Laboreinrichtungen.

➤ Betriebsstoffe und Schmiermittel

Es ist ausschliesslich leichtabbaubarer, schwefelarmer Diesel ($S < 0.005\%$) zu verwenden. Dem Unternehmer wird hinsichtlich der Lebensdauer der geforderten Rauchgas- und Partikelfilter empfohlen, Dieseltreibstoff mit $S < 0.001\%$ zu verwenden.

Potential	Bei einer konsequenten Umsetzung handelt es sich hierbei um ein Vorbeugungs-, Sicherungs- und Überwachungskonzept mit hohem Potential für nachhaltige Emissionsminderungen, insbesondere wenn auch künftig die Transporteffizienz miteinbezogen würde.
Beurteilung	Vollzug bzw. Umsetzung und Überwachung sind aufwendig. Es handelt sich hierbei um ein Massnahmenpaket, das sich insbesondere auf die Eigenverantwortung der Unternehmer abstützt.

A9.2 Einbezug von Luftreinhaltungsmassnahmen beim Baurtransportverkehr in Bau-Umweltmanagementsysteme

Massnahmenbeschrieb/ Ziele	<p>Der Einbezug von Luftreinhaltungsmassnahmen beim <i>Baurtransportverkehr</i> als nachhaltige Massnahme in Bau-Umweltmanagementsysteme soll als <i>Entwicklungsstrategie</i> vorangetrieben werden (siehe auch [SIA 1999]):</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nachhaltigkeit soll als Bestandteil des Qualitätsmanagements integriert und umgesetzt werden. ➤ Nachhaltigkeit soll bereits in der strategischen Planung Einfluss nehmen. ➤ Nachhaltigkeit soll auf der Projekt- bzw. Produktebene wie auch auf der Unternehmensebene gelebt werden. ➤ Die Anpassung des technischen Niveaus soll laufend an die Erfordernisse der Nachhaltigkeit erfolgen.
---------------------------------------	--

Instrumente:

Periodische koordinierte Zielsetzungen → Aktionspläne → Überwachung → Berichterstattung → Umweltcontrolling → Erfolgskontrolle

Handlungsfelder im Sinne direkter und indirekter Einflussnahme auf die Nachhaltigkeit der Minderungen der Baurtransportverkehrsemissionen durch:

- Erarbeitung von organisatorischen, rechtlichen und Managementinstrumenten wie beispielsweise Richtlinien, Normen, Kenn- und Zielwerten
- Spezifikation von Produkten (z.B. verbesserte Treibstoffe, Verbrennungshilfen, NOx-reduzierende Agenzien...) und Verfahren
- Informationsverbreitung und Erfahrungsaustausch (Kommunikation)
- Bekanntmachen der Baustellenorganisation
- Förderung von Innovationen
- Sensibilisierung der Beteiligten
- Aus- und Weiterbildung sowie Qualifizierung von Fachleuten
- Messtechnische Überwachung und Reporting
- Controlling der Massnahmen

Potential	Das Potential kann erheblich sein, ist aber stark abhängig von der Art der Umsetzung. Das Baustellen-Umweltmanagementsystem darf nicht nur «Paperwork» sein.
Kritische Randbedingungen	Zielkonflikt: Umsetzung versus (kurzfristige) «Wirtschaftlichkeit»

A 9.3 Steuerliche Begünstigung von saubereren Transportfahrzeugen und Treibstoffen

Massnahmenbeschrieb	<p><i>Sauberere Treibstoffe und die Nachrüstung mit Partikelfilter werden steuerlich begünstigt</i></p> <ul style="list-style-type: none">➤ Schwefelfreier Dieseltreibstoff: Verringerung des Treibstoffzollzuschlages in der gleichen Höhe wie die Mehrkosten für den saubereren Treibstoff betragen➤ Erdgasbetriebene Nutzfahrzeuge und Fahrzeuge mit einem nachgerüsteten Partikelfilter werden bei der LSVA und bei den kantonalen Motorfahrzeugsteuern begünstigt.➤ Die Massnahme soll in die Ausgestaltung der LSVA einfließen. Im weiteren ist sie in die periodischen Anpassungen der kantonalen Motorfahrzeugsteuern einzubeziehen.
Potential	<p>Es handelt sich um eine Lenkungsmassnahme mit einem mittelfristig hohen Potential zur Schadstoffreduktion durch die schnellere Modernisierung der Lastwagenflotten.</p>
Beurteilung	<p>Die Massnahme ist zurzeit aktuell, weil die LSVA zurzeit in der amtsinternen Ausgestaltung steckt.</p>
Beispiele	<p>Kt. Luzern: Emissionsabhängige Motorfahrzeugsteuer</p>

A 9.4 Auswirkungen der LSVA

Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) ist auf den 1.1.2001 in Kraft getreten. Die Abgabe beträgt 1.4–2.0 Rp. pro Tonnenkilometer, wobei das Gesamtgewicht zählt. Die Abgabe ist abgestuft nach Abgasminderungskonzept, wobei EURO 2-Lastwagen 1.4 Rappen (bis 2005) und Lastwagen mit Zulassung vor 1993 2 Rappen bezahlen müssen. Es wird damit gerechnet, dass die letzteren rasch aus dem Flottenpark verschwinden.

A 9.5 Auswirkungen des Landverkehrsabkommens

Mit der Zulassung von Nutzfahrzeugen mit einem Gesamtgewicht von 40 Tonnen ist auch im Bautransportverkehr mit einer Verbesserung der Transporteffizienz zu rechnen. Zudem handelt es sich dabei häufig um Fahrzeuge neuester Bauart, welche dem neusten Abgaskonzept EURO 3 entsprechen. Fachleute rechnen damit, dass sich diese Fahrzeuge im Mittelland durchsetzen, während im Berggebiet weiterhin Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von 28 Tonnen vorkommen werden.