

20. Diskussionsforum Ökobilanzen, 19. September 2003
ETH Zürich / Session „Metalle“

Einführung

Hans-Jörg Althaus

Eidgenössische Materialprüfungs- und -forschungsanstalt (EMPA)
Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit (ZEN)

hans-joerg.althaus@empa.ch



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Folie 1

Präsentation Hans-Jörg Althaus



Beteiligte

- Verantwortliches Institut: EMPA, Dübendorf
Hans-Jörg Althaus, Mischa Classen, Silvio Blaser
- Weitere Beiträge von: esu-services
Niels Jungbluth
- Finanzierung durch BUWAL, ASTRA, EMPA



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Folie 2

Präsentation Hans-Jörg Althaus



Hauptunterschiede zu ÖvE3

- Berücksichtigung der Ressourcenqualität
- neue Landnutzung
- Metainformation
- Berücksichtigung von Schlacken, Filterstäuben, Bergen und „Tailings“
- Material und Verarbeitung separat



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Metalle in ecoinvent

- Eisen und Stahl
- Aluminium
- Kupfer / Molybdän
- Nickel / Ferronickel
- Chrom/ Ferrochrom
- Mangan / Ferromangan
- Platingruppenmetalle (PGM)
- Andere (Blei / Zink, Zinn, Bronze, Messing)
- Verarbeitung



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Workshop

- Kupfer / Molybdän (Mischa Classen)
- Eisen / Stahl (Hans-Jörg Althaus)
- Diskussion



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



20. Diskussionsforum Ökobilanzen, 19. September 2003
ETH Zürich / Session „Baumaterialien“



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Buntmetalle

Mischa Classen

Eidgenössische Materialprüfungs- und -forschungsanstalt (EMPA)
Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit (ZEN)

classen.mischa@gmx.ch

Folie 1

Präsentation Mischa Classen



Inhalt

- Buntmetalle in ecoinvent
- Hauptunterschiede zu ÖVE3
- Datenquellen
- Kupfer / Molybdänit: Aufbau der Kette
- Ausgewählte Resultate



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Folie 2

Präsentation Mischa Classen



Buntmetalle in ecoinvent



- Nickel, Platingruppenmetalle, Kupfer, Molybdän, Chrom, Blei, Zink, Zinn
- Verarbeitung: Schweissen, Walzen, Rohr und Draht ziehen, Strangguss
- Hilfsmodule: Tailings (Abraumhalden), Schlackenentsorgung, Infrastruktur
- Anwendung: Meist in Legierungen als Ferrolegierung (Ferrochrom, Ferronickel, Ferromangan)
- Metainformationen „General Comment“

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Hauptunterschiede zu ÖvE3



- Einbezug von Abganghalden (tailings)
- Konsequent als Multi-Output Prozesse modelliert (Allokation nach ökonomischem Ertrag ausser für Ressource)
- Grössere Belastung gegenüber ÖvE3
 - Kupfer bei UBP + 57%
 - Kupfer bei $El_{H,A}$ + 97%
- Grösserer Stellenwert von Materialien (Infrastruktur) gegenüber dem Betrieb (Energie)

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Datenquellen

- Stoff- & Energiedaten
 - Daten für Deutschland 1994 (Krauss et al. 1999)
 - Generelle Daten zu Prozess (Ayres et al. 2002)
- Flächenbedarf
 - Artikel in *Erzmetall* (Martens et al. 2002)
- Prozessemissionen BAT-Reports von ICPP
 - Kupfer (Rentz et al. 1999)
 - Abbau und Aufbereitung (IPPC 2002)



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Kupfer: Aufbau der Kette

- Regionaler Konsummix von Kupfer als Ausgangspunkt
- Kennwerte:
 - Importiertes Primärkupfer **19%**
 - Regionales Primärkupfer **13%**
(importiertes Kupferkonzentrat)
 - Regionales Primärkupfer **24%**
(regionales Kupferkonzentrat)
 - Regionales Sekundärkupfer **22%**
 - Recyklierter Kupferschrott **22%**

= 44%



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Kupfer: Aufbau der Kette

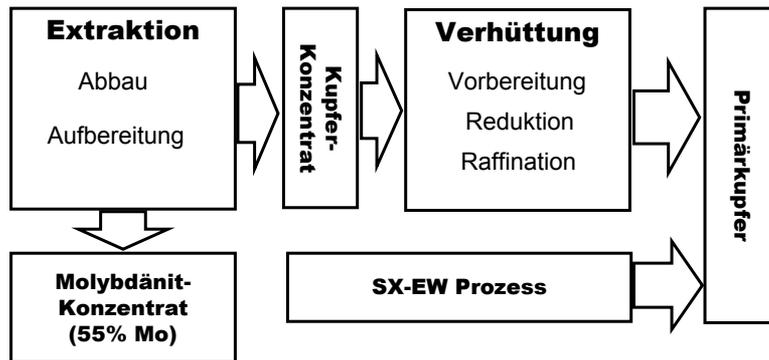


Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



- Primärkupfer, ab Fabrik



Folie 7

Präsentation Mischa Classen



Kupfer: Verhüttung



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



- Technologie:
 - verschiedene **pyrometallurgische** Verfahren
 - Unterschiedliche Emissionsfaktoren
- Regionen
 - unterschiedlicher Kupfergehalt im Rohstoff
 - Spezifischer Technologiemix
 - Spezifische Abgasreinigung
- Regionale Produktionsmixe in ecoinvent

Folie 8

Präsentation Mischa Classen



Kupfer: SX-EW



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



- Solvent-Extraction / Electrowinning (SX-EW) ist ein **hydrometallurgisches** Verfahren
- Nur bei oxidischen Erze, sulfidische müssen vorgängig geröstet werden
- Beinhaltet Extraktion, Aufbereitung und Gewinnung in einem
- Kupfer wird mit Säuren aus Erz gelöst
- Ca. 10% der weltweiten Produktion
- Gekennzeichnet durch
 - Hoher Elektrizitätsbedarf
 - Hoher Flächenbedarf bedingt durch Laugung
 - Geringere Ansprüche an Roherzqualität

Folie 9

Präsentation Mischa Classen



Kupfer: Erzgewinnung



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



- Abbau
 - >90% sulfidische Erze, >10% oxidische Erze
 - Immer geringere Kupfergehalte in Vorkommen (1%w)
 - 30% Untertagbau, Rest Tagbau mit steigender Tendenz
- Aufbereitung
 - Erz wird fein gemahlen
 - In Wasser mit Chemikalien von unerwünschtem Gestein getrennt
- Problempunkte
 - Einsatz von Cyanid (sulfidische Erze)
 - Einsatz von organischen Chemikalien
 - Tailings: Abganghalden (deponierter Gesteinsschlamm)
 - Landverbrauch durch Tagbau / Laugenhalden

Folie 10

Präsentation Mischa Classen



Kupfer: Allokation Koppelprodukt



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



- 54% des Molybdäns stammt aus Kupfer-Molybdän-Porphyr Minen
- Zwei gekoppelte Produkte aus Erzabbau
 - Kupfer-Konzentrat
 - Molybdänit-Konzentrat (Koppelprodukt)
- Erzabbau ist als Multioutput-Prozess formuliert
- Allokation nach ökonomischen Kriterien (Marktwert x Output)
- Kleiner Molybdänit-Anteil im Output: 1.5 kg Mo-Konz / t Cu-Konz
- Aufteilung der gesamten Umweltbelastung
 - Molybdenit-Konzentrat = 1% US\$ 3'188 / t x 5.3 kg
 - Kupfer-Konzentrat = 99% US\$ 522 / t x 3'480 kg
- Wegen Marktpreis erhält Molybdänit-Konzentrat dennoch eine höhere Belastung pro Einheit (kg), wie Kupfer-Konzentrat

Folie 11

Präsentation Mischa Classen



Molybdänit als Hauptprodukt



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



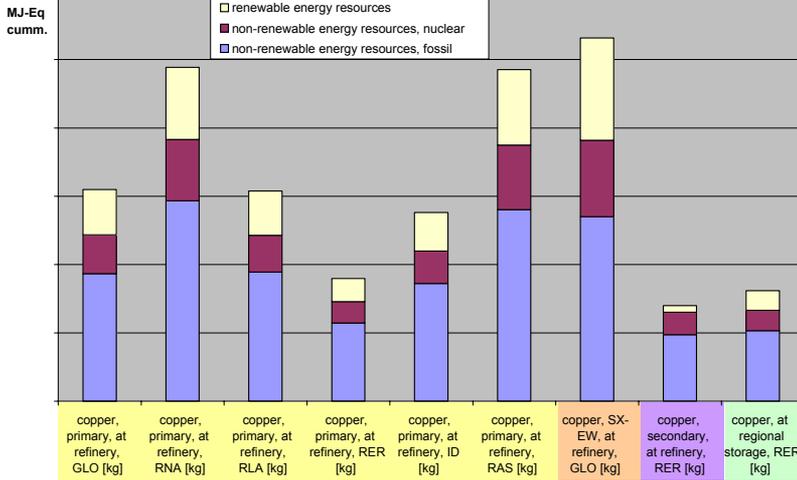
- Analoger Prozess wie Kupfererz-Abbau (GLO)
- Unterschiede
 - Ressource (0.041% Mo in Roherz, Cu-Gehalt identisch)
 - Output (21 kg Mo-Konzentrat pro t Cu-Konzentrat)
- Allokation
 - Molybdenit-Konzentrat = 11% US\$ 3'188 / t x 74 kg
 - Kupfer-Konzentrat = 89% US\$ 522 / t x 3'480 kg
- Molybdänit-Konzentrat höhere Belastung pro Einheit wie Kupferkonzentrat
- Molybdänit-Produktionsmix aus Molybdänit-Hauptprodukt (46%) und Molybdänit-Koppelprodukt aus Kupfererz-Abbau (54%)

Folie 12

Präsentation Mischa Classen



Resultate: Kupfer-Module - Energie



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

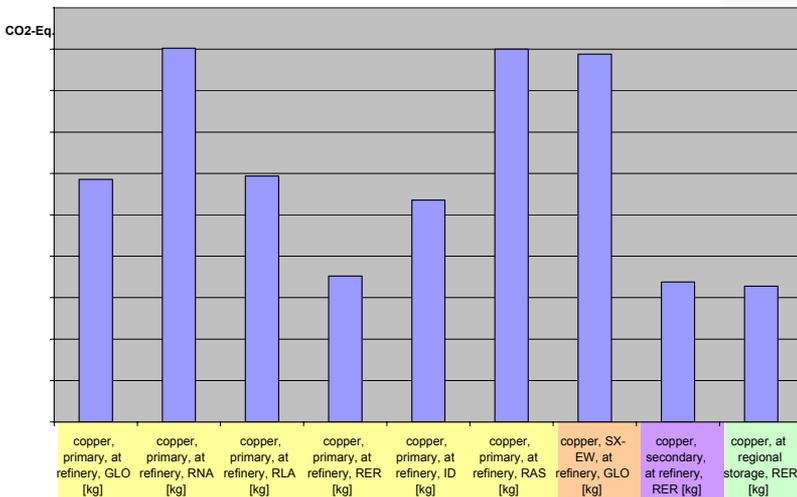


Folie 13

Präsentation Mischa Classen



Resultate: Kupfer-Module - IPCC



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

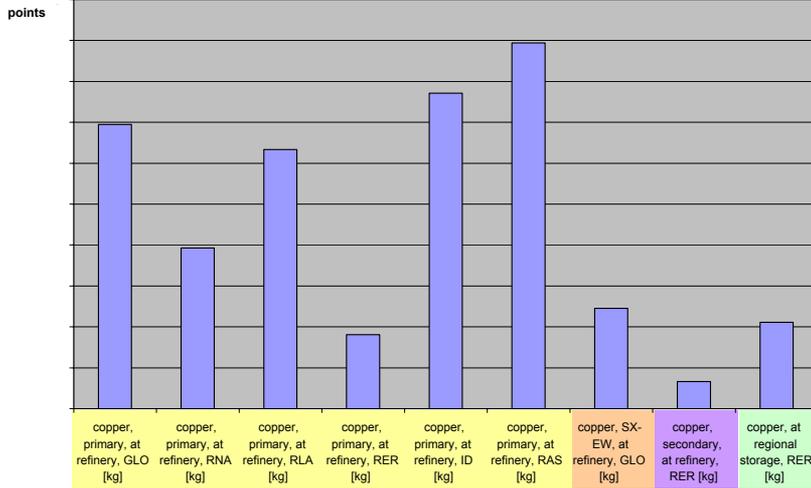


Folie 14

Präsentation Mischa Classen



Resultate: Kupfer-Module - EI_{H,A}

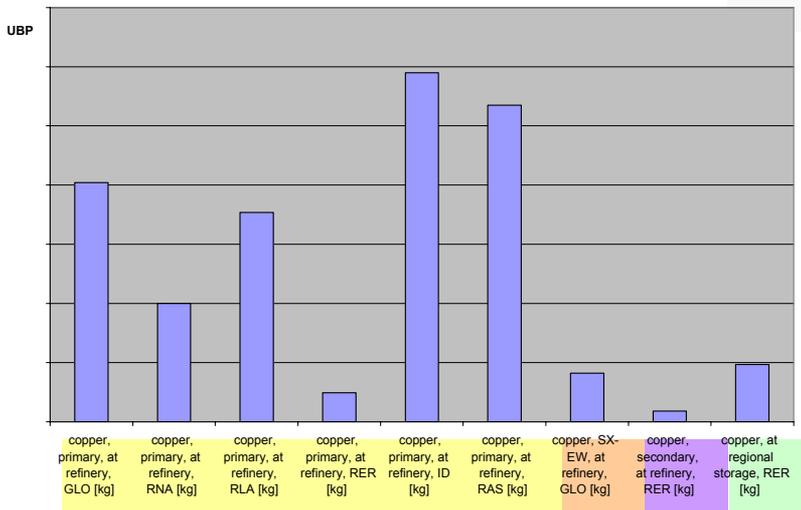


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Resultate: Kupfer-Module - BUWAL



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Resultate: Konsummix



- Regionaler Konsummix von Kupfer (RER)

	Inhalt	El _{H,A}	UBP
Importiertes Primärkupfer	19%	59%	75%
Regionales Primärkupfer (importiertes Kupferkonzentrat)	13%	14%	8.8%
Regionales Primärkupfer (regionales Kupferkonzentrat)	24%	21%	12%
Regionales Sekundärkupfer	22%	6.9%	4.0%
Recyclierter Kupferschrott	22%	0.1%	0.1%

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

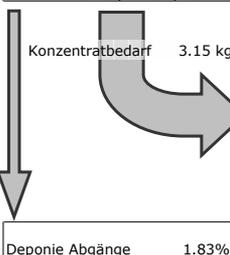
Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Resultate: Kupferkette - El_{H,A}



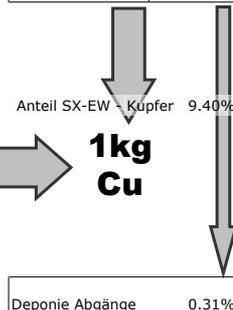
Konzentrat	31%
Ressource	14.1%
Sprengen	2.2%
Mahlen (Chromstahl)	1.4%
Elektrizität	0.5%
Zuschlagstoffe	0.6%
PM < 2.5	6.9%
PM > 2.5 und < 10um	3.2%
PM > 10 um	0.1%
Schwermetalle (Wasser)	0.1%



Primärkupfer	
Kalkstein	0.40%
Schweröl-Feuerung	0.2%
Gas-Feuerung	0.6%
Cadmium (Luft)	19.4%
Nickel (Luft)	14.1%
Sulfur dioxide (Luft)	9.0%
Arsenic (Luft)	8.9%
Lead (Luft)	6.4%
Copper (Luft)	4.1%
Zinc (Luft)	2.2%

Deponie Schlacke	0.1%
------------------	------

SXEW	3.3%
Ressource	1.7%
Sprengen	0.5%
Mahlen (Chromstahl)	0.3%
Abbaubetrieb (Diesel)	0.2%
Infrastruktur	0.1%
Elektrizität Elektrolyse	0.16%



Total	15.8%
	2.7%
	1.7%

Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Schluss

- Metall-Emissionen in die Luft bei der Verhüttung dominant
- Staubemissionen im Tagbau.
- Ressourcenentnahme. Kupfervorräte erschöpft in 60 a.
- Tailings: geringes Gewicht, aber: langfristige Emissionen !
- Emissionen aus Energieversorgung untergeordnete Rolle
- SXEW: Energieintensiver, dafür geringe spezifische Emissionen in die Luft.
- Molybdänit: pro Masse höher bewertet als Kupfer-Konzentrat: Faktor 3.7



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Quellenangaben

- Krauss U., Wagner H. and Mori G. (1999) Stoffmengenflüsse und Energiebedarf bei der Gewinnung ausgewählter mineralischer Rohstoffe; Teilstudie Kupfer. In: *Geologisches Jahrbuch*, Vol. Sonderhefte SH 9. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- Rentz O., Krippner M., Hähre S. and Schultmann F. (1999) Report on Best Available Techniques (BAT) in Copper Production. Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU) and University of Karlsruhe (TH).
- Ayres R. U., Ayres L. W. and Råde I. (2002) The Life Cycle of Copper, its Co-Products and Byproducts. MMSD - Mining, Minerals and Sustainable Development
- Martens P. N., Ruhrberg M. and Mistry M. (2002) Flächeninanspruchnahme des Kupfererzberbaus. In: *Erzmetall*, 55(5/6), pp. 287-293.
- Rentz O., Krippner M., Hähre S. and Schultmann F. (1999) Report on Best Available Techniques (BAT) in Copper Production. Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU) and University of Karlsruhe (TH).
- IPPC (2002) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Draft Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



20. Diskussionsforum Ökobilanzen, 19. September 2003
ETH Zürich / Session „Metalle“



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter

Eisen und Stahl

Hans-Jörg Althaus

Eidgenössische Materialprüfungs- und -forschungsanstalt (EMPA)
Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit (ZEN)

hans-joerg.althaus@empa.ch



Folie 1

Präsentation Hans-Jörg Althaus



Inhalt

- Eisen und Stahl in ecoinvent
- Aufbau der Kette
- Datenquellen
- Hauptunterschiede zu ÖvE3
- Ausgewählte Resultate
- Unsicherheiten
- Fazit
- Ausblick



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Folie 2

Präsentation Hans-Jörg Althaus



Eisen und Stahl in Ecoinvent



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



- Roheisen
- Gusseisen (Elektro-)
- unlegierter Stahl (Konverter-, Elektro-, Mix)
- niedriglegierter Stahl (Konverter-, Elektro-, Mix)
- Chromstahl (18/8) (Konverter-, Elektro-, Mix)
- Verarbeitung von Stahl (Warm-/Kaltwalzen, Profilwalzen, Rohr und Draht ziehen, Schweißen, Verzinken)

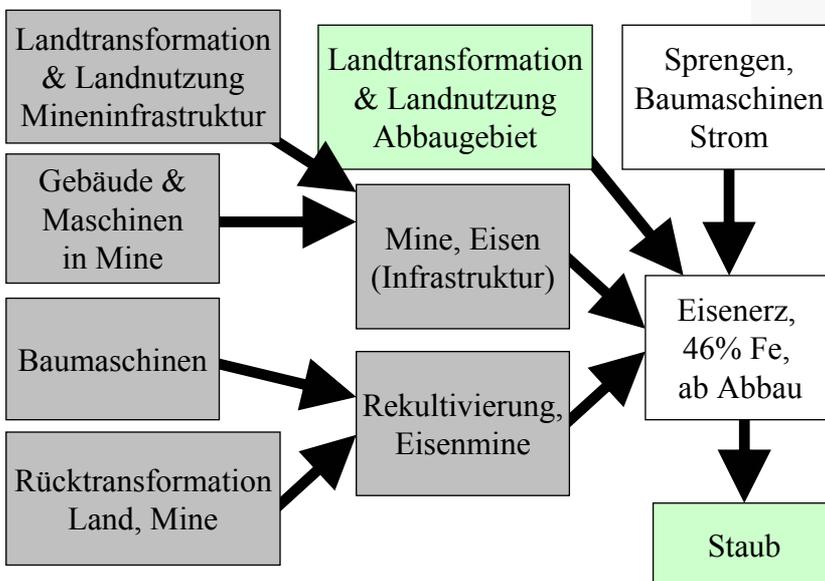


Aufbau der Kette

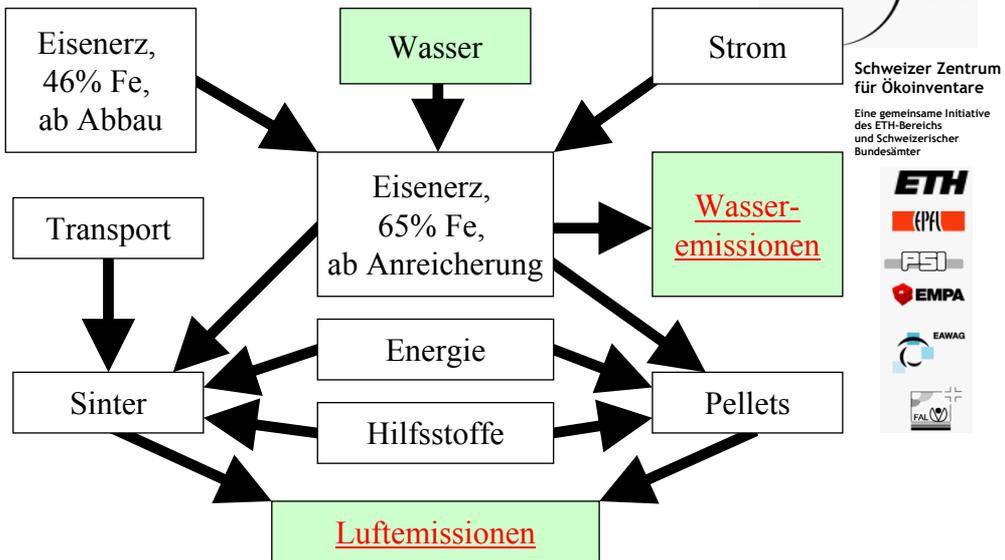


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Aufbau der Kette



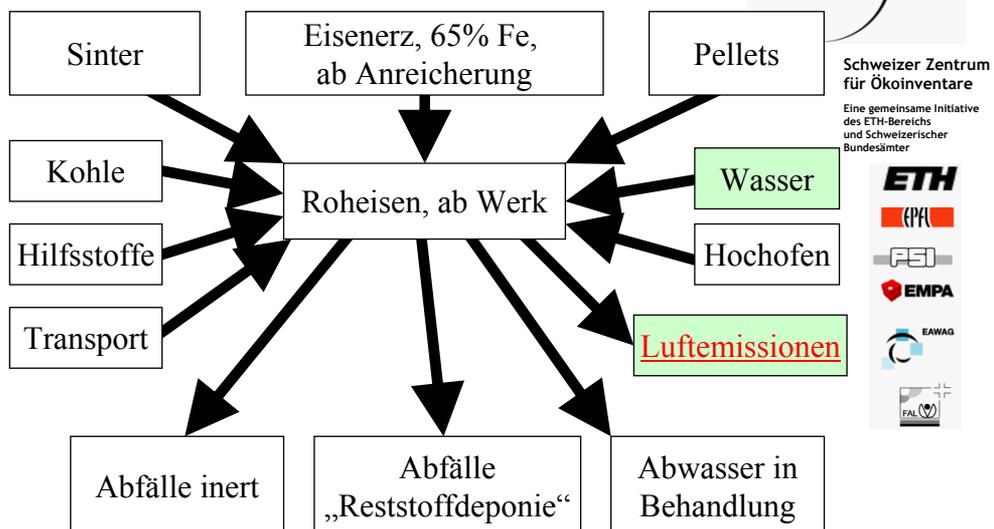
eco nvent
Zentrum

Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Aufbau der Kette



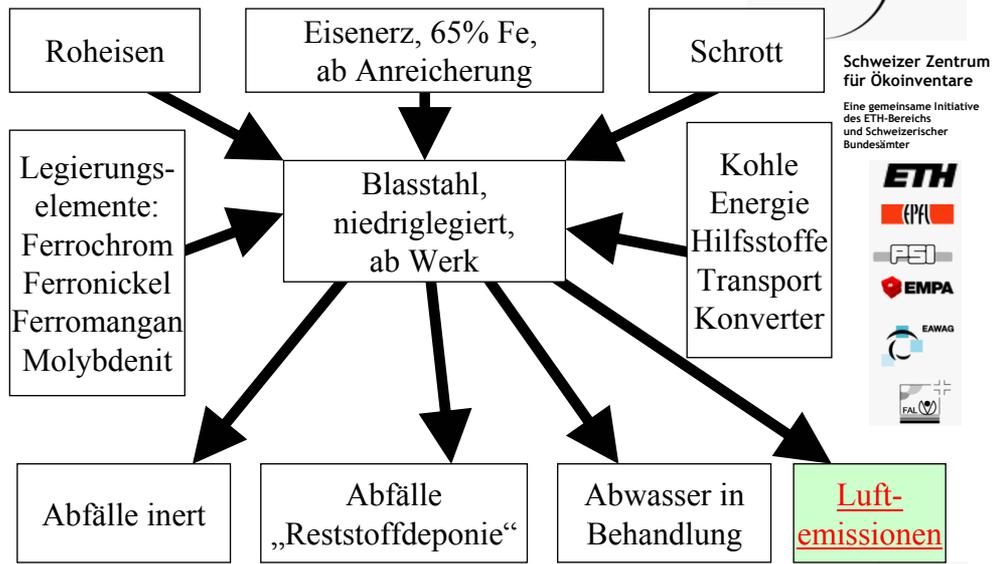
eco nvent
Zentrum

Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Aufbau der Kette

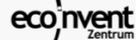
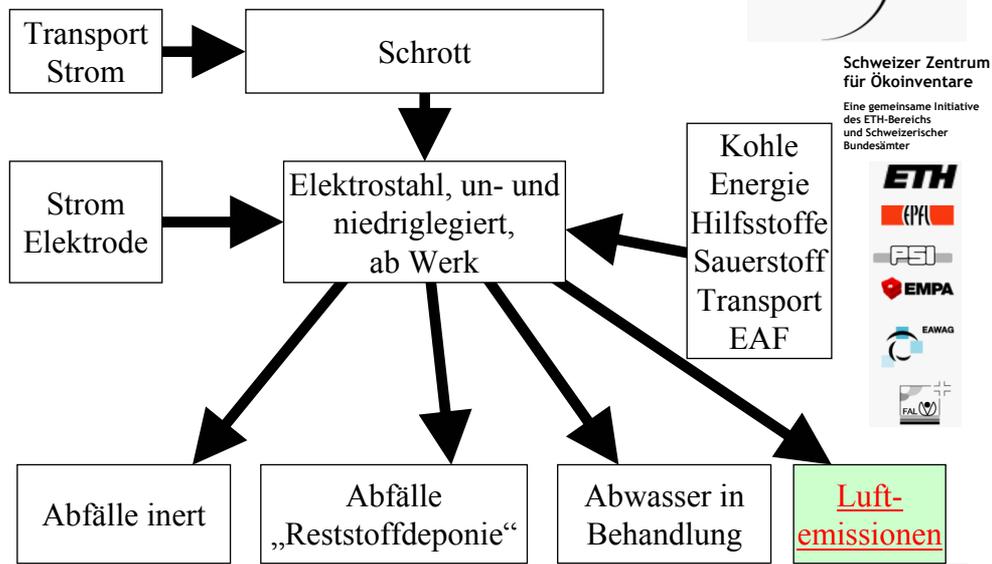


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Aufbau der Kette

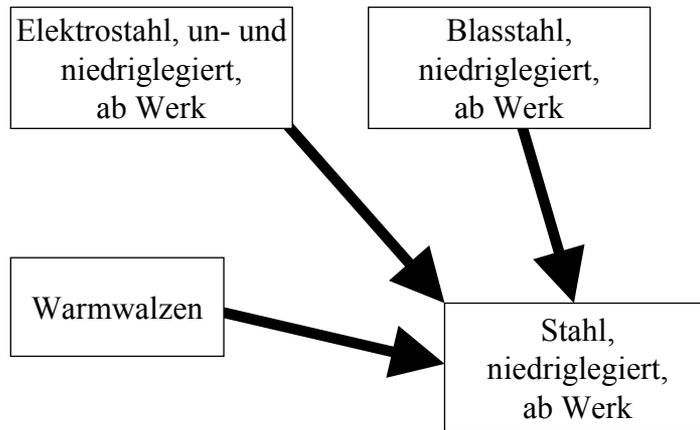


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Aufbau der Kette



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Datenquellen

- **Erzgewinnung / -aufbereitung:**
Roth W., Atmaca T. and Mori G. (1999) Stoffmengenflüsse und Energiebedarf bei der Gewinnung ausgewählter mineralischer Rohstoffe; Teilstudie Eisen. In: Geologisches Jahrbuch, Vol. Sonderhefte SH 6. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
Wasseremission Aufbereitung:
Anonymus (1998) Base Metal and Iron Ore Mining. Retrieved 19.08.2003 from [http://lnweb18.worldbank.org/essd/essd.nsf/GlobalView/PPAH/\\$File/48_basem.pdf](http://lnweb18.worldbank.org/essd/essd.nsf/GlobalView/PPAH/$File/48_basem.pdf).
- **Sinter- / Pelletproduktion bis Stahl:**
Inputmaterialien bis Roheisen: Roth et al. 1999
Emissionen, Inputmaterialien (ab Roheisen), Abfälle:
IPPC (2000) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel. Retrieved 29.10 from <http://www.jrc.es/pub/english.cgi/d733208/Best%20Available%20Techniques%20Reference%20Document%20on%20the%20Production%20of%20Iron%20and%20Steel%2028adopted%20Dec%202001%29>.
- **Mixe: „Stahl ab Werk“**
IISI (2002) Steel Statistical Yearbook 2002. Retrieved 11.02. from http://www.worldsteel.org/media/ssy/iisi_ssy_2001.pdf



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Hauptunterschiede zu ÖvE3

- Neue Quellen
- Spezifischer Chromstahl statt „hochlegiert“ (wobei in ÖvE3 der selbe spezifische Chromstahl unter dem Namen „hochlegierter Stahl“ bilanziert ist)
- Berücksichtigung der Abfälle



Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Ausgewählte Resultate; Interpretation

- Umweltbelastungspunkte durch die Kette
- Ecoindicator 99 H,A durch die Kette
- Kumulierter Energiebedarf durch die Kette



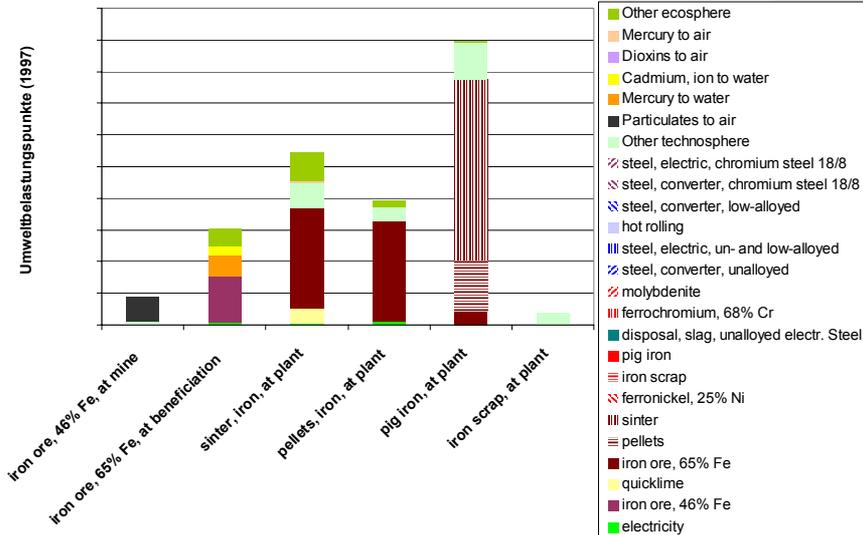
Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter



Umweltbelastungspunkte

Umweltbelastungspunkte (1997)



Folie 13

Präsentation Hans-Jörg Althaus

ecoivent
Zentrum

Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter

ETH

EPFL

FBI

EMPA

EAWAG

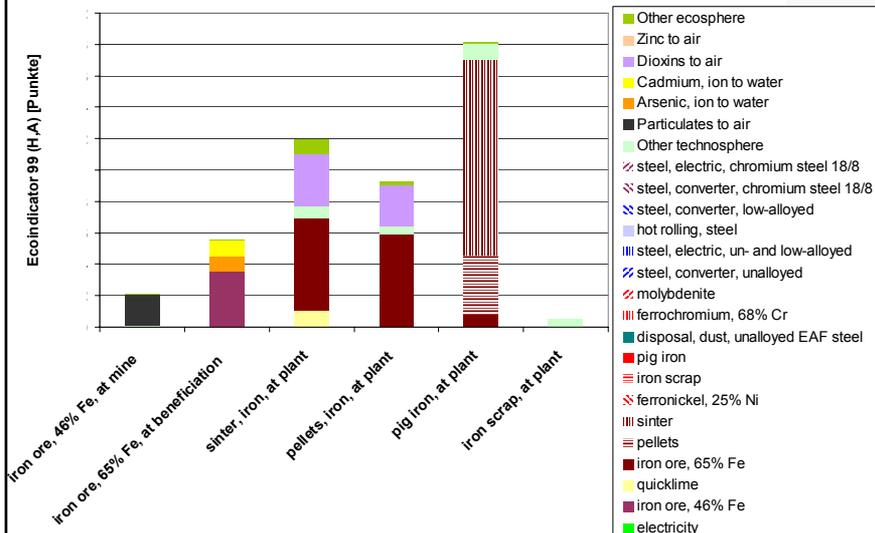
FAL

FAL

EMPA

Ecoindicator 99 (H,A)

Ecoindicator 99 (H,A) [Punkte]



Folie 14

Präsentation Hans-Jörg Althaus

ecoivent
Zentrum

Schweizer Zentrum
für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative
des ETH-Bereichs
und Schweizerischer
Bundesämter

ETH

EPFL

FBI

EMPA

EAWAG

FAL

FAL

EMPA

Kumulierter Energiebedarf

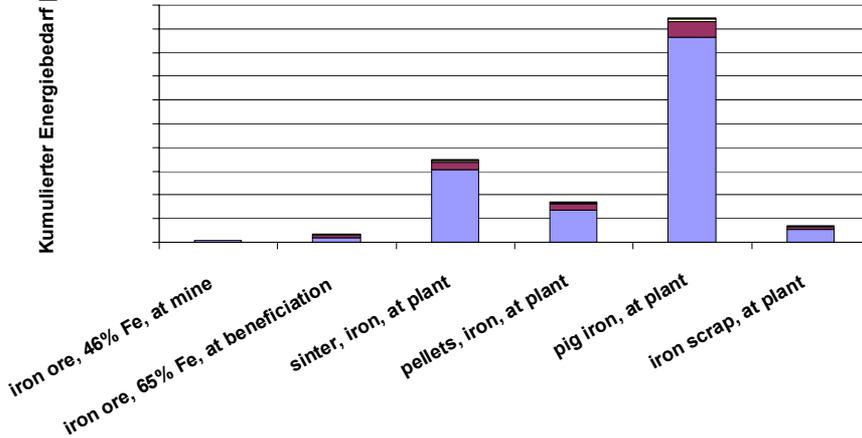


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Kumulierter Energiebedarf [MJ-Äq]



Folie 15

Präsentation Hans-Jörg Althaus



Umweltbelastungspunkte

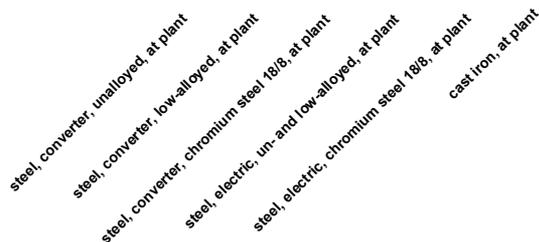
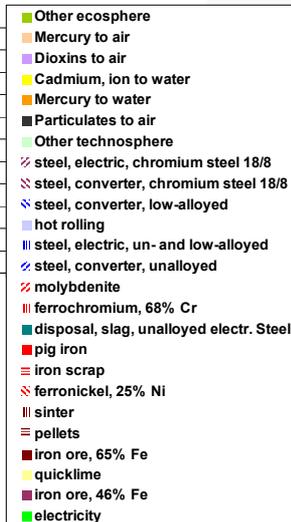


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Umweltbelastungspunkte (1997)

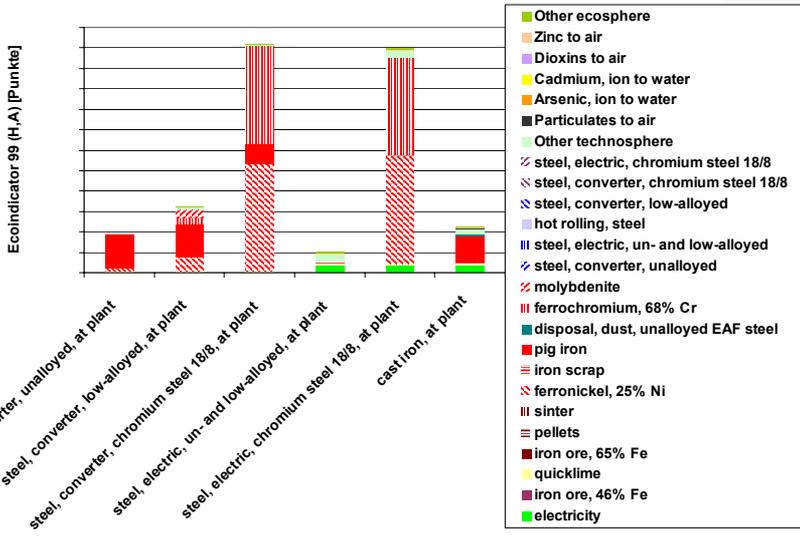


Folie 16

Präsentation Hans-Jörg Althaus



Ecoindicator 99 (H,A)

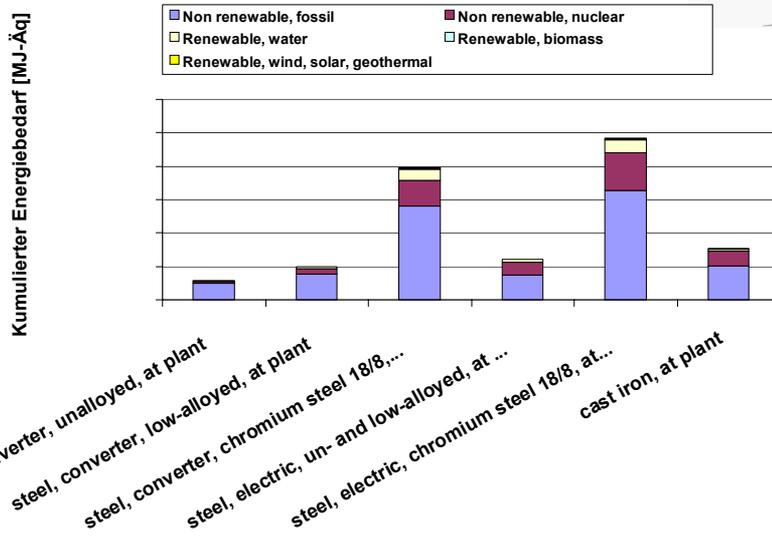


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

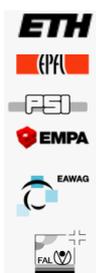


Kumulierter Energiebedarf

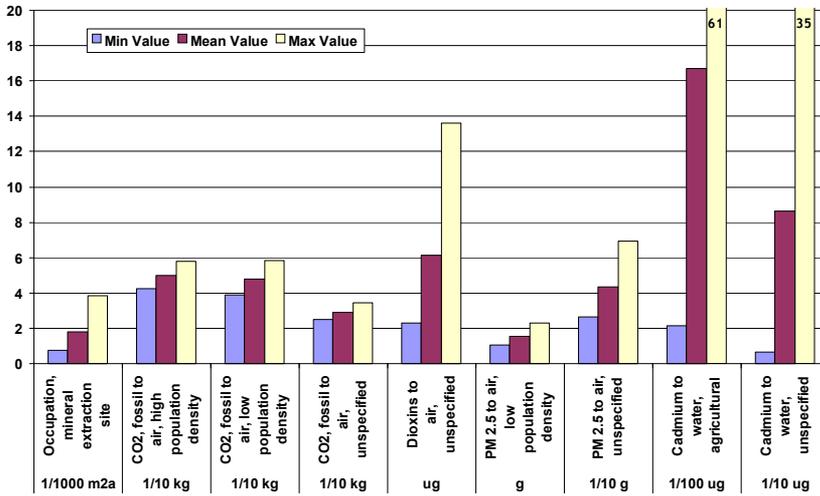


Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Unsicherheiten



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter



Fazit



Schweizer Zentrum für Ökoinventare

Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

- Direkte Schadstoffemissionen (ausser CO₂) sind relativ bedeutend
- Beiträge der Legierungselemente sind gross → eine genauere Angabe zu spezifischen Legierungen wäre wünschenswert
- Unsicherheiten (nicht Fehlerbreiten) sind hoch



Ausblick: Tailings



1% Mo im Stahl → UBP von Stahl steigen auf 890%
 → EI 99 (H,A) von Stahl steigen auf 370%

Schweizer Zentrum für Ökoinventare
 Eine gemeinsame Initiative des ETH-Bereichs und Schweizerischer Bundesämter

