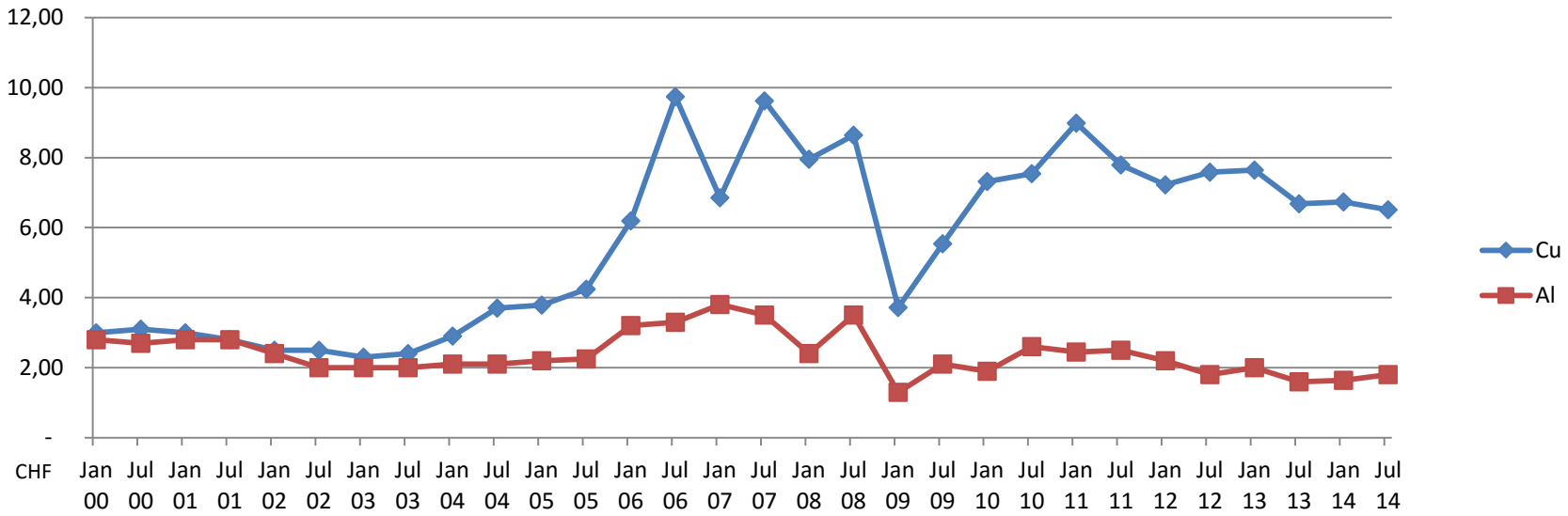
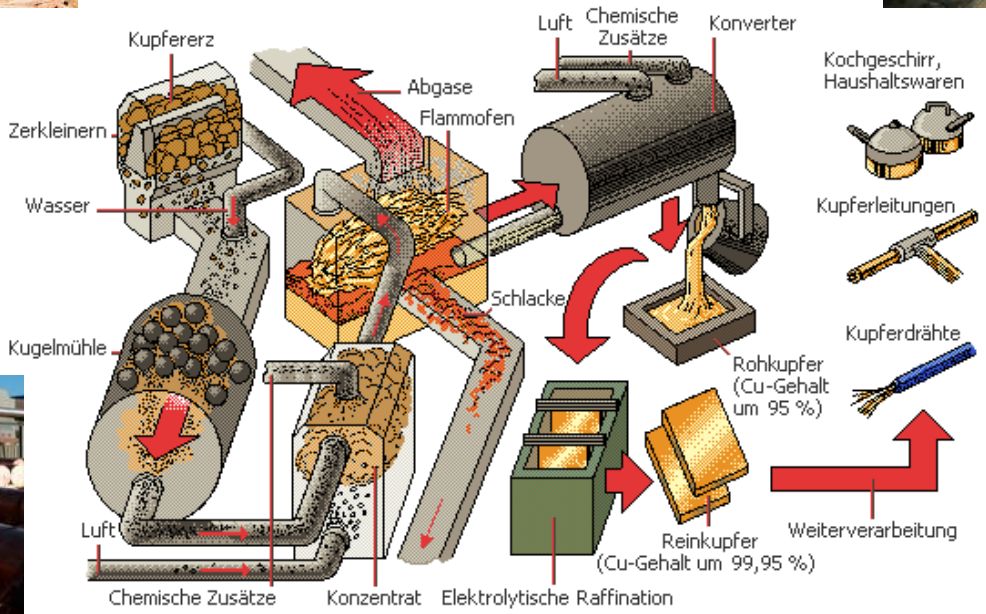
Leiter aus Kupfer oder Aluminium? Vor- und Nachteile ¦ Thomas Hanimann

November 15

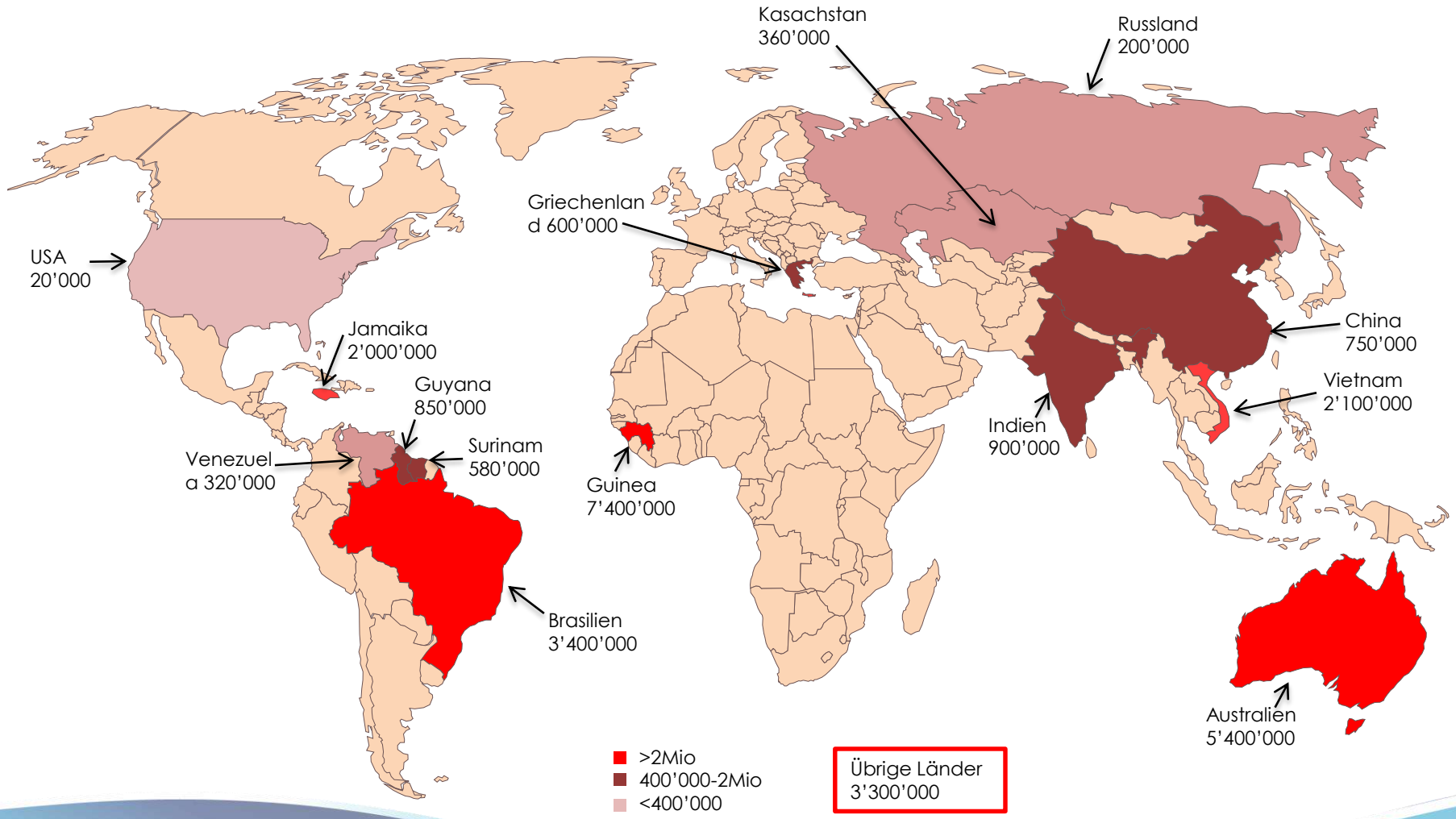
Preisentwicklung



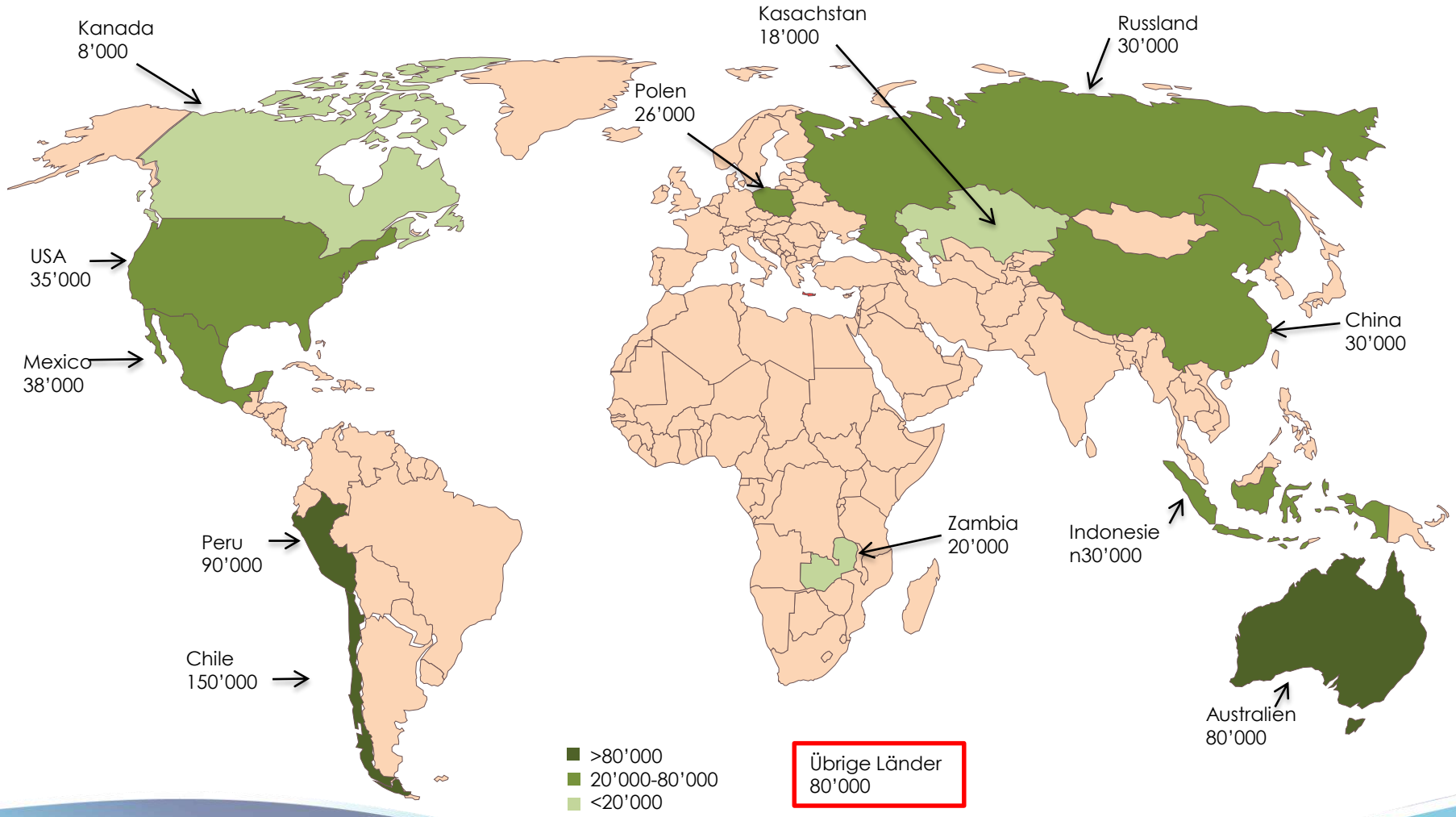
Kupfergewinnung



Aluminium Reserven (Angaben in tausend Tonnen)

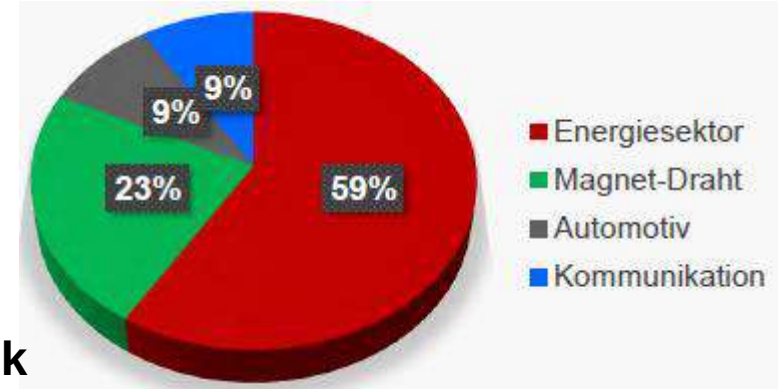


Kupfer Reserven (Angaben in tausend Tonnen)

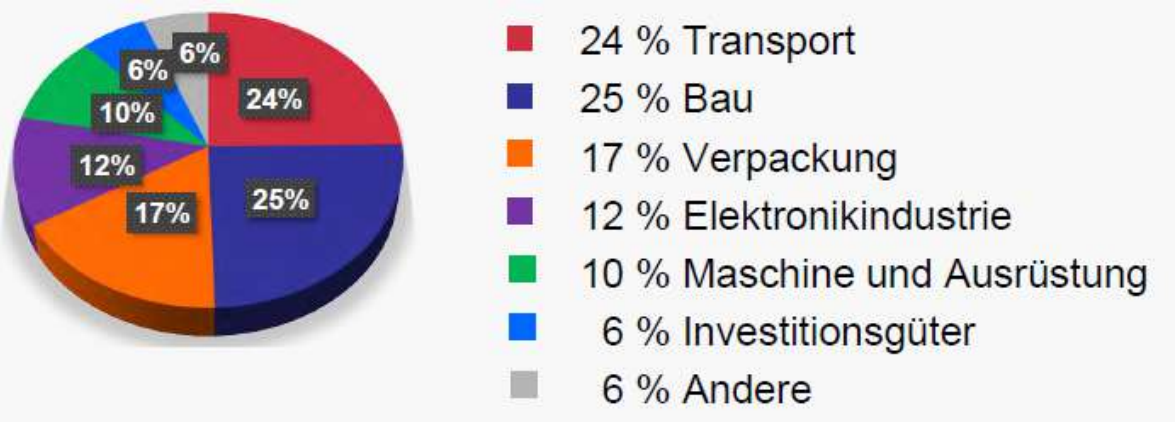


Verwendungszweck

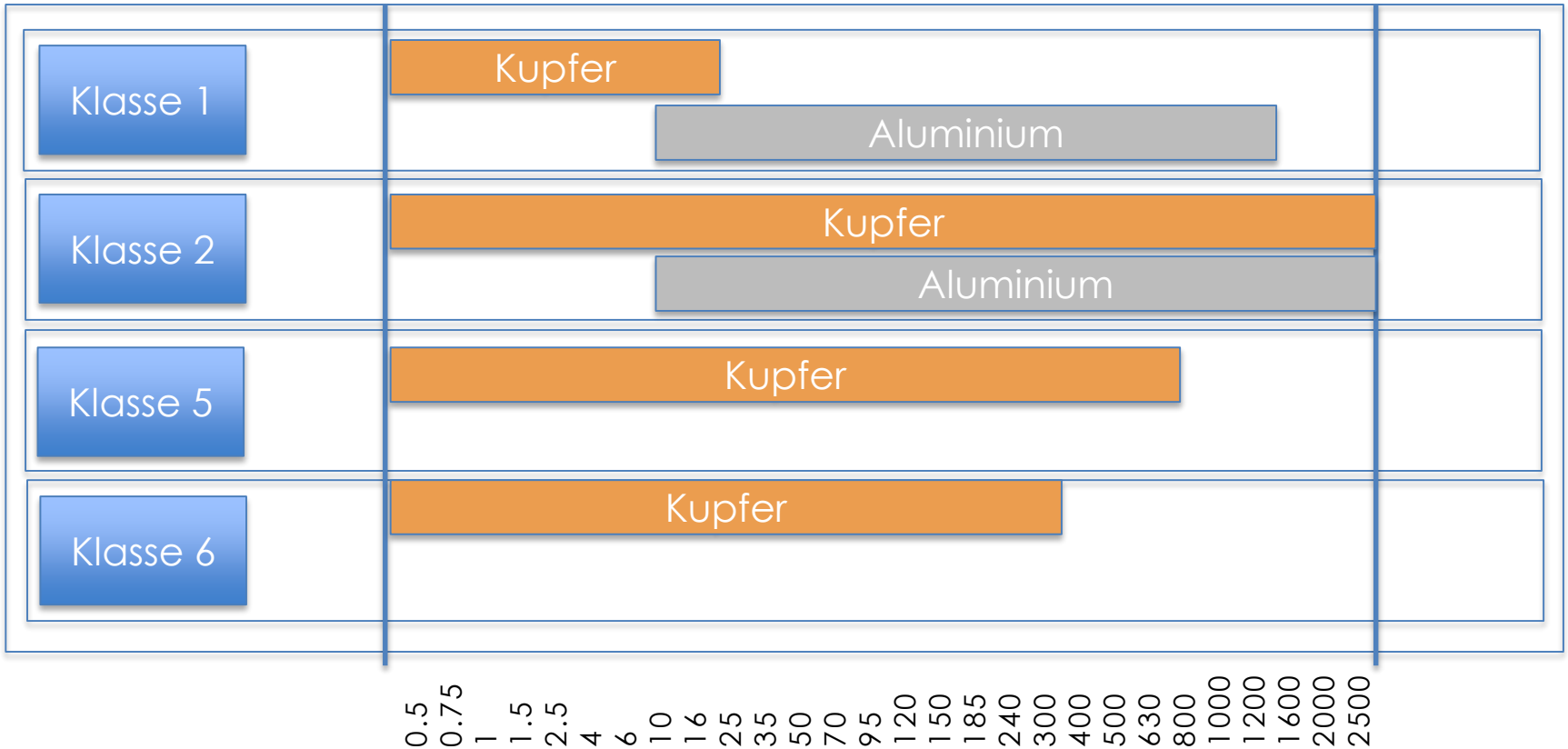
Kupfer **zu 57% als Draht**
43% Bolzen / Profile / Anoden /etc.



Aluminium **12 %Elektronik**



Die Einsatzbereiche



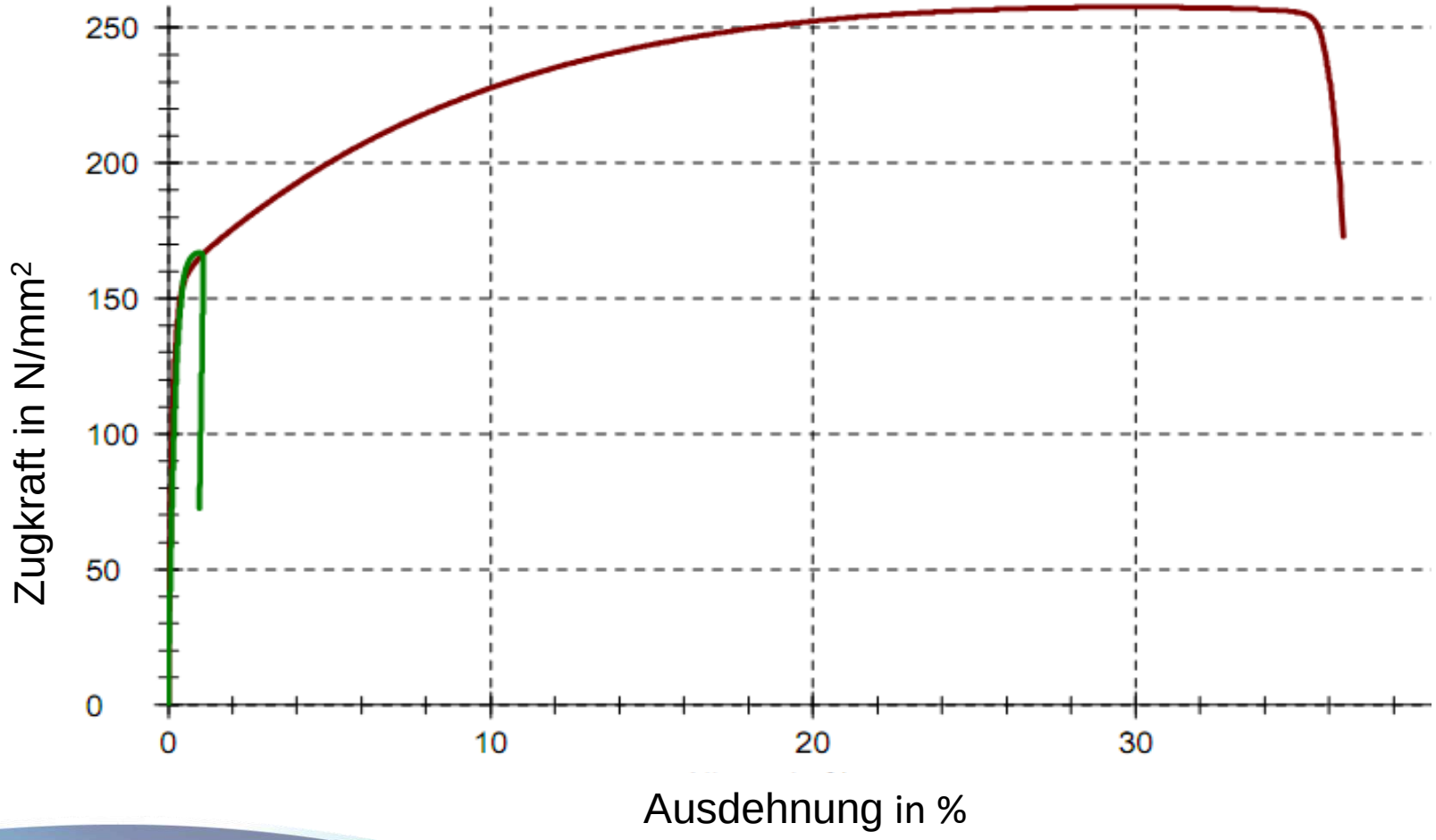
Klasse 1 umfasst Massivleiter; Klasse 2 Rundleiter; Klasse 5 flexible Leiter und Klasse 6 sehr flexible Leiter.
Die Zwischenklassen 3 und 4 wurden 1978 aus der Norm entfernt.

Vergleich typischer Werte

Vergleich typischer Werte bei den wichtigsten Eigenschaften für den Einsatz von Kupfer und Aluminium in der Kabelindustrie.

Eigenschaften	Kupfer	Aluminium	Einheit	Relativer Wert von Aluminium (Kupfer=1)
Widerstand	17,1	27,8	Ohm ·mm²/km	1,63
Leitfähigkeit	58,5	36,0	m/mm² ·Ohm	0,62
Leitfähigkeit	101	62	% IACS	0,62
Dichte	8,89	2,705	g/cm³	0,30
Massespezifischer Widerstand (=Dichte*Widerstand)	152	75,2	Ohm ·mm² ·g/km ·cm³	0,49
Bruchfestigkeit	240	160	MPa	0,67
Bruchdehnung	25	1-2	%	
Elastizitätsmodul	120	70	MPa	0,58
Schmelzpunkt	1084	660	°C	0,61
Wärmeleitfähigkeit	4	2,4	W/cm ·°C	0,60
Lineare thermische Ausdehnung	17	25	10^{-6} ·cm/cm °C	1,47
Oxidationsstabilität der **Oberfläche**	+	-		
Schweissbarkeit	+	-		
Von NxCH 2013 verwendeter Anteil aus Kupferrecyling	25	0	%	
Elektrochemisches Potential	0,52	-1,7	V	

Der Einzug



Die Verlegung

Der Leiterquerschnitt beträgt 500 mm² bei Kupfer bzw. 800 mm² bei Aluminium, damit die gleiche Leistung transportiert werden kann.

	XKDAlT 1x500 mm² Cu, 110 kV	XKDAlT 1x800 mm² Alu, 110 kV	Verhältnis
Ø Nenn-Aussendurchmesser	72,5 mm	82,6 mm	-13%
Gewicht	8,5 kg/m	7,0 kg/m	+20%
Statischer Biegeradius	1450 mm	1660 mm	-15%
Max. Zugkraft	30 kN	24 kN	+20%
Ø Minimaler Rohrdurchmesser für Funktionsfähigkeit <90 °C	120/132 mm	148/163 mm	-23%
Max. Länge bei B38 (Ø 3,8 x 1,92 m)	1899 m	1462 m	+25%
Gewicht 1000 m-Kabeltrommel	12,3 t	10,8 t	+15%

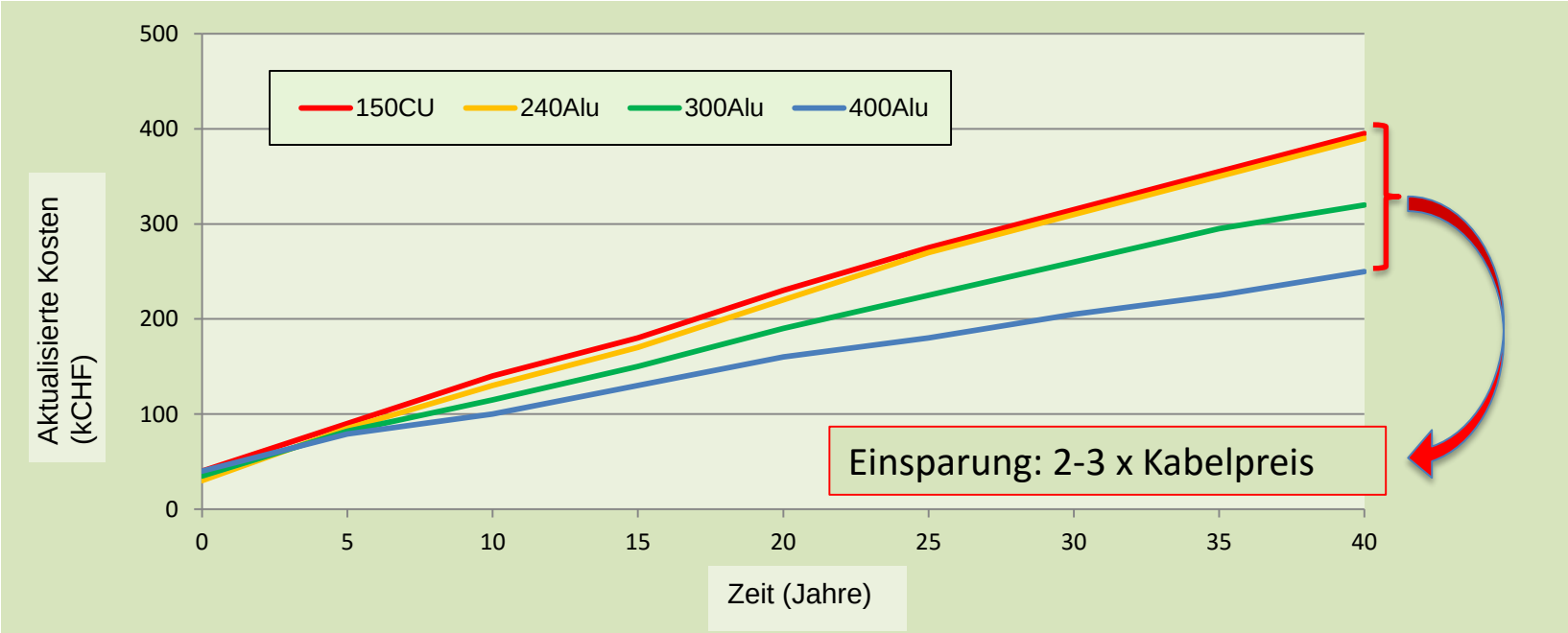
Die Kapazität der einzelnen Kabeltrommeln ist der limitierende Faktor. Ohne diese Einschränkung wären folgende Verlegelängen möglich:

- XKDAlT 1x500 mm² Cu, 110 kV: max. 2340 m
- XKDAlT 1x800 mm² Alu, 110 kV: max. 2285 m

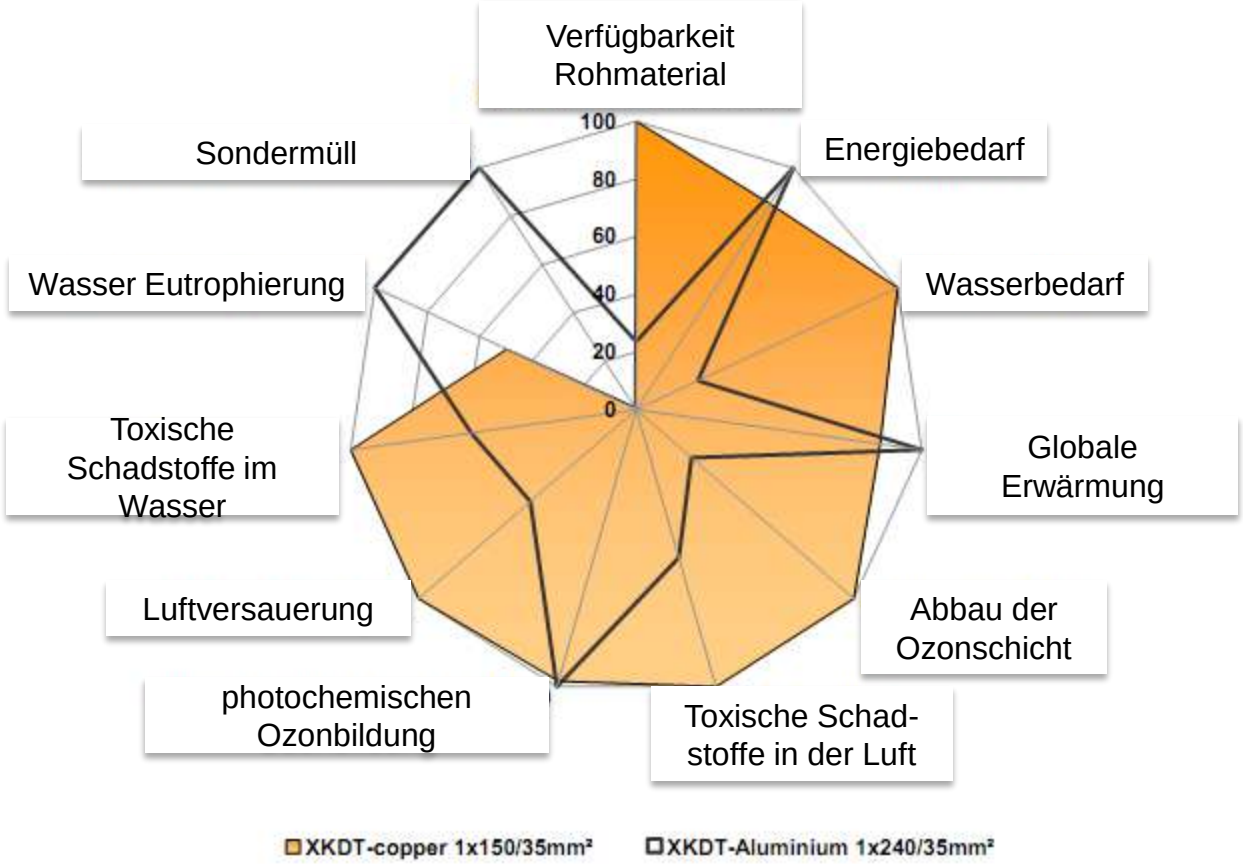
Die Lebensdauerkosten

Evaluation mit LF 0.627 & 5 Rp. /kWh

MS-Beispiel: 500m 3x1x150 XKDT, kumulierte Kosten für 325A, Lastfaktor 0.627, Vergleich mit Varianten 240, 300 und 400mm^2 Aluminium



Umwelt



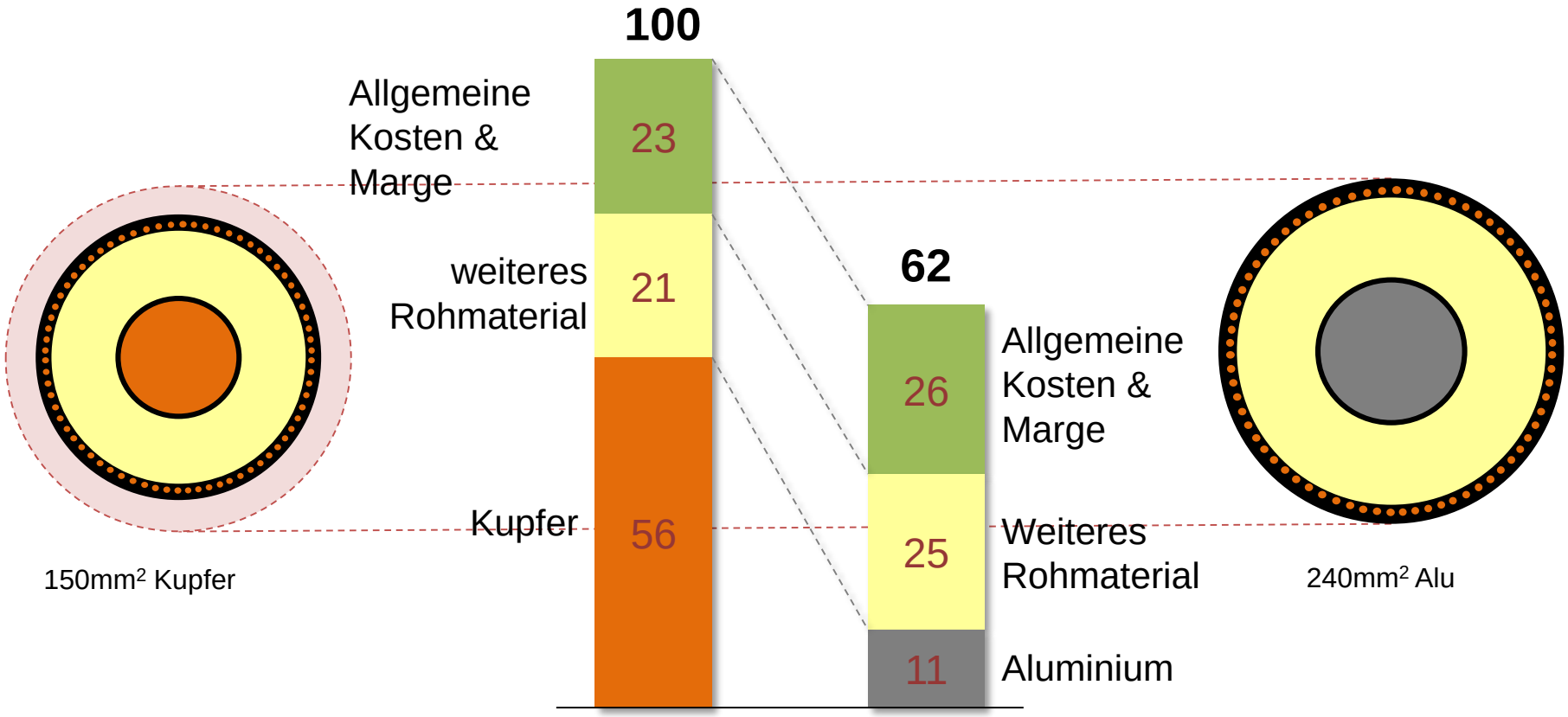
Grafische Darstellung der verschiedenen Umweltbereiche und das relative Ergebnis der Kabel mit Kupfer- bzw. Aluminiumleiter (0=hervorragend, 100=schlecht)

Der Kostenvergleich

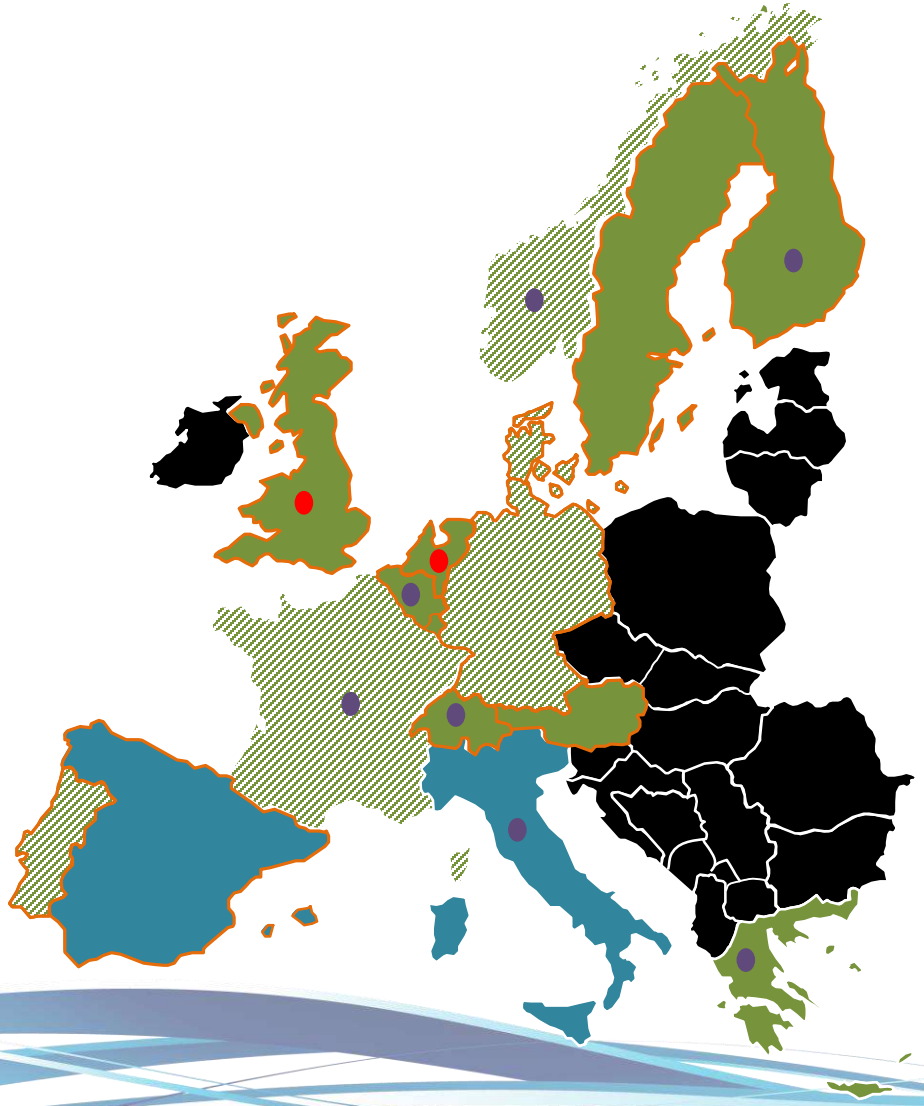
Physikalische Eigenschaften	Kupfer 150mm2	Aluminium 240mm2
Schmelzpunkt	1085 °C	660 °C
Dichte	8,96 g/cm^3	2,70 g/cm^3
Widerstand	$17 \cdot 10^{-9}$ Ω·m	$26 \cdot 10^{-9}$ Ω·m
Rohstoffpreis	7000 $/ton	2400 $/ton

$$\text{Kostenrechnung} = \frac{D_{Cu}}{D_{Al}} \times \frac{R_{Cu}}{R_{Al}} \times \frac{P_{Cu}}{P_{Al}} = 6{,}3$$

Der Kostenvergleich



Was tun die anderen europäischen Länder ?



Leiter

- Aluminium+Kupfer
- Aluminium

Armierung

- Kupferbandschirm
- Kupfer Drähte
- Alubandschirm
- Bleiarmierung

Schlussfolgerungen: Welche Wahl treffen?

•Wenn das Volumen beschränkt ist:	Kupfer
•Wenn leichtes Material erwünscht ist:	Aluminium
•Wenn eine einfache Montage zählt:	Kupfer
•Wenn der Anschaffungspreis zählt:	Aluminium
•Wenn die chemische Stabilität zählt:	Kupfer
•Für massive Leiter der Klasse 1:	Aluminium
•Für Installationskabel und flexible Kabel:	Kupfer
•Um Diebstahl zu verhindern (falls die Gefahr besteht):	Aluminium
•Für eine Investition:	Kupfer
•Folgen für die Umwelt:	ausgeglichen
•Lieferverzögerung:	ausgeglichen