

# Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

in Zusammenarbeit mit dem Chemikerausschuß der GDMB  
Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik

## Referenzmaterial

### BAM-M381 Reinkupfer

#### Zertifizierte Gehalte

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit * in µg/g
Ag	< 1	
As	< 0,5	
Bi	< 0,3	
Cd	< 0,4	
Co	< 0,3	
Cr	< 0,4	
Fe	3,3	± 0,2
Mg	< 0,6	
Mn	0,22	± 0,03
Ni	0,7	± 0,2
Pb	0,59	± 0,07
Sb	< 1	
Sn	3,86	± 0,25
Zn	5,3	± 0,3
Zr	< 6	

#### Richtwerte

Element	Massenanteil in µg/g	Unsicherheit * in µg/g
Al	< 1	
S	3,2	± 1,3
Se	< 1	
Si	< 3	
Te	< 0,3	
Ti	< 0,3	

\*halbe Breite des Vertrauensbereiches bei einem Signifikanzniveau von 5%, ermittelt aus den Standardabweichungen der Messreihenmittelwerte.

Das vorrangig für die Röntgenfluoreszenz- und Emissionsspektralanalyse vorgesehene Referenzmaterial ist erhältlich in Form von Zylindern mit 3 cm Höhe und einem Durchmesser von 4 cm.

Ausgabedatum: März 2006

# Messreihenmittelwerte für ein Analysenverfahren in einem Laboratorium

Massenanteile in µg/g

Zertifizierte Gehalte

Richtwerte

Lfd. Nr.	Ag	As	Bi	Cd	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn	Zr	Al	S	Se	Si	Te	Ti
1	0,10	0,052	0,02	0,006	0,032	0,052	---	0,19	0,167	0,492	---	0,010	3,397	---	0,04	0,64	0,79	0,20	0,20	< 0,02	0,028
2	0,13	0,210	0,02	0,11	0,038	0,065	---	0,22	0,20	0,622	0,532	0,050	3,412	4,70	0,57	<0,01	< 1,35	0,30	1	< 0,1	< 0,05
3	0,14	0,38	0,05	0,20	0,043	0,072	2,86	0,41	0,210	0,630	0,542	0,050	3,652	4,83	1,23	< 0,2	2,39	0,402	1,01	< 0,1	0,257
4	0,14	0,383	0,20	0,21	0,070	0,12	2,97	0,54	0,212	0,665	0,558	0,050	3,768	5,23	5,33	< 0,3	3,41	< 0,81	2,50	< 0,1	< 1
5	0,16	0,40	0,20	0,27	0,22	0,13	3,17		0,217	0,702	0,562	0,435	3,777	5,3	5,66		3,41	< 1		< 0,15	
6	0,40				0,223	0,167	3,21		0,22	0,713	0,583	0,560	3,87	5,37			3,66	< 1		< 0,2	
7	0,72				---	0,208	3,25		0,217	0,820	0,617	1,0	3,910	5,46			3,70			0,22	
8	---				---		3,28		0,230	0,954	0,740		4,108	5,54			5,13			< 1,71	
9							3,29		0,282	0,983			4,30	5,78						< 15	
10							3,34		---				4,40								
11							3,48		---				---								
12							3,86														
13																					
14																					
15																					
<b>M :</b>	< 1	< 0,5	< 0,3	< 0,4	< 0,3	< 0,4	3,27	< 0,6	0,22	0,73	0,59	< 1	3,86	5,27	< 6						
<b>s<sub>M</sub>:</b>							0,273		0,03	0,161	0,072		0,337	0,357							
<b>s<sub>i</sub>:</b>							0,174		0,021	0,101	0,052		0,268	0,340							

Die durch "---" gekennzeichneten Plätze vertreten Messreihenmittelwerte, die nach einem statistischen Test (Grubbs-Test, 95 %) als Ausreißer erkannt und nicht berücksichtigt wurden.

Eine Messreihe umfasst die jeweiligen Einzelwerte eines Laboratoriums (mindestens 4, im Normalfall 6 Einzelwerte)

Phosphor wurde von 3 Labors bestimmt (0,17; 0,54; < 0,57 µg/g).

M: Arithmetisches Mittel der Messreihenmittelwerte

s<sub>M</sub>: Standardabweichung der Messreihenmittelwerte

s<sub>i</sub>: Arithmetisches Mittel der Messreihenstandardabweichungen unter Wiederholbedingungen

## Analysenmethoden

Element	Lfd. Nr.	
Ag	1	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
	2	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	3	Neutronenaktivierungsanalyse
	4, 5	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	6	Bogenspektroskopie
	7	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	Al	1, 4
2, 3		Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
As	1	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	2	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
	3, 4	Bogenspektroskopie
	5	Funkenspektroskopie
Bi	1	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	2	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	3, 5	Bogenspektroskopie
	4	Funkenspektroskopie
Cd	1	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
	2	Funkenspektroskopie
	3, 5	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	4	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
Co	1	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	2, 3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	4	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
	5	Funkenspektroskopie
	6	Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
Cr	1	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	2	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
	3	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
	4	Funkenspektroskopie
	5, 7	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	6	Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
Fe	3, 4, 6	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	5, 7, 11	Funkenspektroskopie
	8	Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
	9	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	10	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	12	Photometrie
Mg	1	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	2, 4	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	3	Funkenspektroskopie
Mn	1, 2, 4	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	3, 8	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	5	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	6	Funkenspektroskopie
	7, 9	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)

Element	Lfd. Nr.	
Ni	1	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
	2	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	3, 6	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	4, 9	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	5	Bogenspektroskopie
	7	Funkenspektroskopie
	8	Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
	Pb	2, 5
3		Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
4		Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
6, 7		Bogenspektroskopie
8		Funkenspektroskopie
S	1, 7	Funkenspektroskopie
	2	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	3	Verbrennung mit anschließender IR-Detektion
	4, 6	Photometrie
	5	Titration
	8	Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
Sb	1, 4	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	2	Neutronenaktivierungsanalyse (NAA)
	3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	5, 6	Bogenspektroskopie
	7	Funkenspektroskopie
Se	1, 2, 3	Funkenspektroskopie
	4	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	5, 6	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
Si	1, 2, 3	Funkenspektroskopie
	4	Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
Sn	1, 7	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	2, 4	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	3	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	5	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
	6, 8	Funkenspektroskopie
	9	Photonenaktivierungsanalyse (PAA)
	10	Bogenspektroskopie
Te	1	Synchrotron-Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)
	2	Atomabsorptionsspektrometrie (ET AAS)
	3, 4, 7	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	5	Bogenspektroskopie
	6	Funkenspektroskopie
	8, 9	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
Ti	1, 2, 4	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
	3	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
Zn	2, 9	Funkenspektroskopie
	3	Glow Discharge Emissionsspektrometrie (GD OES)
	4, 5, 6	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	7	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) nach Laserablation
	8	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)
Zr	1, 2	Plasma-Emissionsspektrometrie (ICP OES)
	3, 4, 5	Funkenspektroskopie

## Beteiligte Laboratorien

- Boliden Mineral AB, Boliden (Schweden)
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin
  - Labor I.11 (Metallanalytik)
  - Labor I.43 (Aktivierungsanalyse, Gasanalytik)
  - Projektgruppe I.1902
- Copper Refineries Pty. Ltd, Xstrata Copper, Brisbane (Australien)
- Diehl Metall Stiftung & Co. KG, Röthenbach a. d. Pegnitz
- Institut für Kernchemie, Universität Mainz
- Institut für NE-Metallurgie und Reinstoffe, TU Bergakademie Freiberg
- KM Europa Metal AG, Osnabrück
- Korrosions- och Metallforskningsinstitutet AB (KIMAB), Stockholm (Schweden)
- LECO Instrumente GmbH, Mönchengladbach
- Montanwerke Brixlegg AG, Brixlegg (Österreich)
- Norddeutsche Affinerie AG, Hamburg
- Outokumpu Poricopper Oy, Pori (Finnland)
- Ridsdale & Co. Ltd., Middlesbrough (Großbritannien)
- Tréfinmétaux SA, Sérifontaine (Frankreich)
- Umicore, Olen (Belgien)
- Wieland-Werke AG, Ulm

BAM Berlin  
Abteilung I  
Analytische Chemie;  
Referenzmaterialien

BAM Berlin  
Fachgruppe I.1  
Anorganisch-chemische Analytik;  
Referenzmaterialien

Prof. Dr. U. Panne  
(Abteilungsleiter)

Dr. R. Matschat  
(Fachgruppenleiter)

Berlin,

### Probenvertrieb durch die

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
Richard-Willstätter-Straße 11  
12489 Berlin

Telefon: 030 8104 2061  
Telefax: 030 8104 1117  
Email: [sales.crm@bam.de](mailto:sales.crm@bam.de)

# Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

in co-operation with the Committee of Chemists of the GDMB  
Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik

## Certified Reference Material

### BAM-M381 Pure Copper

Certified values

Element	Mass fraction in µg/g	Uncertainty * in µg/g
Ag	< 1	
As	< 0,5	
Bi	< 0,3	
Cd	< 0,4	
Co	< 0,3	
Cr	< 0,4	
Fe	3,3	± 0,2
Mg	< 0,6	
Mn	0,22	± 0,03
Ni	0,7	± 0,2
Pb	0,59	± 0,07
Sb	< 1	
Sn	3,86	± 0,25
Zn	5,3	± 0,3
Zr	< 6	

Indicatory values

Element	Mass fraction in µg/g	Uncertainty * in µg/g
Al	< 1	
S	3,2	± 1,3
Se	< 1	
Si	< 3	
Te	< 0,3	
Ti	< 0,3	

\*Half-width of the confidence interval of the certified value at a level of confidence of 95%, calculated from the standard deviation of mean of laboratory means

BAM-M381 is intended for calibration, recalibration and checking of X-ray fluorescence and spark emission spectrometers. The reference material is available in cylindrical form (diameter: 4 cm, height: 3 cm).

Date of issue: March 2006

## Means of accepted data sets

(for one method at one laboratory, respectively)

### Mass fraction in $\mu\text{g/g}$

#### Certified values

#### Indicatory values

Line no	Ag	As	Bi	Cd	Co	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Zn	Zr	Al	S	Se	Si	Te	Ti
1	0,10	0,052	0,02	0,006	0,032	0,052	---	0,19	0,167	0,492	---	0,010	3,397	---	0,04	0,64	0,79	0,20	0,20	< 0,02	0,028
2	0,13	0,210	0,02	0,11	0,038	0,065	---	0,22	0,20	0,622	0,532	0,050	3,412	4,70	0,57	<0,01	< 1,35	0,30	1	< 0,1	< 0,05
3	0,14	0,38	0,05	0,20	0,043	0,072	2,86	0,41	0,210	0,630	0,542	0,050	3,652	4,83	1,23	< 0,2	2,39	0,402	1,01	< 0,1	0,257
4	0,14	0,383	0,20	0,21	0,070	0,12	2,97	0,54	0,212	0,665	0,558	0,050	3,768	5,23	5,33	< 0,3	3,41	< 0,81	2,50	< 0,1	< 1
5	0,16	0,40	0,20	0,27	0,22	0,13	3,17		0,217	0,702	0,562	0,435	3,777	5,3	5,66		3,41	< 1		< 0,15	
6	0,40				0,223	0,167	3,21		0,22	0,713	0,583	0,560	3,87	5,37			3,66	< 1		< 0,2	
7	0,72				---	0,208	3,25		0,217	0,820	0,617	1,0	3,910	5,46			3,70			0,22	
8	---				---		3,28		0,230	0,954	0,740		4,108	5,54			5,13			< 1,71	
9							3,29		0,282	0,983			4,30	5,78						< 15	
10							3,34		---				4,40								
11							3,48		---				---								
12							3,86														
13																					
14																					
15																					
<b>M :</b>	< 1	< 0,5	< 0,3	< 0,4	< 0,3	< 0,4	3,27	< 0,6	0,22	0,73	0,59	< 1	3,86	5,27	< 6						
<b>s<sub>M</sub>:</b>							0,273		0,03	0,161	0,072		0,337	0,357							
<b><math>\bar{s}_i</math>:</b>							0,174		0,021	0,101	0,052		0,268	0,340							

The laboratory mean values have been examined statistically to eliminate outlying values. Where " --- " appears in the table it indicates that an outlying value has been omitted. A data set consists of at least 4 but usually 6 single values of one laboratory.

*Phosphorus* was determined by three laboratories (0,17; 0,54; < 0,57  $\mu\text{g/g}$ ).

M: mean of means of data sets

s<sub>M</sub>: standard deviation of means of data sets

$\bar{s}_i$ : mean of standard deviations of data sets in case of repeatability

## Analytical Methods

Element	Line no.	
Ag	1	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
	2	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	3	Neutron Activation Analysis
	4, 5	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	6	Globule Arc Optical Emission Spectrometry
	7	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	Al	1, 4
2, 3		Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
As	1	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	2	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
	3, 4	Globule Arc Optical Emission Spectrometry
	5	Spark Optical Emission Spectrometry
Bi	1	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	2	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	3, 5	Globule Arc Optical Emission Spectrometry
	4	Spark Optical Emission Spectrometry
Cd	1	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
	2	Spark Optical Emission Spectrometry
	3, 5	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	4	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
Co	1	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	2, 3	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	4	Neutron Activation Analysis
	5	Spark Optical Emission Spectrometry
	6	Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
Cr	1	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	2	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
	3	Neutron Activation Analysis
	4	Spark Optical Emission Spectrometry
	5, 7	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	6	Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
Fe	3, 4, 6	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	5, 7, 11	Spark Optical Emission Spectrometry
	8	Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
	9	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	10	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	12	Photometry
Mg	1	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	2, 4	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	3	Spark Optical Emission Spectrometry
Mn	1, 2, 4	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	3, 8	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	5	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	6	Spark Optical Emission Spectrometry
	7, 9	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry



Element	Line no.	
Ni	1	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
	2	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	3, 6	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	4, 9	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	5	Globule Arc Optical Emission Spectrometry
	7	Spark Optical Emission Spectrometry
	8	Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
	Pb	2, 5
3		Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
4		Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
6, 7		Globule Arc Optical Emission Spectrometry
8		Spark Optical Emission Spectrometry
S		1, 7
	2	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	3	Carrier gas hot extraction with IR-detection (gas calibration)
	4, 6	Photometry
	5	Titration
	8	Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
Sb	1, 4	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	2	Neutron Activation Analysis
	3	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	5, 6	Globule Arc Optical Emission Spectrometry
	7	Spark Optical Emission Spectrometry
Se	1, 2, 3	Spark Optical Emission Spectrometry
	4	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	5, 6	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
Si	1, 2, 3	Spark Optical Emission Spectrometry
	4	Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
Sn	1, 7	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	2, 4	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	3	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	5	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
	6, 8	Spark Optical Emission Spectrometry
	9	Activation Analysis with High-Energy Photons
	10	Globule Arc Optical Emission Spectrometry
Te	1	Synchrotron X-Ray Fluorescence Spectroscopy
	2	Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry
	3, 4, 7	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	5	Globule Arc Optical Emission Spectrometry
	6	Spark Optical Emission Spectrometry
	8, 9	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
Ti	1, 2, 4	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	3	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
Zn	2, 9	Spark Optical Emission Spectrometry
	3	Glow Discharge Optical Emission Spectrometry
	4, 5, 6	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	7	Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
	8	Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry
Zr	1,2	Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry
	3, 4, 5	Spark Optical Emission Spectrometry

## Participating Laboratories

- Boliden Mineral AB, Boliden, Sweden
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, Germany
  - Laboratory I.11 (Metal Analysis)
  - Laboratory I.43 (Activation Analysis, Gas Analysis)
  - Project Group I.1902
- Copper Refineries Pty. Ltd, Xstrata Copper, Brisbane, Australia
- Diehl Metall Stiftung & Co. KG, Röthenbach a. d. Pegnitz, Germany
- Institut für Kernchemie, University of Mainz, Germany
- Institut für NE-Metallurgie und Reinststoffe, TU Bergakademie Freiberg, Germany
- Korrosions- och Metallforskningsinstitutet AB (KIMAB), Stockholm, Sweden
- KM Europa Metal AG, Osnabrück, Germany
- LECO Instrumente GmbH, Mönchengladbach, Germany
- Montanwerke Brixlegg AG, Brixlegg, Austria
- Norddeutsche Affinerie AG, Hamburg, Germany
- Outokumpu Poricopper Oy, Pori, Finland
- Ridsdale & Co. Ltd., Middlesbrough, UK
- Tréfinmétaux SA, Sérifontaine, France
- Umicore, Olen, Belgium
- Wieland-Werke AG, Ulm, Germany

BAM Berlin  
Department I  
Analytical Chemistry;  
Reference Materials

BAM Berlin  
Division I.1  
Inorganic-chemical Analysis;  
Reference Materials

Prof. Dr. U. Panne  
(Head of Department)

Dr. R. Matschat  
(Head of Division)

Berlin,

### Sale:

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung  
Richard-Willstätter-Straße 11  
12489 Berlin

Phone: ++49 30 - 8104 2061  
Fax: ++49 30 - 8104 1117  
Email: [sales.crm@bam.de](mailto:sales.crm@bam.de)