

ISBN 3-88314-822-9

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

# **Forschungsbericht 154**

## **Druckgesinterte Stähle als zertifiziertes Referenzmaterial für die Spektrometrie**

von Dr. rer. nat. Konrad Breitzkreutz  
Dr. rer. nat. Rüdiger Uttech  
Dr.-Ing. Kurt Haedecke

Oktober 1988

90 Seiten, 2 Abbildungen, 2 Tabellen, 60 Tabellen im Anhang

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03 S 362 A O gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Herausgegeben von der  
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)  
Unter den Eichen 87, 1000 Berlin 45  
Telefon (030) 8104-1      Telex 183 261 bamb d  
Telefax (030) 8 112 029      Teletex 2 627-308 372=bamb

Copyright © 1988 by Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven

Verlag und Vertrieb:  
Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, 2850 Bremerhaven 1  
Telefon (0471) 46093-95

Die Schwierigkeiten bei der Herstellung homogener Spektrometerproben lassen sich durch Anwendung pulvermetallurgischer Verfahren umgehen. Durch Schutzgasverdüsung erzeugte Stahlpulver wurden heißisostatisch verdichtet. Die analysierten Proben entsprechen allen Anforderungen, die allgemein an Referenzmaterial gestellt werden.

Difficulties in the production of homogeneous spectroscopic standard can be avoided by application of powder metallurgy techniques. Steel powders produced by inert gas atomization were consolidated by hot isostatic pressing. The analysed samples meet all the requirement of reference materials.

Stichworte:

Drucksintern - Referenzmaterial - Spektrometrie - Homogene Stähle

## Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung .....	5
2. Herstellung der Pulver und Sinterkörper .....	7
3. Abfunkverhalten von Sintermaterial .....	9
4. Homogenitätsuntersuchungen .....	9
5. Prüfung des HIP-Materials auf seine Eignung als Spektrometer-ZRM .....	15
6. Vergleich der chemischen Zusammensetzung von Pulver und Sinterkörper .....	18
7. Schlußbetrachtung .....	19
8. Literatur .....	20
9. Tabellen-Anhang .....	21

## 1. Aufgabenstellung

Die optische Emissionsspektralanalyse (OES) mit Funkenanregung und die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) sind zwei Multielementanalysenverfahren, die für die Betriebsüberwachung der metallerschmelzenden und -verarbeitenden Industrie wegen ihrer Schnelligkeit und wegen der von ihnen gebotenen umfassenden Information unverzichtbar sind.

Als Relativverfahren bedürfen sie der Eichung mit Proben genau bekannter Zusammensetzung, die dem zu untersuchenden Material möglichst ähnlich sind. Meist werden dafür besondere für Spektrometer geeignete zertifizierte Referenzmaterialien (Spektrometer-ZRM) eingesetzt. Üblich als Spektrometer-ZRM sind z. B. flache Zylinder, mit den Abmessungen: Durchmesser 40 mm, Höhe 30 mm.

Aus rationellen Gründen und unter Berücksichtigung des technischen Fortschrittes ist die Herstellung eines Zehnjahresbedarfs zweckmäßig. Da der Markt, ebenso wie die Hersteller-gemeinschaft, international ist, kann die Auflage einer Spektrometer-ZRM bis zu 1000 Proben umfassen.

Jede Probe in sich und alle Proben untereinander müssen für OES und RFA gleich zusammengesetzt sein. Für die meisten Stahlzusammensetzungen kann kompakt aus der Schmelze erstarrtes Material in hinreichender Homogenität und in ausreichender Menge hergestellt werden.

Bei bestimmten Stahlzusammensetzungen lassen sich jedoch Inhomogenitäten aufgrund von Seigerungen nicht ausreichend vermeiden. Es war Ziel dieses Vorhabens, die grundsätzliche Eignung eines pulvermetallurgischen Verfahrens, des heißisostatischen Pressens (HIP) von unter Schutzgas verdüsten und erstarrten Pulvern, zur Lösung dieses Problems nachzuweisen.

Zur praxisnahen Prüfung wurden in Zusammenarbeit mit dem Chemikerausschuß des Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) und auf seinen Vorschlag zwei Werkstoffe ausgesucht, die sich bisher nicht in der für Spektrometer-ZRM genügender Homogenität herstellen ließen. Es sind dies

der hitzebeständige Stahl X85CrMoV18 2, Werkstoff-Nr.: 1.4748

und der Schnellarbeitsstahl S 6-5-2-5, Werkstoff-Nr.: 1.3243

Die erforderliche Homogenität war an genügend großen Chargen nachzuweisen.

Die Prüfung der Eignung als Spektrometer-ZRM erfolgte in enger Zusammenarbeit mit erfahrenen Laboratorien des VDEh-Chemikerausschusses. Insbesondere waren Veränderungen der Spektrometermeßwerte zu ermitteln, die mit dem Übergang von der schmelzmetallurgischen zur besonderen pulvermetallurgischen Herstellung im Zusammenhang stehen könnten.

## 2. Herstellung der Pulver und Sinterkörper

### 2.1 Pulver:

Nach den bisherigen Erfahrungen in der BAM (1-3) eignen sich nur Pulver, die wie folgt hergestellt wurden:

- Verdüsen einer mit Schutzgas gerührten Schmelze
  - Erstarren der Tröpfchen im freien Fall in Schutzgas.
- Als Schutzgas eignet sich in der Regel Stickstoff.

Jedes Pulverteilchen ist ein Mikroguß, der extrem schnell erstarrte. Um unterschiedliche Zusammensetzungen durch fraktionierte Verdampfungen aus der Schmelze zu unterdrücken, wird eine enge Siebfraktion im Bereich von 0,1 bis 0,5 mm ausgewählt.

Die Verdüsung der ausgewählten Stahlschmelzen führte die Firma

Nyby Uddeholm Powder AB  
S-64480 Torshälla/Sweden

durch.

### 2.2 Sinterkörper:

Insbesondere die Funken-Emissionsspektrometrie erfordert porenfreie Kompaktproben. Die Verdichtung der Pulver zu praktisch porenfreiem Kompaktmaterial gelingt durch heißisostatisches Pressen der wie oben angegeben hergestellten Pulver.

Zu diesem Zweck werden die Pulver in eine Stahlkapsel eingefüllt. Die Kapsel wird evakuiert und verschlossen. Durch anschließendes Autoklavieren mit Gas bei 1100 °C und 1300 Bar werden die Pulver zu praktisch kompakten Sinterkörpern verdichtet.

Die Verdichtung besorgte die Firma

Seilstorfer GmbH & Co.  
Metallurgische Verfahrenstechnik KG Winden  
8092 Haag/Oberbayern

Das so hergestellte Material zeigt im Schwitzwassertest das gleiche Korrosionsverhalten wie ein erschmolzenes Material, was auf eine sehr geringe Restporosität im heißisostatisch gepreßten Material hinweist.

Das Material enthält im allgemeinen gegenüber kompakt erschmolzenem Material einen kaum erhöhten Gehalt an Sauerstoff, hingegen einen stark erhöhten Gehalt an Stickstoff, der jedoch die Eignung des Materials nicht beeinträchtigt\*).

Herstellbar sind grundsätzlich alle Zusammensetzungen, die am Schmelzpunkt homogene Schmelzen bilden. Die Vielfalt wird eingeschränkt durch:

- die Wahl des Schutzgases bei der Verdüsung
- die Forderung nach Reinhaltung der Verdüsungsanlagen.

Stickstoff als Schutzgas schließt wegen der Nitridbildung Aluminium- und Titanzusätze aus. Stahlschädlinge wie Phosphor, Schwefel aber auch Zinn, Arsen, Blei, Bor, Tantal, Zirkon und Antimon scheiden als gefürchtete Anlagenverschmutzer als zusetzbare Beimengungen bei den herkömmlichen kommerziellen Anlagen aus.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden für die beiden Werkstoffe nur Pulver aus jeweils einer einzigen Verdüsung eingesetzt. Auch die Verdichtung aller Pulverkapseln des gleichen Werkstoffs fand in der gleichen Ofenreise statt.

Vor den weiteren Untersuchungen wurden die heißisostatisch gepreßten Kapseln in 30 mm dicke Scheiben zersägt. Die Ummantelung und eine darunter befindliche etwa 1 mm dicke Schicht des Preßlings wurden abgedreht. So entstanden zylindrische Probekörper mit einem Durchmesser von etwa 40 mm und einer Höhe von etwa 30 mm.

Aus dem Werkstoff X85CrMoV18 2, Werkstoff-Nr. 1.4748 wurden 460 Zylinderproben erhalten, die die Arbeitsbezeichnung BAM 4 zugewiesen bekamen.

Aus dem Werkstoff S 6-5-2-5, Werkstoff-Nr. 1.3243 wurden 681 Zylinderproben mit der Arbeitsbezeichnung BAM 5 hergestellt.

---

\*) Im Material BAM 4, Werkst.-Nr. 1.4748 Massenanteile für Sauerstoff: 0,011 %; für Stickstoff 0,11 %

### 3. Abfunkverhalten des Sintermaterials

Gesinterte Stähle eignen sich in der Regel nicht für Untersuchungen mit den üblichen überkritisch gedämpften Mittelspannungsentladungen der Funken-OES. Sauerstoff aus Oxidhäuten und Poren begünstigt diffuse Entladungen mit stark reduzierter Verdampfung der Probe und entsprechend verminderter Emission von Strahlung. Dem Praktiker sind die dabei auftretenden weißen Abfunkflecken der durch die diffuse Entladung aufgerauhten Oberfläche vertraut. Um zu überprüfen, inwieweit handelsübliche Pulver, wie sie in der Sintertechnik verwendet werden, für die Herstellung von Referenzmaterial geeignet sind, wurden auch 3 Pulversorten untersucht, die durch Wasserverdüsung mit anschließender Reduktion in Wasserstoff gewonnen worden waren. Dabei handelte es sich um ein unlegiertes Stahlpulver und um ein mit Chrom, Nickel und Molybdän bzw. mit Nickel und Molybdän legiertes Stahlpulver. Alle in der BAM durchgeführten Abfunkversuche an daraus hergestellten Sinterkörpern scheiterten an den oben genannten Schwierigkeiten durch Oxidreste.

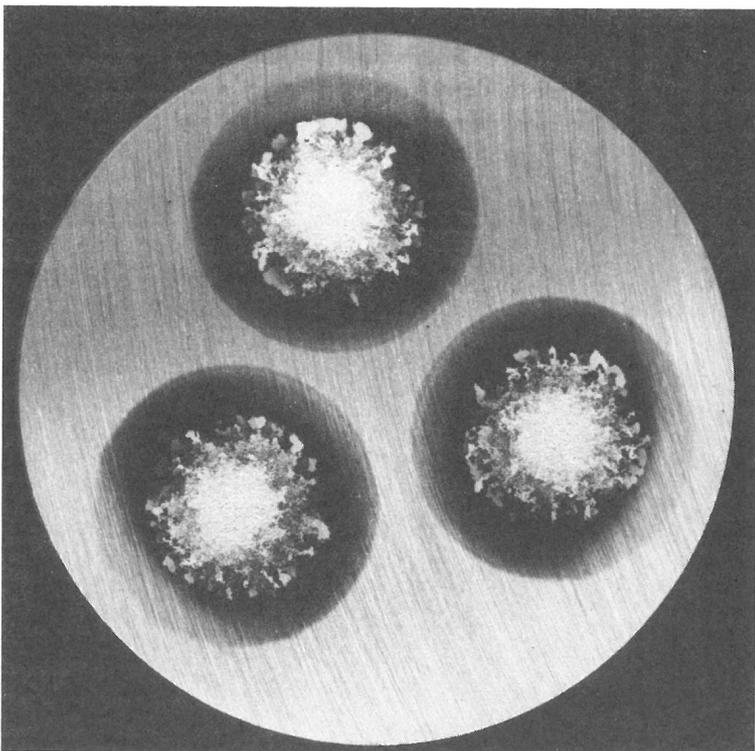


Abb. 1  
Abfunkflecken am Material BAM 4, Werkstoff X85CrMoV18 2  
Anregung, Mittelspannungsfunken  
Vorfunken: 100 Hz, 550 V, 10  $\mu$ F, 20  $\mu$ H  
Integration: 100 Hz, 350 V, 10  $\mu$ F, 20  $\mu$ H, 4,7

HIP-Material aus in Schutzgas erstarrten Pulvern zeigt dagegen bei der Funken-OES Abfunkverhalten wie Materialien, die aus der Schmelze kompakt erstarrten. Bei den Abfunkflecken treten die typischen schwarzen Ränder aus Metallkondensat auf, die auf das Dominieren der konzentrierten Entladungen am Metall hinweisen (5). Im Gegensatz zu den diffusen Entladungen an den Oxiden bewirken die konzentrierten Entladungen den Abbau der metallischen Phase. Ihr Auftreten bei den Materialien BAM 4 und BAM 5 erfüllt eine essentielle Voraussetzung für die Eignung dieser Materialien als ZRM für die Funken-OES. Abbildung 1 zeigt Abfunkflecken am Material BAM 4.

#### 4. Homogenitätsuntersuchungen

Eine Feststellung über die Homogenität eines Materials wird vom angewandten Analysenverfahren in zweifacher Hinsicht eingeschränkt:

1. Die Verfahrensstreuung bestimmt die kleinsten feststellbaren Gehaltsunterschiede.
2. Der vom Analysenverfahren in einer Messung repräsentativ erfaßte Teil einer Probe (Meßprobe) bestimmt die kleinsten Bereiche eines Materials, zwischen denen Gehaltsunterschiede erfaßbar sind.

Die OES erfaßt mit einer Abfunktung eine Probe mit einem Durchmesser von etwa 6 mm und einer Tiefe von etwa 50 µm. Die Meßprobe der RFA kann einen bis zum Faktor 5 größeren Durchmesser aufweisen. Die Tiefe ist sehr stark abhängig von der Wellenlänge der gemessenen Elementstrahlung und variiert daher von Element zu Element.

Für die Homogenitätsuntersuchungen wurde die Funken-OES aus folgenden Gründen ausgewählt:

1. Der Durchmesser der Meßprobe ist bei der Funken-OES kleiner als bei der RFA. Der Meßwert wird also von einer erheblich geringeren Anzahl von Pulverkörnern bestimmt als bei der RFA.
2. Die Funken-OES erfaßt auch den Kohlenstoff und kleinere Massenanteile im Spurenbereich als die RFA.

Nachteilig auf die Schärfe des Homogenitätstestes wirkt sich die etwas geringere Reproduzierbarkeit der Funken-OES gegenüber der RFA aus.

Ablauf des Homogenitätstests:

Der Test wurde in Anlehnung an ASTM E826-81 nach dem folgenden Verfahren durchgeführt:

1. Aus der Gesamtzahl der nummerierten Proben werden nach dem Zufallsprinzip 8 % ausgewählt und als Testproben untersucht.
2. In 6 Durchgängen mit jeweils neuer zufälliger Reihenfolge

derselben Testproben werden die Testproben nacheinander gemessen. Durch die sechsfache Wiederholung sollen probenbedingte Schwankungen der Messungen von Ausreißern anderen Ursprungs unterschieden werden.

3. Die Messungen jedes Durchganges werden in festen Abständen von Messungen an ein und derselben Driftkontrollprobe begleitet. Als diese Driftkontrollprobe wird eine weitere Probe aus der Gesamtheit ausgewählt. Die Messungen an der Driftkontrollprobe lassen eine mögliche Geräte-drift erkennen und gestatten, sie zu korrigieren.
4. Zur Drifterkennung wird der Trendtest von Neumann durchgeführt.
5. Falls eine Drift vorliegt, wird sie korrigiert.
6. Die Meßergebnisse werden nach Probennummern geordnet. Mittelwert und Streuung aus den verschiedenen Durchgängen werden für jede Probe berechnet.
7. Maximal ein Ausreißer innerhalb der Meßwerte für eine Probe wird nach dem Homogenitätstest von Nalimov erkannt und ggf. entfernt.
8. Mit den korrigierten bzw. bereinigten Daten wird getrennt für jedes Element eine Varianzanalyse durchgeführt. Dazu wird die Abweichung eines einzelnen Meßwertes vom Gesamtmittel aus allen Meßwerten zerlegt in:
  - die Abweichung des Probenmittels (Mittelwert aus den 6 Durchgängen einer Probe) vom Gesamtmittel, ausgedruckt als "Streuung zwischen den Proben" ( $V_1$ )
  - die Abweichung der Einzelwerte vom jeweiligen Probenmittel, ausgedruckt durch die "Streuung innerhalb der Proben" ( $V_2$ ). Zur Testentscheidung wird der Quotient  $D = V_1/V_2$  gebildet.

Der Test vergleicht  $V_1$  und  $V_2$ . Das Material wird als homogen angesehen, wenn der Unterschied zwischen  $V_1$  und  $V_2$  nur zufallsbedingt ist. Hierzu wird die Prüfgröße  $D$  mit den Schranken der F-Verteilung für  $f_1 = N-1$  und  $f_2 = N \cdot k - N$  Freiheitsgrade (F-Verteilung) für verschiedene Signifikanzniveaus verglichen ( $N$  = Anzahl der Testproben,  $k$  = Anzahl der Durchgänge).

Nach Gottschalk (4) wird folgendermaßen entschieden:

$D < F(95 \%)$  : Material ist streng homogen

$F(95 \%) \leq D < F(99)$  : Material ist homogen

$F(99 \%) \leq D < F(99,9)$  : Material ist nahezu homogen

$D > F(99,9)$  : Material ist inhomogen

### Ergebnisse des Homogenitätstest (Varianzanalyse)

Tabelle 1

Werkstoff: X85CrMoV18 2, Werkstoff-Nr. 1.4748

Material : BAM 4

Herstellung: Aus heißisostatisch verdichtetem, in Schutzgas  
erstarrtem Pulver

Element	Gehalt in % *)	V1	V2		S %	Beurteilung
C	0,838	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	V1<V2	17,7	streng homogen
Si	0,953	$9,8 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	V1<V2	<0,1	" "
Mn	0,763	$9,0 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	V1<V2	1,8	" "
P	0,018	$4,5 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-8}$	V1>V2	62,7	" "
S	0,009	$6,7 \cdot 10^{-8}$	$9,4 \cdot 10^{-8}$	V1<V2	10,7	" "
Cr	17,003	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	V1>V2	84,2	" "
Mo	2,149	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$6,7 \cdot 10^{-5}$	V1>V2	68,9	" "
Ni	0,516	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	V1<V2	22,4	" "
V	0,378	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	V1<V2	33,3	" "
Cu	0,046	$8,7 \cdot 10^{-7}$	$8,4 \cdot 10^{-7}$	V1>V2	57,6	" "

\*) = Mittelwert aus allen Abfunktungen

V1 = Streuung zwischen den Proben [% absolut]

V2 = Streuung innerhalb der Proben [% absolut]

S = Wahrscheinlichkeit für die Testentscheidung in Prozent

Beurteilungsschema (nach Gottschalk):

$S < 95 \%$  streng homogen       $99 \% \leq S < 99,9 \%$  nahezu homogen

$95 \leq S < 99 \%$  homogen       $S \geq 99,9 \%$  inhomogen

## Ergebnisse des Homogenitätstests (Varianzanalyse)

Tabelle 2

Werkstoff: S6-5-2-5, Werkstoff-Nr. 1.3243  
Material : BAM 5  
Herstellung: Aus heißisostatisch verdichtetem, in Schutzgas  
erstarrem Pulver

Element	Gehalt [%]*)	V1	V2		Beurteilung
C	0,88	$9,6 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	V1<V2	
Si	0,074	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	V1<V2	
Mn	0,25	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	V1<V2	
P	0,02	$5,3 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	V1<V2	
S	0,014	$7,0 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	V1<V2	
Cr	4,1	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	V1<V2	streng
Mo	4,8	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	V1<V2	homogen
V	1,9	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	V1<V2	
W	5,9	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$8,1 \cdot 10^{-4}$	V1<V2	
Co	5,3	$4,9 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	V1<V2	
Cu	0,09	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$4,4 \cdot 10^{-7}$	V1<V2	
Ni	0,30	$3,2 \cdot 10^{-6}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$	V1<V2	

\*) Mittelwert aus allen Abfunktungen

V1 = Streuung (Varianz) zwischen den Proben

V2 = Streuung (Varianz) innerhalb der Proben

Für die Durchführung des Homogenitätstestes wurde ein Rechenprogramm entwickelt, das die Spektrometerwerte des Funkenemissionsspektrometers ARL 31 000 auf dem Rechner des Spektrometers (PDP 11/03) on-line auswertet.

Homogenitätsuntersuchung am Material des Werkstoffs 1.4748:

Aus der Gesamtzahl von 460 Proben wurden 40 Testproben ausgewählt. Vor und nach jeweils 10 Messungen wurde eine Driftkontrollprobe gemessen, also fünfmal je Durchgang.

Das Ergebnis gibt Tabelle 1 wieder. Für alle untersuchten Elemente wurde die Beurteilung "streng homogen" erhalten.

Homogenitätstest am Material des Werkstoffs 1.3243:

Aus der Gesamtzahl von 681 Proben wurden 55 Testproben ausgewählt. Vor und nach jeweils 11 Messungen wurde eine Driftkontrollprobe gemessen, also sechsmal je Durchgang. Sämtliche untersuchten Elemente erwiesen sich als streng homogen verteilt (Tabelle 2).

## 5. Prüfung des HIP-Materials auf seine Eignung als Spektrometer-ZRM

Zertifiziertes Referenzmaterial (ZRM) eignet sich für die Kalibration von OES- bzw. RFA-Spektrometern oder als Analysenkontrollprobe, wenn

- der gesamte Vorrat des ZRM bei der Untersuchung mit Funken-OES- bzw. RFA-Spektrometern die gleiche Zusammensetzung aufweist
- die empirischen Signalfunktionen, die die Massenanteile von Legierungsbestandteilen bzw. von Beimengungen einerseits mit den Spektrometermeßwerten andererseits verknüpfen, bei dem ZRM genau die gleichen sind wie bei dem zu analysierenden Material.

Die erste Bedingung ist durch den Homogenitätsnachweis erfüllt.

Die zweite Bedingung enthält die Frage nach dem Einfluß möglicher Gefügeunterschiede zwischen dem HIP-Material der ZRM und dem zu analysierenden Material, das in aller Regel nicht durch heißisostatisches Pressen gewonnen wird. Der Nachweis der Verwendbarkeit wird indirekt durchgeführt: Ergibt in einem erfahrenen Laboratorium ein nicht mit HIP-Materialien kalibriertes Spektrometer für die HIP-ZRM die gleichen Analyseergebnisse wie gefügeunabhängige Analyseverfahren, dann besteht für das angewandte Spektrometerverfahren kein Einfluß von Gefügeunterschieden zwischen dem HIP-Material und den in diesem Laboratorium üblicherweise untersuchten Materialien.

Bestätigt sich diese Erfahrung in mehreren Laboratorien, so ist die grundsätzliche Eignung des HIP-ZRM für die spektrometrische Analyse dieser Werkstoffzusammensetzung nachgewiesen. Das enthebt einen späteren Benutzer der HIP-ZRM jedoch nicht, sich diese Frage für seinen speziellen Anwendungsbereich stets noch einmal zu stellen.

An den Untersuchungen beteiligten sich 11 Laboratorien von VDEh-Mitgliedsfirmen, koordiniert durch den Arbeitskreis III.35 "ZRM für die Spektrometrie" des Unterausschusses "Analytische Chemie" im Chemikerausschuß des VDEh. Die Be-

teilung der Laboratorien beschränkte sich jeweils auf diejenigen Untersuchungen, für die sich die einzelnen Laboratorien als kompetent betrachteten. Die Auswahl der Analyseverfahren blieb den Laboratorien überlassen.

Bei der Funken-OES wurden in jedem Labor insgesamt 10 Abfunktungen vorgenommen und zwar je 5 auf jeder Probenseite nach dem Abfunkschema der Abb. 2.

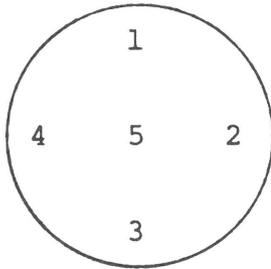


Abb. 2  
Abfunkschema

Für das Material BAM 4, Werkstoff-Nr. 1.4748 sind in den Tabellen A, A1 bis A10 die Bestimmungen der Funken-OES denen der gefügeunabhängigen Analyse gegenübergestellt.

Die Werte der Tabelle A wurden durch Mittelwertbildung über die Laboratorien erhalten. Sie bieten einen schnellen Überblick, können jedoch durch Werte geringerer Genauigkeit ein wenig verfälscht sein. Deshalb sind in den Tabellen A1 bis A10 alle bekannt gewordenen Einzelwerte aufgeführt worden.

Die Einzelwerte der OES-Meßreihen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung und vor allem, wie es bei gegossenen Proben häufig auftritt, keine Unterschiede zwischen dem Kern (5. Wert) und dem übrigen Abfunkbereich der Probe.

Die Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der gefügeunabhängigen Analysen und der Funken-OES ist sehr gut, bisweilen besser als innerhalb eines Laboratoriums - z.B. beim Silicium (Tab. A2).

Die entsprechenden Resultate am Material BAM 5, Werkstoff-Nr. 1.3243 werden von den Tabellen C, C1 bis C12 wiedergegeben. Für sie gilt die gleiche positive Beurteilung wie für das Material BAM 4.

In seltenen Einzelfällen weichen die OES-Ergebnisse eines Labors z.B. beim Vanadium (Tab. C9) oder beim Wolfram (Tab. C10), geringfügig von den übrigen ab. Das darf jedoch

noch nicht als Nachweis von Gefügeeinflüssen interpretiert werden. Auch Eichfehler können dafür die Ursache sein. Das unterstreichen ähnliche Abweichungen bei der gefügeunabhängigen Analyse, z.B. bei der Bestimmung des Siliciums (Tab. C2).

Die Prüfung der Eignung für die RFA basierte auf insgesamt 4 Messungen je Labor; je zwei auf jeder Probenseite. Vor jeder Messung wurden die Proben neu angeschliffen.

Für das Material BAM 4, Werkstoff-Nr. 1.4748 geben die Tabellen B, B1 bis B9 einen Vergleich zwischen der gefügeunabhängigen Analyse und der RFA. Die Übereinstimmung zwischen den auf unterschiedliche Weise bestimmten Gehalten ist auch hier sehr gut, abgesehen von der Schwefel-Bestimmung, für die die RFA weniger geeignet ist.

Der entsprechende Vergleich am Material BAM 5, Werkstoff-Nr. 1.3243 verdient dieselbe gute Beurteilung.

## 6. Vergleich der chemischen Zusammensetzung von Pulver und Sinterkörper

Die Homogenität des Sintermaterials bei der Funken-OES wäre unwahrscheinlich, wenn sich bei der heißisostatischen Verdichtung des in Schutzgas erstarrten Materials die chemische Zusammensetzung verändern würde. Einen besonders präzisen Nachweis der gleichen Zusammensetzung von Pulver und Sinterkörper gestattet die Untersuchung beider Materialien im selben Analysengang unmittelbar hintereinander nach einem gefügeunabhängigen Verfahren.

Das Ergebnis der nur in der BAM durchgeführten Bestimmungen am Material BAM 4, Werkstoff 1.4748 gibt Tabelle E wieder. Die Übereinstimmung ist ausgezeichnet.

Am Material BAM 5, Werkstoff-Nr. 1.3243 wurden entsprechende Untersuchungen als Ringversuch unter Einbeziehung einer Reihe von VDEh-Laboratorien durchgeführt. Die Ergebnisse enthalten die Tabellen F und Fl bis Fl2. Sie stimmen mit den Ergebnissen am Material BAM 4 überein.

Die wiederholt nachgewiesene Gleichheit der chemischen Zusammensetzung von Pulver und Sinterkörper in den untersuchten Gehalten unterstreicht

- die Homogenität des Pulvers,
- die Homogenität des Sinterkörpers,
- die unveränderte Zusammensetzung nach der heißisostatischen Verdichtung des Pulvers.

Sie erspart die sonst übliche Zerspannung kompakten Materials, wenn von dem gleichen Material ein ZRM für die gefügeunabhängige chemische Analyse vorgesehen ist. An die Stelle der Späne treten die Pulver.

## 7. Schlußbetrachtung

Die erzielten Ergebnisse fördern das Vertrauen zu einer neuen Gruppe von metallischen Referenzmaterialien für die spektrometrische Analyse. Diese druckgesinterten Stahlproben stellen hinsichtlich Homogenität und Reproduzierbarkeit einen beachtlichen Fortschritt dar und ermöglichen erst die volle Ausschöpfung der Leistungsfähigkeit moderner Spektrometer bei Stählen, die bisher für Referenzmaterial nicht ausreichend homogen herstellbar waren. Sie sind eine erhebliche Verbesserung der Möglichkeiten der Qualitätskontrolle und somit von wirtschaftlichem Nutzen.

Dies wurde an den Beispielen des hitzebeständigen Stahls X85CrMoV18 2 und des Schnellarbeitsstahls S 6-5-2-5 nachgewiesen. Beide Materialien unterscheiden sich bei Untersuchungen mit der Funken-Emissionsspektralanalyse und mit der Röntgenfluoreszenzanalyse in ihren Signalfunktionen nicht von üblichen, kompakt aus der Schmelze erstarrten Stählen und eignen sich daher zur Herstellung von zertifizierten Referenzmaterialien für die Funken-OES- und RFA-Spektrometrie.

Da an den Untersuchungen eine Reihe von Industrie-Laboratorien beteiligt waren (vgl. Danksagung), konnten sich einige wesentliche Anwender von Referenzmaterialien selbst ein Bild von der Qualität der Proben machen, was der Einführung dieser neuen Technik in diesem Bereich dienlich ist.

Die verallgemeinerte Aussage, schutzgasverdünster, druckgesintertes Stahl eigne sich besonders als Referenzmaterial, dürfte angesichts der Vielzahl der Stähle, die in der BAM analysiert worden sind, und der hier von vielen Laboratorien untersucht und als schwierig geltenden Stähle gerechtfertigt sein.



## 9. Tabellen-Anhang

HIP-Material	Tabelle	Seite
<u>Material BAM 4, Werkstoff 1.4748</u>		
Gegenüberstellung: Gefügeunabhängige Analyse - Funken-OES		
Zusammenfassung.....	A	23
Kohlenstoff.....	A1	
Silicium.....	A2	
Mangan.....	A3	
Phosphor.....	A4	
Schwefel.....	A5	
Chrom.....	A6	
Molybdän.....	A7	
Nickel.....	A8	
Vanadium.....	A9	
Kupfer.....	A10	
Gegenüberstellung: Gefügeunabhängige Analyse - RFA		
Zusammenfassung.....	B	35
Silicium.....	B1	
Mangan.....	B2	
Phosphor.....	B3	
Schwefel.....	B4	
Chrom.....	B5	
Molybdän.....	B6	
Nickel.....	B7	
Vanadium.....	B8	
Kupfer.....	B9	
<u>Material BAM 5, Werkstoff 1.3243</u>		
Gegenüberstellung: Gefügeunabhängige Analyse - Funken-OES		
Zusammenfassung.....	C	45
Kohlenstoff.....	C1	
Silicium.....	C2	
Mangan.....	C3	
Phosphor.....	C4	
Schwefel.....	C5	
Chrom.....	C6	
Molybdän.....	C7	
Nickel.....	C8	
Vanadium.....	C9	
Wolfram.....	C10	
Kupfer.....	C11	
Cobalt.....	C12	

Gegenüberstellung:  
Gefügeunabhängige Analyse - RFA

Zusammenfassung.....	D	59
Silicium.....	D1	
Mangan.....	D2	
Phosphor.....	D3	
Schwefel.....	D4	
Chrom.....	D5	
Molybdän.....	D6	
Nickel.....	D7	
Vanadium.....	D8	
Wolfram.....	D9	
Kupfer.....	D10	
Cobalt.....	D11	

Gegenüberstellung gefügeunabhängiger Analysen  
Pulver - HIP-Material

<u>Material BAM 4, Werkstoff 1.4748</u>		71
---	--	----

Material BAM 5, Werkstoff 1.3243

Zusammenfassung.....	F	73
Kohlenstoff.....	F1	
Silicium.....	F2	
Mangan.....	F3	
Phosphor.....	F4	
Schwefel.....	F5	
Chrom.....	F6	
Molybdän.....	F7	
Nickel.....	F8	
Vanadium.....	F9	
Wolfram.....	F10	
Kupfer.....	F11	
Cobalt.....	F12	

Elemente	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu
<u>Chem. Analyse</u>	(Massenanteile in %)									
Mittelwert	,903	,914	,809	,017	,009	17,15	2,13	,568	,373	,070
St.-Abw.	,01	,02	,01	,001	,001	,05	,03	,04	,03	,001
Anzahl der Laboratorien	7	7	7	7	7	9	7	7	7	3

<u>OES</u>	(Massenanteile in %)									
Mittelwert	,885	,911	,796	,018	,008	17,21	2,16	,561	,373	,081
St.-Abw.	,034	,03	,027	,0003	,002	,28	,04	,03	,010	,017
Anzahl der Laboratorien	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4

Bestimmung von Kohlenstoff

(Massenanteile in %)

Laboratorien 1 2 3 4 5 6 7 9

Chem.  
Analyse

,902	,89	,89	,9175	,904	,91	,91	,91	Mittelwert St.-Abw. VK	,903 ,01 ,01
------	-----	-----	-------	------	-----	-----	-----	------------------------------	--------------------

OESSeite 1

,8978	,913	,87
,9013	,915	,88
,8979	,914	,89
,8836	,917	,89
,8981	,918	,89
,8945	,921	,89
,8954	,922	,91
,8890	,923	,90
,8879	,921	,90
,8810	,919	,90

Seite 2

Gesamtmittelwert:	,885
St. - Abw.	,034
VK	,038

Mittelwert	,893	,918	,892	,838
St.- Abw.	,007	,003	,011	
VK	,01	,00	,013	

Tabelle A 1

Bestimmung von Silicium (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9
Chem. Analyse	,915	,945	,90	,914	,925	,87	,93	
								Mittelwert: ,914
								St.-Abw. ,02
								VK ,03

OES  
Seite 1

	,9118	,914	,87
	,8843	,910	,87
	,8938	,915	,87
	,9092	,914	,87
	,9045	,912	,88
Seite 2	,9014	,913	,88
	,9092	,917	,89
	,8957	,919	,89
	,8999	,910	,88
	,9027	,910	,86
	,901	,913	,876
	,008	,003	,010
	,01	,00	,011

Mittelwert  
 St.- Abw.  
 VK

Gesamtmittelwert: ,91!  
 St. - Abw. ,03  
 VK ,04

Bestimmung von Mangan (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9
Chem. Analyse	,798	,80	,82	,8130	,80	,82	,82	,81
								Mittelwert: ,809
								St.-Abw. ,01
								VK ,01

## OES

## Seite 1

,7969	,788	,83
,7954	,789	,83
,7979	,798	,83
,8038	,788	,83
,7978	,791	,83
,8035	,790	,82
,7890	,793	,83
,8019	,791	,83
,7957	,792	,82
,8058	,795	,84

## Seite 2

Gesamtmittelwert: ,796  
St. - Abw. ,027  
VK ,034

## Mittelwert

## St.- ABw.

## VK

,799  
,005  
,01

,792  
,003  
,00

,829  
,006  
,007

,763

Bestimmung von Phosphor (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9	
<b>Chem. Analyse</b>	,019	,017	,016	,0155	,017	,018	,018	,016	Mittelwert: ,017
									St.-Abw. ,001
									VK ,07

**OES**  
 Seite 1

,0185	,019	,017
,0189	,019	,017
,0201	,019	,018
,0188	,019	,018
,0178	,018	,019
,0202	,018	,019
,0160	,019	,020
,0166	,018	,019
,0192	,018	,019
,0203	,019	,018

Seite 2

,019	,019	,018	,018
,001	,001	,001	
,08	,03	,053	
Mittelwert			,018
St.- ABw.			
VK			

Gesamtmittelwert: ,018  
 St. - Abw. ,0003  
 VK ,016

Bestimmung von Schwefel (Massenanteile in %)

Laboratorien 1 2 3 4 5 6 7 9

Chem. Analyse

,0085 ,009 ,0085 ,0091 ,0090 ,009 ,0077 Mittelwert: ,009  
 St.-Abw. ,0005  
 VK ,06

OES

Seite 1

,0056 ,007  
 ,0056 ,008  
 ,0060 ,008  
 ,0059 ,009  
 ,0057 ,008

Seite 2

,0066 ,008  
 ,0055 ,008  
 ,0051 ,008  
 ,0056 ,008  
 ,0061 ,008

Gesamtmittelwert: ,008  
 St. - Abw. ,002  
 VK ,218

Mittelwert

St.- ABw.

VK

,0058 ,008 ,009  
 ,0004 ,0005  
 ,07 ,06

Bestimmung von Chrom (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Chem.</b>	17,06	17,22		17,15	17,16		17,21	17,16	17,128	17,14	17,05
<b>Analyse</b>	17,08	17,19		17,15	17,10		17,21	17,12	17,093	17,17	17,06
	17,08	17,19		17,15	17,14		17,23	17,20	17,076	17,19	17,10
	17,11	17,22		17,19	17,09		17,22	17,17		17,21	17,12
<b>Mittelwert</b>	17,08	17,21		17,16	17,12		17,22	17,16	17,10	17,18	17,08
<b>St.-Abw.</b>	,021	,017		,020	,033		,010	,033	,027	,030	,033
<b>VK</b>	,001	,001		,001	,002		,001	,002	,002	,002	,002

Gesamtmittelwert: 17,15  
St.-Abw. ,05  
VK ,003

**OES**

**Seite 1**

17,50	17,13	17,06
17,46	17,14	17,05
17,59	17,12	17,11
17,66	17,12	17,06
17,92	17,11	17,10

**Seite 2**

17,62	17,15	17,08
17,31	17,11	17,12
17,63	17,09	17,12
17,56	17,12	17,05
17,97	17,19	17,14

Gesamtmittelwert: 17,21  
St. - Abw. ,28  
VK ,016

**Mittelwert**

St.- ABw.

VK

17,00

Bestimmung von Molybdän

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9	
Chem. Analyse	2,19	2,10	2,12	2,108	2,13	2,11	2,15		Mittelwert: 2,13
									St.-Abw. ,03
									VK ,01

OES Seite 1

2,19	2,14	2,04
2,18	2,14	2,12
2,21	2,16	2,14
2,23	2,18	2,14
2,19	2,17	2,15
2,20	2,15	2,12
2,18	2,14	2,12
2,22	2,15	2,13
2,22	2,15	2,15
2,26	2,17	2,12

Seite 2

2,21	2,16	2,12
,03	,01	,03
,01	,01	,01

Mittelwert  
St.- ABw.  
VK

Gesamtmittelwert: 2,16  
St. - Abw. ,04  
VK ,02

Bestimmung von Nickel (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9	
	,555	,52	,64	,559	,605	,56	,534		Mittelwert: ,568
									St.-Abw. ,04
									VK ,07

Chem. Analyse

<u>OES</u>	,5753	,578	,55
<u>Seite 1</u>	,5873	,587	,55
	,5851	,584	,56
	,5796	,579	,56
	,6018	,570	,56
<u>Seite 2</u>	,5765	,582	,55
	,5880	,590	,56
	,5856	,583	,56
	,5953	,578	,57
	,5825	,592	,57
	,586	,582	,559
Mittelwert	,008	,006	,007
St.- ABW.	,01	,01	,013
VK			

Gesamtmittelwert: ,561  
St. - Abw. ,03  
VK ,06

Bestimmung von Vanadium

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9
Chem. Analyse	,395	,31	,36	,382	,395	,38	,386	
								Mittelwert: ,373
								St.-Abw. ,03
								VK ,08

OES  
Seite 1

,3886	,359	,37
,3887	,358	,36
,3896	,360	,37
,3922	,364	,37
,3894	,360	,37
,3915	,358	,36
,3858	,355	,37
,3890	,354	,37
,3889	,357	,36
,3961	,361	,36
,390	,359	,366
,003	,003	,005
,01	,01	,014
		,378

Gesamtmittelwert: ,373  
 St. - Abw. ,01  
 VK ,04

Seite 2

Mittelwert  
 St.- ABW.  
 VK

Bestimmung von Kupfer

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9
Chem. Analyse	,071	,070					,07	
								Mittelwert: ,070
								St.-Abw. ,001
								VK ,01

OES  
 Seite 1

,0656	,077
,0638	,079
,0640	,079
,0655	,078
,0656	,076
,0665	,078
,0657	,080
,0662	,078
,0698	,077
,0661	,079

Seite 2

Gesamtmittelwert: ,081  
 St. - Abw. ,017  
 VK ,213

Mittelwert  
 St.- ABw.  
 VK

,066 ,078  
 ,002 ,001  
 ,02 ,02

,10



Elemente	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu
<u>Chem. Analyse</u>	(Massenanteile in %)									
Mittelwert	,903	,914	,809	,017	,009	17,15	2,13	,568	,373	,070
St.-Abw.	,01	,02	,01	,001	,001	,05	,03	,04	,03	,001
Anzahl der Laboratorien	7	7	7	7	7	9	7	7	7	3

<u>RFA</u>	(Massenanteile in %)									
Mittelwert	,924	,818	,018	,007	17,17	2,16	,573	,379	,073	
St.-Abw.	,006	,03	,001	,004	,15	,03	,01	,011	,005	
Anzahl der Laboratorien	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4

<u>Bestimmung von Silicium</u>		(Massenanteile in %)							
Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Chem. Analyse</b>	,915	,945	,90	,914	,925	,87	,923		Mittelwert: ,913 St.-Abw. ,02 VK ,03
<b>RFA Seite 1</b>	,920				,935 ,916	,93 ,94	,91 ,92		
<b>Seite 2</b>	,918				,930 ,933	,93 ,92	,92 ,93		Gesamtmittelwert: ,924 St. - Abw. ,006 VK ,006
Mittelwert	,919				,929	,930	,920		
St.- Abw.	,001				,009	,008	,008		
VK	,00				,01	,01	,009		

Bestimmung von Mangan (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	8
Chem. Analyse	,798	,80	,82	,8130	,80	,82	,82	,81
								Mittelwert: ,809
								St.-Abw. ,009
								VK ,012

RFA  
Seite 1

,796  
,798 ,84 ,84  
,786 ,84 ,84

Seite 2

,797  
,790 ,85 ,84  
,805 ,84 ,84

Gesamtmittelwert: ,818  
St. - Abw. ,026  
VK ,032

Mittelwert ,797  
St.- ABW. ,001  
VK ,001

,795 ,843 ,840  
,008 ,005 0  
,01 ,01 0

Bestimmung von Phosphor (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Chem. Analyse</i>	,019	,017	,016	,0155	,017	,018	,018	
								Mittelwert: ,017 St.-Abw. ,00 VK ,08
<i>RFA Seite 1</i>		,017						
					,018	,017	,018	
					,019	,019	,016	
<i>Seite 2</i>		,017						
					,017	,019	,018	
					,019	,017	,017	
Mittelwert		,017						
St.- Abw.	0				,018	,018	,017	
VK	0				,001	,001	,001	
					,05	,06	,056	
								Gesamtmittelwert: ,018 St. - Abw. ,001 VK ,034

Bestimmung von Schwefel (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9
Chem. Analyse	,0085	,009	,0085	,0091	,0090	,009	,0077	
								Mittelwert: ,009
								St.-Abw. ,0005
								VK ,06

RFA  
 Seite 1

,004  
 ,004  
 ,010  
 ,010

Seite 2

,004  
 ,004  
 ,010  
 ,010

Gesamtmittelwert: ,007  
 St. - Abw. ,004  
 VK ,61

Mittelwert  
 St.- ABW.  
 VK

,004  
 0  
 0  
 ,010  
 0  
 0

Bestimmung von Chrom (Massenanteile in %)

Laboratorien 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Chem.  
Analyse

17,08 17,21 17,16 17,12 17,22 17,16 17,10 17,18 17,08 Mittelwert: 17,15  
St.-Abw. ,05  
VK ,003

RFA 17,33  
Seite 1

16,98 17,25 17,21  
16,91 17,24 17,17

Seite 2 17,32

16,96 17,23 17,20  
16,99 17,17 17,16

Mittelwert 17,33  
St.- ABW. ,01  
VK ,0004

16,96 17,22 17,19  
,04 ,04 ,02  
,002 ,002 ,001

Gesamtmittelwert: 17,17  
St. - Abw. ,15  
VK ,01

Bestimmung von Molybdän (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9	
<i>Chem. Analyse</i>	2,19	2,10	2,12	2,108	2,13		2,11	2,15	Mittelwert: 2,13
									St.-Abw. ,03
									VK ,01

<i>RFA Seite 1</i>	2,19				2,172	2,14	2,04		
					2,154	2,14	2,12		
						2,16	2,14		
						2,18	2,14		
						2,17	2,15		
<i>Seite 2</i>	2,19				2,162	2,15	2,12		Gesamtmittelwert: 2,16
					2,163	2,14	2,12		St. - Abw. ,03
						2,15	2,13		VK ,01
						2,15	2,15		
						2,17	2,12		
Mittelwert	2,19				2,16	2,16	2,12		
St.- ABw.					,01	,01	,03		
VK					,003	,01	,01		

Bestimmung von Nickel

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9	
<i>Chem. Analyse</i>									
	,555	,52	,64	,559	,605	,56	,534		Mittelwert: ,568
									St.-Abw. ,04
									VK ,07

RFA  
Seite 1

,570  
,591 ,56 ,57  
,589 ,56 ,57

Seite 2

,568  
,596 ,57 ,57  
,594 ,55 ,57

Gesamtmittelwert: ,573  
St. - Abw. ,01  
VK ,02

Mittelwert ,569  
St.- ABw. ,001  
VK ,00

,593 ,560 ,570  
,003 ,008 0  
,01 ,01 0

Bestimmung von Vanadium

(Massenanteile in %)

Laboratorien 1 2 3 4 5 6 7 9

Chem.  
Analyse

,395 ,31 ,36 ,382 ,395 ,38 ,386  
Mittelwert: ,373  
St.-Abw. ,03  
VK ,08

RFA ,390

Seite 1

,387 ,371 ,37  
,385 ,369 ,37

Seite 2 ,391

,384 ,373 ,37  
,385 ,371 ,36

Gesamtmittelwert: ,379  
St. - Abw. ,011  
VK ,029

Mittelwert ,391  
St.- ABw. ,001  
VK ,002

,385 ,371 ,368  
,001 ,002 ,005  
,003 ,004 ,014

Bestimmung von Kupfer (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7	9
<b>Chem. Analyse</b>	,071	,070					,07	
<b>Mittelwert</b>								,070
<b>St.-Abw.</b>								,001
<b>VK</b>								,01

RFA ,072

Seite 1

,067	,07	,08
,068	,07	,08

Seite 2 ,072

,070	,07	,08
,070	,07	,08

<b>Gesamtmittelwert:</b>	,073
<b>St. - Abw.</b>	,005
<b>VK</b>	,070

Mittelwert ,072

St.- ABw.

,069	,07	,080
,002	0	0
VK	0	0

Tabelle B 9

Elemente	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	Cu	Co
<u>Chem. Analyse</u>	(Massenanteile in %)											
Mittelwert	,915	,086	,246	,017	,015	4,193	4,831	,318	1,932	6,239	,082	5,273
St.-Abw.	,007	,020	,006	,002	,0004	,016	,066	,018	,016	,070	,003	,072
Anzahl der Laboratorien	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
<u>OES</u>	(Massenanteile in %)											
Mittelwert	,915	,067	,243	,018	,015	4,149	4,828	,310	1,945	6,189	,085	5,284
St.-Abw.	,028	,009	,007	,002	,002	,041	,11	,015	,018	,14	,004	,077
Anzahl der Laboratorien	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4



Bestimmung von Silicium

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Chem. Analyse	,073 ,075 ,070 ,071					,092 ,08	,12 ,10 ,10 ,14
Mittelwert	,072	,072	<.005			,086	,115
St.-Abw.	,002					,008	,019
VK	,031					,099	,167
							Gesamtmittelwert: ,086 St.-Abw. ,020 VK ,234
OES	,062 ,065 ,063 ,063 ,064						,075 ,076 ,077 ,076 ,079
Seite 1							
Seite 2	,065 ,062 ,063 ,063 ,062						,081 ,078 ,077 ,076 ,080
							Gesamtmittelwert: ,067 St. - Abw. ,009 VK ,139
Mittelwert	,063	,060					,078
St.-Abw.	,001						,002
VK	,02						,03

Bestimmung von Mangan

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,23 ,24 ,24 ,24			,25 ,25 ,24 ,24		,25 ,25	,237 ,237 ,242 ,241
Mittelwert	,238	,250	,2536	,25		,250	,239
St.-Abw.	,005			,006			,003
VK	,021			,024			,011
							Gesamtmittelwert: ,246 St.-Abw. ,006 VK ,026
<i>OES Seite 1</i>	,242 ,239 ,241 ,239 ,237			,24 ,23 ,23 ,23 ,23			,249 ,250 ,251 ,249 ,251
<i>Seite 2</i>	,243 ,240 ,239 ,241 ,237			,24 ,24 ,23 ,24 ,24			,254 ,252 ,251 ,249 ,251
Mittelwert	,240	,247		,235			,251
St.-Abw.	,002			,005			,002
VK	,01			,02			,01
							Gesamtmittelwert: ,243 St.-Abw. ,007 VK ,029

Bestimmung von Phosphor

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,016 ,017 ,016 ,017			,019 ,019 ,020 ,019			,0148 ,0147 ,0151 ,0150
Mittelwert	,0165	,016	,0164	,019			,015
St.-Abw.	,001			,001			,000
VK	,035			,026			,012
							Gesamtmittelwert ,017 St.-Abw. ,002 VK ,097
<i>OES Seite 1</i>	,020 ,020 ,020 ,021 ,020			,018 ,018 ,018 ,018 ,018			,017 ,017 ,018 ,017 ,018
<i>Seite 2</i>	,020 ,020 ,020 ,020 ,021			,017 ,018 ,018 ,018 ,017			,018 ,018 ,018 ,017 ,019
Mittelwert	,020	,016		,018			,018
St.-Abw.	,0004			,0004			,0007
VK	,02			,02			,04
							Gesamtmittelwert ,018 St. - Abw. ,002 VK ,096

Bestimmung von Schwefel

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,015 ,015 ,015 ,015	,015	,0155	,016 ,016 ,016 ,016	,015 ,015	,015 ,015	,0152 ,0154 ,0153 ,0152
Mittelwert	,015	,015	,0155	,016	,015	,015	,015
St.-Abw.							,0001
VK							,006
							Gesamtmittelwert: ,015 St.-Abw. ,0004 VK ,026
<i>OES Seite 1</i>	,012 ,012 ,012 ,012 ,013						,014 ,013 ,014 ,014 ,015
<i>Seite 2</i>	,012 ,012 ,012 ,012 ,012			,016 ,016 ,016 ,016 ,017			,015 ,015 ,015 ,014 ,015
Mittelwert	,012	,016		,016			,014
St.-Abw.	,0003			,0003			,0007
VK	,03			,02			,05
							Gesamtmittelwert: ,015 St. - Abw. ,002 VK ,128





Bestimmung von Nickel

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	, 33 , 33 , 34 , 34			, 32 , 32 , 32 , 32		, 292 , 275	, 3264 , 3267 , 3283 , 3291
Mittelwert	, 335	, 315	, 3254	, 320		, 284	, 328
St.-Abw.	, 006			, 012		, 042	, 001
VK	, 017						, 004
							Gesamtmittelwert: , 318 St.-Abw. , 018 VK , 057
<i>OES Seite 1</i>	, 326 , 328 , 329 , 328 , 329			, 31 , 31 , 31 , 31 , 31			, 297 , 298 , 300 , 297 , 300
<i>Seite 2</i>	, 331 , 333 , 336 , 336 , 335			, 30 , 31 , 31 , 31 , 31			, 303 , 300 , 300 , 297 , 302
Mittelwert	, 331	, 300		, 309			, 299
St. - Abw.	, 004			, 003			, 002
VK	, 01			, 01			, 01
							Gesamtmittelwert: , 310 St. - Abw. , 015 VK , 048



Bestimmung von Wolfram

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	6,21			6,27		6,22	6,352
	6,23			6,27		6,22	6,330
	6,23			6,27			6,323
	6,22			6,26			6,352
Mittelwert	6,223	6,260	6,1256	6,268		6,22	6,339
St.-Abw.	,010			,005			,015
VK	,002			,001			,002
							Gesamtmittelwert: 6,239
							St.-Abw. ,070
							VK ,011
<i>OES Seite 1</i>	6,28			6,25			6,014
	6,24			6,25			5,954
	6,23			6,22			5,950
	6,23			6,24			5,956
	6,19			6,28			6,01
Mittelwert	6,44			6,24			5,974
St.-Abw.	6,20			6,25			5,968
VK	6,24			6,25			5,944
	6,25			6,24			5,974
	6,10			6,25			6,038
Mittelwert	6,24	6,290		6,25			5,98
St.-Abw.	,09			,01			,03
VK	,01			,002			,005
							Gesamtmittelwert: 6,189
							St.-Abw. ,142
							VK ,023

Bestimmung von Kupfer

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,08 ,08 ,08 ,08	,080 ,080	,0829 ,0829	,08 ,08 ,08 ,08		,081 ,079	,0881 ,0910 ,0870 ,0863
Mittelwert	,080	,080	,0829	,080		,080	,088
St.-Abw.						,001	,002
VK						,018	,024
							Gesamtmittelwert: ,082 St.-Abw. ,003 VK ,040
<i>OES Seite 1</i>	,080 ,080 ,080 ,080 ,080			,09 ,09 ,09 ,09 ,09			,085 ,085 ,085 ,086 ,086
<i>Seite 2</i>	,080 ,080 ,081 ,079 ,080			,09 ,09 ,09 ,09 ,09			,087 ,086 ,086 ,085 ,085
Mittelwert	,080	,084		,090			,086
St. - Abw.	,0005						,0007
VK	,006						,008
							Gesamtmittelwert: ,085 St. - Abw. ,004 VK ,049

Bestimmung von Cobalt

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	5,25			5,19		5,25	5,236
	5,24			5,20		5,26	5,227
	5,24			5,19			5,236
	5,24			5,20			5,246
Mittelwert St.-Abw. VK	5,243 ,005 ,001	5,310	5,4003	5,195 ,006 ,001		5,26 ,007 ,001	5,236 ,008 ,001
	Gesamtmittelwert: 5,273						
	St.-Abw. ,072 VK ,014						
<i>OES Seite 1</i>	5,19			5,22			5,309
	5,18			5,23			5,291
	5,23			5,24			5,309
	5,22			5,23			5,287
	5,23			5,24			5,329
<i>Seite 2</i>	5,18			5,23			5,320
	5,21			5,23			5,326
	5,24			5,24			5,310
	5,20			5,23			5,301
	5,23			5,24			5,340
Mittelwert St. - Abw. VK	5,21 ,02 ,004	5,380		5,23 ,01 ,001			5,31 ,02 ,003
	Gesamtmittelwert: 5,284						
	St. - Abw. ,077 VK ,015						



Elemente	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	Cu	Co
<u>Chem. Analyse</u>	(Massenanteile in %)											
Mittelwert	,915	,086	,246	,017	,015	4,193	4,831	,318	1,932	6,239	,082	5,273
St.-Abw.	,007	,020	,006	,002	,0004	,016	,066	,018	,016	,070	,003	,072
Anzahl der	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6

<u>RFA</u>	(Massenanteile in %)											
Mittelwert	,064	,249	,014	,009	4,173	4,856	,311	1,928	6,231	,084	5,254	
St.-Abw.	,015	,009	,004	,030	,029	,015	,025	,002	,006	,049		
Anzahl der Laboratorien	3	3	3	1	3	3	3	3	2	3	3	

Bestimmung von Silicium

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,073 ,075 ,070 ,071					,092 ,08	,12 ,10 ,10 ,14
Mittelwert	,072	,072	<.005			,086	,115
St.-Abw.	,002					,008	,019
VK	,031					,099	,167
							Gesamtmittelwert: ,086 St.-Abw. ,020 VK ,234

RFASeite 1,065 \*)  
,066  
,056 \*\*)  
,058,05  
,05Seite 2,067 \*)  
,067  
,058 \*\*)  
,058,05  
,05Gesamtmittelwert: ,064  
St. - Abw. ,015  
VK ,236Mittelwert

,062

,005

,08

,080

,050

Gerät:

\*) = ARL 8680

\*\*) = ARL 72000

Tabelle D 1

Bestimmung von Mangan

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,23 ,24 ,24 ,24			,25 ,25 ,24 ,24		,25 ,25	,237 ,237 ,242 ,241
Mittelwert	,238	,250	,2536	,245		,250	,239
St.-Abw.	,005			,006			,003
VK	,021			,024			,011
							Gesamtmittelwert: ,246 St.-Abw. ,006 VK ,026
<i>RFA Seite 1</i>	,235 *) ,235 ,259 **) ,264			,26 ,26			
<i>Seite 2</i>	,234 *) ,234 ,263 **) ,270			,25 ,26			
Mittelwert	,249	,240		,258			
St.-Abw.	,016			,005			
VK	,06			,02			
							Gesamtmittelwert: ,249 St. - Abw. ,009 VK ,035

Gerät:

\*) = ARL 8680

\*\* ) = ARL 72000

Bestimmung von Phosphor

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem.</i>	,016			,019			,0148
<i>Analyse</i>	,017			,019			,0147
	,016			,020			,0151
	,017			,019			,0150
Mittelwert	,0165	,016	,0164	,019			,015
St.-Abw.	,001			,001			,000
VK	,035			,026			,014
							Gesamtmittelwert ,017
							St.-Abw. ,002
							VK ,096
<i>RFA</i>	,008 *			,017			
<i>Seite 1</i>	,008			,015			
	,012 **)						
	,010						
<i>Seite 2</i>	,007 *)			,016			
	,007			,016			
	,011 **)						
	,012						
Mittelwert	,009	,016		,016			,014
St.-Abw.	,0021			,0008			,004
VK	,23			,05			,277
							Gesamtmittelwert ,014
							St. - Abw. ,004
							VK ,277

Gerät:

\*) = ARL 8680

\*\*) = ARL 72000

Bestimmung von Schwefel

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,015			,016		,015	,0152
	,015			,016		,015	,0154
	,015			,016			,0153
	,015			,016			,0152
Mittelwert	,015	,015	,0155	,016		,015	,0153
St.-Abw.							,0001
VK							,006
							Gesamtmittelwert: ,015
							St.-Abw. ,0004
							VK ,026

RFA ,009 \*)  
 Seite 1 ,009  
 ,009 \*\*)  
 ,009

Seite 2 ,009 \*)  
 ,009  
 ,008 \*\*)  
 ,008

Mittelwert ,009  
 St.-Abw. ,0004  
 VK ,05  
 Gerät:  
 \*) = ARL 8680  
 \*\*) = ARL 72000

Gesamtmittelwert: ,009





Bestimmung von Nickel

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Chem. Analyse	,33 ,33 ,34 ,34			,32 ,32 ,32 ,32		,292 ,275	,3264 ,3267 ,3283 ,3291
Mittelwert	,335	,315	,3254	,320		,284	,328
St.-Abw.	,006					,012	,001
VK	,017					,042	,004
							Gesamtmittelwert: ,318 St.-Abw. ,018 VK ,057

RFA	,295 *)			,32			
Seite 1	,296			,32			
	,295 **)						
	,298						
Seite 2	,295 *)			,32			
	,296			,32			
	,291 **)						
	,288						
Mittelwert	,294	,320		,32			
St. - Abw.	,003						
VK	,011						

Gesamtmittelwert: ,311  
St. - Abw. ,015  
VK ,048

Gerät:

\*) = ARL 8680

\*\*) = ARL 72000

Bestimmung von Vanadium

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	1,90			1,95		1,95	1,935
	1,91			1,95		1,92	1,957
	1,91			1,94			1,947
	1,90			1,95			1,945
Mittelwert	1,905	1,930	1,9267	1,948		1,935	1,946
St.-Abw.	,006			,005		,021	,009
VK	,003			,003		,011	,005

Gesamtmittelwert: 1,932  
St.-Abw. ,016  
VK ,008

RFA  
Seite 1  
1,915 \*)  
1,916  
1,928 \*\*)  
1,939

1,95  
1,96

Seite 2  
1,910 \*)  
1,914  
1,928 \*\*)  
1,927

1,96  
1,95

Gesamtmittelwert: 1,928  
St. - Abw. ,025  
VK ,013

Mittelwert 1,922 1,906  
St. - Abw. ,010  
VK ,005

1,955  
,006  
,003

Gerät:

\*) = ARL 8680

\*\*) = ARL 72000

Bestimmung von Wolfram

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem.</i>	6,21					6,22	6,352
<i>Analyse</i>	6,23					6,22	6,330
	6,23						6,323
	6,22						6,352
Mittelwert	6,223	6,260	6,1256	6,268		6,22	6,339
St.-Abw.	,010			,005			,015
VK	,002			,001			,002
							Gesamtmittelwert: 6,239
							St.-Abw. ,070
							VK ,011

RFA

Seite 1

6,23  
6,25

Seite 2

6,22  
6,23Gesamtmittelwert: 6,231  
St. - Abw. ,002  
VK ,0003

Mittelwert

St. - Abw.

VK

6,230

6,23  
,01  
,002Tabelle D 9

Bestimmung von Kupfer

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	,08 ,08 ,08 ,08	,080	,0829	,08 ,08 ,08 ,08	,081 ,079	,0881 ,0910 ,0870 ,0863	
Mittelwert		,080	,0829	,080		,080	
St.-Abw.						,001	
VK						,018	
							Gesamtmittelwert: ,082 St.-Abw. ,003 VK ,040

<i>RFA Seite 1</i>	,080 *) ,080 ,082 **) ,082			,09 ,09			
<i>Seite 2</i>	,080 *) ,079 ,082 **) ,082			,09 ,09			Gesamtmittelwert: ,084 St. - Abw. ,006 VK ,066

Mittelwert	,081	,080		,09			
St. - Abw.	,001						
VK	,015						

Gerät:

\*) = ARL 8680

\*\*)= ARL 72000

Bestimmung von Cobalt

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
<i>Chem. Analyse</i>	5,25 5,24 5,24 5,24			5,19 5,20 5,19 5,20		5,25 5,26	5,236 5,227 5,236 5,246
Mittelwert	5,243	5,310	5,4003	5,195		5,26	5,236
St. - Abw.	,005			,006		,007	,008
VK	,001			,001		,001	,001
							Gesamtmittelwert: 5,273 St. - Abw. ,072 VK ,014
<i>RFA Seite 1</i>	5,148 *) 5,155 5,252 ** 5,224			5,26 5,26			
<i>Seite 2</i>	5,153 *) 5,171 5,260 ** 5,250			5,26 5,26			Gesamtmittelwert: 5,254 St. - Abw. ,049 VK ,009
Mittelwert	5,202	5,30		5,260			
St. - Abw.	,05						
VK	,010						

Gerät:

\*) = ARL 8680

\*\*) = ARL 72000

Elemente	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu	Co
<u>Pulver</u>											
	,899		,805		,0079	17,16	2,26	,574	,364	,0686	,024
	,895		,809		,0083	17,14	2,22	,573	,365	,0685	,021
	,895		,809		,0076	17,12	2,13	,575	,359	,0673	,023
	,903		,811		,0078	17,16	2,15	,576	,366	,0678	,022
	,902										
Mittelwert	,899		,809		,0079	17,15	2,19	,575	,364	,068	,022
St.-Abw.	,004		,003		,0003	,02	,06	,001	,003	,001	,002
<u>Sinterkörper</u>											
	,909		,805		,0080	17,13	2,27	,575	,365	,067	,022
	,901		,810		,0078	17,09	2,23	,573	,370	,068	,021
	,905		,810		,0080	17,08	2,19	,569	,363	,069	,021
	,899		,805		,0076	17,16	2,21	,575	,359	,068	,021
	,905					17,18					
Mittelwert	,904		,808		,0079	17,13	2,23	,573	,364	,068	,021
St.-Abw.	,004		,003		,0002	,04	,03	,003	,005	,001	,001



Elemente	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	Cu	Co
<u>Sinterkörper</u> (Massenanteile in %)												
Mittelwert	,915	,086	,246	,017	,015	4,193	4,831	,318	1,932	6,239	,082	5,273
St.-Abw.	,007	,020	,006	,002	,0004	,016	,066	,018	,016	,070	,003	,072
Anzahl der Laboratorien	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6

<u>Pulver</u> (Massenanteile in %)												
Mittelwert	,916	,079	,248	,017	,016	4,200	4,844	,314	1,932	6,284	,082	5,241
St.-Abw.	,006	,009	,007	,002	,01	,020	,069	,019	,011	,114	,003	,114
Anzahl der Laboratorien	7	6	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7

Tabelle F

Erläuterung der Verfahrens-  
Kurzzeichen in den Tabellen  
F 1 - F 12:

A = AAS                      P = Photometrie  
C = Coulometrie          R = RFA (Rekonstitution)  
G = Gravimetrie          T = Titrimetrie  
I = ICP                      V = Verbrennung (IR)





Bestimmung von Mangan (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Verfahren			R	I	A		P
<i>Sinterkörper</i>	,23 ,24 ,24 ,24			,25 ,25 ,24 ,24		,25 ,25	,237 ,237 ,242 ,241
Mittelwert	,238	,250	,2536	,25		,250	,239
Std.-Abw.	,005			,006			,003
VK	,021			,024			,011
							Gesamtmittelwert: ,246
							Std.-Abw. ,006
							VK ,026
<i>Pulver</i>	,24 ,24 ,24 ,24			,25 ,25 ,25 ,25	,2528 ,2553 ,2553 ,2591	,25 ,25	,237 ,241 ,238 ,231
Mittelwert	,240	,248	,2532	,25	,256	,250	,237
Std.-Abw.					,003		,004
VK					,010		,018
							Gesamtmittelwert: ,248
							Std.-Abw. ,007
							VK ,028

Bestimmung von Phosphor		(Massenanteile in %)							
		1	2	3	4	5	6	7	
Laboratorien				R	P	A		P	
Sinterkörper		,016			,019			,0148	
		,017			,019			,0147	
		,016			,020			,0151	
		,017			,019			,0150	
Mittelwert	,0165	,016	,0164	,019			,015	Gesamtmittelwert: ,017	
Std.-Abw.	,001			,001			,000	Std.-Abw. ,002	
VK	,035			,026			,012	VK ,097	
<hr/>									
Pulver		,016			,020		,0181	,0147	
		,016			,021		,0182	,0151	
		,017			,019		,0183	,0152	
		,016			,021		,0182	,0146	
Mittelwert	,016	,016	,0165	,020		,018	,015	Gesamtmittelwert: ,017	
Std.-Abw.	,001			,001		,0001	,0003	Std.-Abw. ,002	
VK	,031			,047		,004	,020	VK ,112	

Bestimmung von Schwefel (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Verfahren	V	A	V	A	V	V	V
<i>Sinterkörper</i>	,015 ,015 ,015 ,015	,015	,0155	,016 ,016 ,016 ,016		,015 ,015	,0152 ,0154 ,0153 ,0152
Mittelwert	,015	,015	,0155	,016		,015	,015
Std.-Abw.							,0001
VK							,006
							Gesamtmittelwert: ,015 Std.-Abw. ,0004 VK ,026
<i>Pulver</i>	,015 ,015 ,015 ,015	,016	,0158	,016 ,016 ,016 ,016	,0169 ,0169 ,0171 ,0171	,016 ,016	,0152 ,0150 ,0156 ,0155
Mittelwert	,015	,016	,0158	,016	,0170	,016	,0153
Std.-Abw.					,000		,0003
VK					,007		,018
							Gesamtmittelwert: ,016 Std.-Abw. ,001 VK ,040

Bestimmung von Chrom

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Verfahren	R	I	A	T			
<i>Sinterkörper</i>	4,20 4,19 4,19 4,20	4,20 4,20 4,19 4,19	4,20 4,20 4,19 4,19	4,20 4,20 4,19 4,19	4,12 4,22	4,204 4,200 4,198 4,206	
Mittelwert	4,195	4,180	4,2167	4,195	4,170	4,202	Gesamtmittelwert: 4,193
Std.-Abw.	,006	,006	,006	,006	,071	,004	St.-Abw. ,016
VK	,001	,001	,001	,001	,017	,001	VK ,004
<i>Pulver</i>	4,21 4,20 4,21 4,20	4,20 4,20 4,18 4,18	4,20 4,20 4,18 4,18	4,18 4,19 4,19	4,22 4,22	4,210 4,209 4,216 4,223	
Mittelwert	4,205	4,165	4,2162	4,190	4,220	4,215	Gesamtmittelwert: 4,200
Std.-Abw.	,006	,012	,012	,006	,006	,006	Std.-Abw. ,020
VK	,001	,003	,003	,001	,001	,002	VK ,005

Bestimmung von Molybdän (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Verfahren	R	I	A	A	A	A	A
<i>Sinterkörper</i>	4,86 4,86 4,86 4,88	4,810	4,7925	4,88 4,88 4,87 4,86	4,78 4,96 5,00 5,07	4,94 4,91	4,76 4,71 4,79 4,74
Mittelwert	4,865	4,810	4,7925	4,873	4,913	4,925	4,844
Std.-Abw.	,010			,010	,117	,021	,069
VK	,002			,002	,024	,004	,014
							Gesamtmittelwert: 4,831
							Std.-Abw. ,066
							VK ,014
<i>Pulver</i>	4,88 4,88 4,86 4,87	4,805	4,7713	4,88 4,88 4,86 4,86	4,78 4,96 5,00 5,07	4,94 4,91	4,76 4,71 4,79 4,74
Mittelwert	4,873	4,805	4,7713	4,870	4,913	4,925	4,844
Std.-Abw.	,010			,012	,117	,021	,069
VK	,002			,002	,024	,004	,014
							Gesamtmittelwert: 4,844
							Std.-Abw. ,069
							VK ,014

Bestimmung von Nickel

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Verfahren			R	I	A	A	
<i>Sinterkörper</i>	,33 ,33 ,34 ,34	,315	,3254	,32 ,32 ,32 ,32	,308 ,314 ,315 ,317	,292 ,275	,3264 ,3267 ,3283 ,3291
Mittelwert	,335	,315	,3254	,320		,284	,328
Std.-Abw.	,006					,012	,001
VK	,017					,042	,004
							Gesamtmittelwert: ,318
							Std.-Abw. ,018
							VK ,057
<i>Pulver</i>	,33 ,33 ,33 ,33	,313	,3270	,31 ,31 ,31 ,31	,308 ,314 ,315 ,317	,283 ,268	,3281 ,3282 ,3316 ,3277
Mittelwert	,33	,313	,3270	,310	,314	,276	,329
Std.-Abw.					,004	,011	,002
VK					,012	,038	,006
							Gesamtmittelwert: ,314
							Std.-Abw. ,019
							VK ,060





Bestimmung von Kupfer

(Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Verfahren			R	I	A		P
<i>Sinterkörper</i>	,08			,08		,081	,0881
	,08			,08		,079	,0910
	,08			,08			,0870
	,08			,08			,0863
Mittelwert	,080	,080	,0829	,080		,080	,088
Std.-Abw.						,001	,002
VK						,018	,024
							Gesamtmittelwert: ,082
							Std.-Abw. ,003
							VK ,040
<i>Pulver</i>	,08			,08	,082	,083	,0885
	,08			,08	,083	,078	,0883
	,08			,08	,082		,0884
	,08			,08	,084		,0881
Mittelwert	,080	,080	,0812	,080	,082	,081	,088
Std.-Abw.					,001	,004	,0002
VK					,007	,044	,002
							Gesamtmittelwert: ,082
							Std.-Abw. ,003
							VK ,037

Bestimmung von Cobalt (Massenanteile in %)

Laboratorien	1	2	3	4	5	6	7
Verfahren	R	I	A	P			
<i>Sinterkörper</i>	5,25 5,24 5,24 5,24	5,310	5,4003	5,19 5,20 5,19 5,20	4,98 5,01 5,06 5,07	5,25 5,26	5,236 5,227 5,236 5,246
Mittelwert	5,243	5,310	5,4003	5,195	5,030	5,26	5,236
Std.-Abw.	,005			,006	,042	,007	,008
VK	,001			,001	,008	,001	,001
Gesamtmittelwert: 5,273							
Std.-Abw. ,072							
VK ,014							
<i>Pulver</i>	5,26 5,27 5,26 5,27	5,320	5,3985	5,19 5,19 5,19 5,20	5,030 ,042 ,008	5,25 5,22	5,259 5,264 5,211 5,249
Mittelwert	5,265	5,320	5,3985	5,193	5,030	5,235	5,246
Std.-Abw.	,006			,005	,042	,021	,024
VK	,001			,001	,008	,004	,005
Gesamtmittelwert: 5,241							
Std.-Abw. ,114							
VK ,022							



## Bisher erschienene Forschungsberichte der BAM

Nr. 1/September 1968

### **Forschung und Entwicklung in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM)**

Rechenschaftsbericht für den Bundesminister für Bildung und Wissenschaft

Nr. 2/Juli 1970 (vergriffen)

### **Zum Problem des Feuchtigkeitschutzes von Dehnungsmeßstreifen und Halbleitergebern**

von Dr.-Ing. Götz Andreae

Nr. 3/September 1970 (vergriffen)

### **Über das mechanische Verhalten von Aluminium-Stahl-Freileitungsseilen als Beispiel für Verbundbauteile**

von Dr.-Ing. Josef Ziebs

Nr. 4/Dezember 1970 (vergriffen)

### **Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit — Grundlagen und Vergütungsverfahren**

von Dr. rer. nat. Arno Burmester

Nr. 5/März 1971

### **Die Bedeutung der Netzstellenart und der Netzwerkkettendichte für die Beschreibung der elastischen Eigenschaften und des Abbaus von elastomeren Netzwerken**

von Dr. rer. nat. Norbert Steiner

Nr. 6/April 1971

### **Zur Problematik der Prüfung und Beurteilung des Luftschallschutzes von Bauelementen bei unterschiedlichen Einbaubedingungen**

von Prof. Dr.-Ing. Paul Schneider

Nr. 7/Juli 1971

### **Chromatographie und chemische Konstitution — Untersuchungen über den Einfluß der Struktur organischer Verbindungen auf das Verhalten bei der Dünnschicht-Chromatographie**

von Dr.-Ing. Hans-Joachim Petrowitz

Nr. 8/November 1971

### **Zum Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Baustählen bei Wechselbeanspruchung**

von Dr.-Ing. Helmut Veith

Nr. 9/November 1971

### **Untersuchung über die sichernde Wirkung poröser Massen in Acetylenflaschen**

von Dr.-Ing. Karl-Heinz Möller

Nr. 10/Januar 1972

### **Untersuchungen über die Korngrößenbestimmung mit Ultraschall zur Entwicklung einer für die Praxis geeigneten zerstörungsfreien Meßmethode**

von Dr.-Ing. Dietmar Aurich und Prof. Dr. phil. Erich Martin

Nr. 11/Februar 1972

### **Beitrag zur Kenntnis der Schnittriefenbildung und Schnittütwerte beim Brennschneiden**

von Dr.-Ing. Hans-Joachim Krause

Nr. 12/Mai 1972

### **Über Veränderungen von Nylon-6-Fasern beim Texturieren**

von Dir. u. Prof. Dr. rer. nat. Hubert Feuerberg

Nr. 13/Juni 1972

### **Festkörpergleitreibung und Verschleiß von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen 760 und $2 \cdot 10^{-7}$ Torr**

von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig (Berichter), Prof. Dr.-Ing. Kurt Kirschke, Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig und Dipl.-Phys. Harald Tischer

Nr. 14/Juli 1972

### **Untersuchungen zur Amplitudenabhängigkeit der Ultraschalldämpfung in Metallen bei 20 kHz**

von Eberhard Fischer

Nr. 15/August 1972

### **Studie und Probleme der chemischen Edelmetall-Analyse**

von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Heinz Pohl

Nr. 16/August 1972

### **Über Ausführung und Aussagefähigkeit des Normbrandversuches nach DIN 4102, Blatt 2, im Hinblick auf die Nachbildung natürlicher Schadensfeuer**

von Dr.-Ing. Erwin Knublauch

Nr. 17/August 1972

### **Aktivierungsanalyse mit schnellen Neutronen, Photonen und geladenen Teilchen**

von Dr.-Ing. Peter Reimers

Nr. 18/Januar 1973

### **Das Spröbruchverhalten des Baustahles R St 37-2 N in geschweißten Konstruktionen, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches**

von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 19/Januar 1973

### **Die Bestimmung von Grenzflächentemperaturen bei tribologischen Vorgängen**

Literaturrecherche von Dipl.-Phys. K. Kaffanke und Dr.-Ing. H. Czichos

Nr. 20/April 1973

### **Brandrisiko elektrischer Leitungen und Installationen in Wänden**

von Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 21/Juli 1973

### **Die kontinuumsmechanische Erfassung des zeitlichen Ablaufs der elastisch-plastischen Dehnungen bei der Zerrüttung**

Literaturrecherche von Dipl.-Phys. D. Klaffke und Dr.-Ing. W. Maennig

Nr. 22/Juli 1973

### **Untersuchungen für ein Prüfverfahren zur Bemessung der Brandschutzbekleidung von Stahlstützen**

von Dipl.-Ing. R. Rudolphi und Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 23/November 1973

### **Reichs- und preußische Landesanstalten in Berlin Ihre Entstehung und Entwicklung als außeruniversitäre Forschungsanstalten und Beratungsorgane der politischen Instanzen**

von Prof. Dr. rer. nat. habil. Walter Ruske

Nr. 24/November 1973

### **Das Brandverhalten von Holzstützen unter Druckbeanspruchung**

von Dipl.-Ing. J. Stanke, Ing. grad. E. Klement und Dipl.-Ing. R. Rudolphi

Nr. 25/Dezember 1973

### **Über das Brandgeschehen vor der Fassade eines brennenden Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung der Feuerbeanspruchung von Außenstützen**

von Dr.-Ing. E. Knublauch

Nr. 26/August 1974

### **Der Elektronen-Linearbeschleuniger der BAM — Eigenschaften und erste Anwendungen —**

von Dipl.-Ing. P. Jost, Dr.-Ing. P. Reimers und Dr.-Ing. P. Weise

Nr. 27/August 1974

### **Untersuchungen zum Schallfeld von Winkelprüfköpfen für die Materialprüfung mit Ultraschall**

von Dr.-Ing. Hermann Wüstenberg

Nr. 28/August 1974

### **Zum Ablauf von Gasexplosionen in mit Rohrleitungen verbundenen Behältern**

von Prof. Dr. rer. nat. Hans-Jürgen Heinrich

Nr. 29/August 1974

### **Theorie der dissipativen Luftschalldämmung bei einem idealisotropen porösen Material mit starrem Skelett für senkrechten, schrägen und allseitigen Schalleinfall**

von Prof. Dr.-Ing. P. Schneider

Nr. 30/September 1974 (vergriffen)

### **The Application of Systems Thinking and Systems Analysis to Tribology**

von Dr. Horst Czichos und Dr. Geert Salomon

Nr. 31/August 1975

### **Untersuchungen zur Klärung des Verhaltens thermoplastischer Kunststoffe bei Wechseldehnungsbeanspruchung**

von Dr.-Ing. Gerhard Fuhrmann

Nr. 32/September 1975

### **Ein thermo-elektrisches Netzwerkverfahren zur Berechnung stationärer Temperatur- und Wärmestromverteilungen mit Anwendungsbeispielen**

von Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Bernhard Böttcher

Nr. 33/November 1975

### **Die Bestimmung der Temperaturleitfähigkeit von Baustoffen mit Hilfe eines nichtstationären Meßverfahrens**

von Dipl.-Ing. Armin Wagner, Dipl.-Phys. Gerhard Kieper und Dipl.-Ing. Reinald Rudolphi

Nr. 34/Januar 1976 (vergriffen)

### **Untersuchungen zur Vergütung von Holzwerkstoffen**

von Dipl.-Forsting. Dr. rer. sylv. Hans-Joachim Deppe

Nr. 35/Januar 1976

### **Der Widerstand von Platten, die als Beplankungsmaterial leichter Wände verwendet werden, gegenüber dem Aufprall harter Körper — Vorschlag für ein Prüfverfahren —**

von Dipl.-Ing. Ernst Limberger

Nr. 36/Januar 1976 (vergriffen)

### **Wärme- und Feuchtigkeitsleitung in Beton unter Einwirkung eines Temperaturgefälles**

von Dipl.-Ing. Jürgen Hundt

Nr. 37/Februar 1976

### **Die stoßartige Beanspruchung leichter, nichttragender Bauteile durch einen mit der Schulter gegenprallenden Menschen**

— Vorschlag für ein Prüfverfahren —

von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 38/Juni 1976

### **Verschleißuntersuchungen an gas-, bad- und ionisiertem Stahl 42 CrMo 4**

von Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig

Nr. 39/Juni 1976

### **Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten (mit nicht-Newtonschem Fließverhalten) insbesondere bei höherer Scherbeanspruchung**

von Prof. Dr.-Ing. K. Kirschke und Dipl.-Phys. G. Kempf

Nr. 40/Juni 1976

### **Zum Untergrundabzug bei energiedispersiven Spektren nach verschiedenen Verfahren**

von Dr. rer. nat. H. Hantsche

Nr. 41/Okttober 1976

### **Optische Eigenschaften cholesterinischer Flüssigkeiten**

von Dr. rer. nat. Bernhard Böttcher

Nr. 42/Okttober 1976

### **Ermittlung der Mindestzündenergie brennbarer Gase in Mischung mit Luft**

von Dr.-Ing. Siegmund Dietlen

Nr. 43/Okttober 1976

### **Das Spröbruchverhalten geschweißter Bauteile aus Stahl mit zäh-sprödem Übergang im Bruchverhalten, dargestellt mit Hilfe der Methode des Temperaturvergleiches**

von Dr.-Ing. Werner Struck

Nr. 44/November 1976

### **Berechnung von räumlichen, linear elastischen Systemen, die aus finiten Stab- und Balkenelementen zusammengesetzt sind, unter Verwendung des Programms „Stab-Werk“**

von Dipl.-Ing. W. Matthees

Nr. 45/Dezember 1976

### **Untersuchung des Elektrodenverhaltens im Vakuum aufgedampfter Metallschichten**

von Dr.-Ing. W. Paatsch

Nr. 46/Mai 1977 (vergriffen)

### **Versuchsergebnisse zur Festigkeit und Verformung von Beton bei mehraxialer Druckbeanspruchung**

Results of Test Concerning Strength and Strain of Concrete Subjected to Multiaxial Compressive Stresses

von Dipl.-Ing. Gerald Schickert und Dipl.-Ing. Helmut Winkler

Nr. 47/Juni 1977

### **Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln für Fassadenbekleidungen**

von Dr.-Ing. Arno Plank

Nr. 48/Okttober 1977

### **Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last, angewendet auf die Fundamente einer geplanten Schnellbahn**

von Dr.-Ing. U. Holzlöhner

Nr. 49/Dezember 1977

### **Untersuchungen zur Anwendung von Mikrowellen in der zerstörungsfreien Prüfung**

von Dr.-Ing. Günther Wittig

Nr. 50/Juni 1978 (vergriffen)

### **Zur Meßtechnik für die Sicherheitsbeurteilung und -überwachung von Spannbeton-Reaktordruckbehältern**

von Prof. Dipl.-Phys. Norbert Czaika, Dipl.-Phys. Norbert Mayer, Dipl.-Ing. Claus Amberg, Dipl.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Götz Andreae und Dipl.-Ing. Winfried Markowski

Nr. 51/Juni 1978

### **Auswirkung von chemischen und physikalisch-technologischen Einflußfaktoren auf das Beständigkeitsverhalten von Oberflächenbeschichtungen auf der Basis von Reaktionsbeschichtungsstoffen**

von Dr. rer. nat. J. Sickfeld

Nr. 52/August 1978

### **Zum Einfluß der Gleitgeschwindigkeit auf das tribologische Verhalten von Werkstoffen hoher Härte bei reiner Festkörperreibung**

von Dr.-Ing. Aleksandar Tomov

Nr. 53/Okttober 1978

### **Bemessung und Optimierung beheizbarer Straßen- und Brückenbeläge**

von Rolf Günter Rohrmann und Reinald Rudolphi

- Nr. 54/Okttober 1978  
**Magnetisches Verhalten dünner Eisenschichten bei mechanischer Wechselbeanspruchung**  
von Dr.-Ing. Harro Sander
- Nr. 55/November 1978  
**Beobachtung und Orientierungsbestimmung der Oberflächenkristallite polykristalliner 99,999 %-Al-Proben bei Biegewechselbeanspruchung**  
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke
- Nr. 56/Januar 1979  
**Stabilität von Sandwichbauteilen**  
von Dipl.-Ing. W. Brünner und Prof. Dr.-Ing. C. Langlie
- Nr. 57/März 1979  
**Untersuchungen an Prüfmitteln für die Magnetpulverprüfung**  
**Investigations on Inspection-Media for Magnetic-Particle-Testing**  
von Dipl.-Ing. Meinhard Stadthaus
- Nr. 58/März 1979  
**Ermittlung des Bauteilwiderstandes aus Versuchsergebnissen bei vereinbartem Sicherheitsniveau**  
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 59/Juli 1979  
**Ermittlung der Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken mit der Methode der Finiten Elemente unter besonderer Berücksichtigung des Verbundes zwischen Beton und Stahl**  
von Dr.-Ing. Günther Plauk
- Nr. 60/August 1979  
**Untersuchungen zur Erfassung der Kaltformbarkeit von Feinblechen beim Strecken**  
von Dr.-Ing. H. Spreckelmeyer, Dr.-Ing. R. Helms und Dr.-Ing. J. Ziebs
- Nr. 61/Dezember 1979  
**Beschreibung von Problemen der höheren Farbmetrik mit Hilfe des Gegenfarbensystems**  
von Dr. Klaus Richter
- Nr. 62/Dezember 1979  
**Geomagnetobiologischer bedingter Zusammenhang zwischen der Fraßaktivität von Termiten und der Zahl der Sterbefälle**  
von Dir. u. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Gerisch und Prof. Dr. habil. Dr. h. c. Günther Becker
- Nr. 63/Dezember 1979  
**Untersuchungen an Stopfbuchsen von Ventilen und Schiebern für Gase**  
von Dipl.-Ing. E. Behrend und Dipl.-Ing. J. Ludwig
- Nr. 64/Februar 1980  
**Ermittlung der Schwingungserregung beim Betrieb schienengebundener Fahrzeuge in Tunneln sowie Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter auf die Ausbreitung von Erschütterungen im Tunnel und dessen Umgebung**  
von Dr.-Ing. Werner Rücker
- Nr. 65/Februar 1980  
**Untersuchungen über den Einfluß des Spannungszustandes auf bruchmechanische Kennwerte**  
von Dr.-Ing. Peter Schmidt, Dr.-Ing. Dietmar Aurich, Dr.-Ing. Rolf Helms, Dr.-Ing. Helmut Veith und Dr.-Ing. Josef Ziebs
- Nr. 66/Mai 1980  
**Auswirkung von Drucklastungsvorgängen auf die Umgebung**  
von Dr. rer. nat. Martin Hattwig
- Nr. 67/Mai 1980  
**Beitrag zur dynamischen Analyse von vorgespannten und vorbelasteten Feder-Masse-Systemen mit veränderlicher Gliederung unter stoßartiger Beanspruchung**  
von Dr.-Ing. Wolfgang Mathees
- Nr. 68/Mai 1980  
**Oberflächenmeßverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Stereomeßtechnik.**  
**Entwicklung eines volleuzentrischen Präzisions-Goniometers**  
von Dr. rer. nat. Dieter Petersohn
- Nr. 69/Juni 1980  
**Untersuchungen zur Integrität des Liners von Reaktorsicherheitsbehältern (Containments) in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise**  
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt und Dipl.-Ing. Peter Brandl
- Nr. 70/August 1980 (vergriffen)  
**Schwellenwerte beim Betondruckversuch**  
von Dr.-Ing. Gerald Schickert
- Nr. 71/August 1980  
**Untersuchungen über durch den Boden gekoppelte dynamische Wechselwirkungen benachbarter Kernkraftwerksbauten großer Masse unter seismischen Einwirkungen**  
von Dr.-Ing. Wolfgang Mathees und Dipl.-Ing. Götz Magiera
- Nr. 72/September 1980  
**Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen am Beispiel von Stahl- und Holzstützen**  
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi
- Nr. 73/November 1980  
**Vergleichende Untersuchungen zum Tragverhalten von Klemmkupplungen für Stahlrohrgerüste nach bestehenden deutschen Prüfvorschriften und geplanten europäischen bzw. internationalen Prüfnormen**  
von Dipl.-Ing. Peter Wegener
- Nr. 74/November 1980  
**ALGOL-Computerprogramm zur Berechnung zweidimensionaler instationärer Temperaturverteilungen mit Anwendungen aus dem Brand- und Wärmeschutz**  
von Dr.-Ing. Reinald Rudolphi und Dipl.-Inform. Renate Müller
- Nr. 75/November 1980  
**Beitrag zur Kenntnis des zeitlichen und örtlichen Druckverlaufs bei der plötzlichen Entlastung unter Druck stehender Behälter und Behälterkombinationen**  
von Dir. u. Prof. Dr. Hans-Jürgen Heinrich
- Nr. 76/November 1980  
**Deformationsverhalten von Rein- und Reinstaluminium sowie Cu 99,9 und St 37 bei Biegewechselbeanspruchung im Rasterelektronenmikroskop**  
von Dr.-Ing. Dieter Klaffke und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang-Werner Maennig
- Nr. 77/April 1981  
**Untersuchung des Verhaltens von Lagerzementen**  
von Dipl.-Ing. Michael Gierloff und Dr.-Ing. Matthias Maultzsch
- Nr. 78/September 1981  
**Dynamische Wechselwirkung eines Schienen-Schwellensystems mit dem Untergrund**  
von Dr.-Ing. Werner Rücker
- Nr. 79/Dezember 1981  
**Ein Beitrag zur Untersuchung der wasserstoffbeeinflußten Kaltbrüchigkeit höherfester niedriglegierter Feinkornbaustähle mit dem Implantversuch**  
von Dr.-Ing. Volker Neumann
- Nr. 80/Dezember 1981  
**Ursachen des Teileinsturzes der Kongreßhalle in Berlin-Tiergarten**  
von Dr.-Ing. Arno Plank, Dr.-Ing. Werner Struck und Dr.-Ing. Manfred Tzschätzsch
- Nr. 81/Dezember 1981  
**Graphisch-rechnerisches Verfahren zum Erfassen der Zündhäufigkeit zündbarer Stoffe; Anwendung auf Datenmaterial aus dem Bereich der Statistik**  
von Dipl.-Ing. Jürgen Schmidt
- Nr. 82/April 1982  
**Zur werkstoffmechanischen Beurteilung des Kerbschlagbiegeversuches**  
**Assessment of the mechanical behaviour of materials in the notched bar impact test**  
von Rolf Helms, Hans-Joachim Kühn und Siegmund Ledworuski
- Nr. 83/Juli 1982  
**Tribologisches Verhalten von thermoplastischen Kunststoffen**  
— **Kontaktdeformation, Reibung und Verschleiß, Oberflächenuntersuchungen** —  
von Prof. Dr.-Ing. Horst Czichos und Dr.-Ing. Paul Feinle
- Nr. 84/Juli 1982  
**Übertragbarkeit der Ergebnisse von Brandprüfungen im Kleinprüfstand (Vergleichsversuche)**  
von Dipl.-Inform. Renate Müller und Dr.-Ing. Reinald Rudolphi
- Nr. 85/ISBN 3-88314-231-X/Oktober 1982  
**Technische Materialforschung und -prüfung — Entwicklungstendenzen und Rahmenvorschläge für ein EG-Programm „Basic Technological Research“ —**  
**Materials Research and Testing**  
— **Development Trends and Outline Proposals for a Community Programme „Basic Technological Research“** —  
von Prof. Dr. Horst Czichos
- Nr. 86/ISBN 3-88314-232-8/November 1982  
**Zur quantitativen Kennzeichnung des Verwitterungsverhaltens von Naturwerksteinen anhand ihrer Gefügekennkmale**  
von Dr.-Ing. Konrad Niesel und Dr. rer. nat. Peter Schimmelwitz
- Nr. 87/ISBN 3-88314-240-9/Dezember 1982  
**Einfluß baupraktischer Umgebungsbedingungen auf das Korrosionsverhalten von Spannstählen vor dem Injizieren**  
von Dr.-Ing. Bernd Isecke und Dr.-Ing. Wolfgang Stichel
- Nr. 88/ISBN 3-88314-254-9/Februar 1983  
**Untersuchungen zur Ausbreitung von Longitudinalwellen an Oberflächen bei der Materialprüfung mit Ultraschall**  
von Dr.-Ing. Anton Erhard
- Nr. 89/ISBN 3-88314-263-8/April 1983  
**Untersuchungen zur Zerfallsfähigkeit von Distickstoffoxid**  
von Dr. rer. nat. Dietrich Conrad und Dr.-Ing. Siegmund Dietlen
- Nr. 90/ISBN 3-88314-264-6/April 1983  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members**  
von Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 91/ISBN 3-88314-265-4/April 1983  
**Dreidimensionale Analyse von unbewehrtem Beton mit nichtlinear-elastischem Materialgesetz**  
von Dr.-Ing. Michael Weber
- Nr. 92/ISBN 3-88314-266-2/August 1983  
**Ausbreitung von Erschütterungen durch den Boden**  
von Dipl.-Ing. Lutz Auersch
- Nr. 93/ISBN 3-88314-283-2/August 1983  
**Unterdruck stick-slip-induzierter Kurvengeräusche schienengebundener Fahrzeuge durch eine physikalisch-chemische Oberflächenbehandlung der Schienen**  
von Dr. rer. nat. Peter Studt
- Nr. 94/ISBN 3-88314-284-0/August 1983  
**Untersuchungen der Störschwingungen beim Kerbschlagbiegeversuch und deren Abschwächungen**  
von Dr.-Ing. Xian-Quan Dong
- Nr. 95/ISBN 3-88314-289-1/August 1983  
**Über die Fokussierung des Schallfeldes von Ultraschall-Prüfköpfen mit Fresnelschen Zonenplatten**  
von Dr.-Ing. Manfred Römer
- Nr. 96/ISBN 3-88314-296-4/Oktober 1983  
**Verbundverhalten zwischen Beton und geripptem Betonstahl sowie sein Einfluß auf inelastische Verformungen biegebeanspruchter Stahlbetonbalken**  
von Dr.-Ing. Heinz Eifler
- Nr. 97/ISBN 3-88314-297-2/November 1983  
**Typische Bruchflächen Ausbildung thermoplastischer Kunststoffe nach wechselnder mechanischer Beanspruchung**  
von Dipl.-Ing. Gerhard Fuhrmann und Prof. Dr. rer. nat. Wolfram Schwarz
- Nr. 98/ISBN 3-88314-312-X/Dezember 1983  
**Bestimmung des elastischen Verhaltens von Maschinenwaren**  
— **Stretch- und Erholungsvermögen** —  
von Dr. rer. nat. Edmund Schnabel
- Nr. 99/ISBN 3-88314-317-0/Dezember 1983  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members**  
von Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 100/ISBN 3-88314-298-0/Januar 1984  
**Untersuchungen zur Prüfung von Beton auf Frostwiderstand**  
von Günter Klamrowski und Paul Neustupny
- Nr. 101/ISBN 3-88314-327-8/Februar 1984  
**Röntgen- und Gammastrahlen Computer-Tomographie**  
von Dr.-Ing. Peter Reimers, Dr. rer. nat. Jürgen Goebbels, Dr.-Ing. Heinrich Heidt, Dr.-Ing. Hans-Peter Weise und Dipl.-Phys. Kay Wilding
- Nr. 102/ISBN 3-88314-335-9/März 1984  
**Weiterentwicklung des hydraulischen Kompensationsverfahrens zur Druckspannungsmessung in Beton**  
von Dr.-Ing. Götz Magiera
- Nr. 103/ISBN 3-88314-328-6/März 1984  
**Radiographie mit Elektronen aus Metallverstärkerfolien**  
von Dr.-Ing. Dierk Schnitger
- Nr. 104/ISBN 3-88314-339-1/April 1984  
**Beeinflussung von Betoneigenschaften durch Zusatz von Kunststoffdispersionen**  
von Dr.-Ing. Michael Gierloff
- Nr. 105/ISBN 3-88314-345-6/Juni 1984  
**Beitrag zum Bremsverhalten energieumwandelnder Aufsetzpuffer in Aufzugsanlagen**  
von Dr.-Ing. Bernd Schulz-Forberg
- Nr. 106/ISBN 3-88314-360-X/Oktober 1984  
**Setzung von Fundamenten infolge dynamischer Last**  
von Dr.-Ing. Jan Lehnert

- Nr. 107/ISBN 3-88314-361-8/Oktober 1984  
**Korrosion von Stahlradiatoren**  
von Dr.-Ing. Wolfgang Stichel und Jörg Ehreke
- Nr. 108/ISBN 3-88314-363-4/Oktober 1984  
**Durch Bodenerschütterungen angeregte Gebäudeschwingungen — Ergebnisse von Modellrechnungen**  
von Dipl.-Ing. Lutz Auerssch
- Nr. 109/ISBN 3-88314-381-2/Februar 1985  
**Zur Wirkung der Schruppbehinderung auf den Schweißzugspannungszustand und das Sprödbruchverhalten von unterpulvergeschweißten Blechen aus St E 460 N**  
von Dr.-Ing. Mohamed Omar
- Nr. 110/ISBN 3-88314-382-0/Februar 1985  
**Wasserstoff als Energieträger**  
von Dr. Hermann Walde (Mitglied des Kuratoriums der BAM i. R.) und Dr. Bernhard Kropp
- Nr. 111/ISBN 3-88314-383-9/Februar 1985  
**Über den Einfluß der Initiierung auf die detonative Umsetzung von Anhydrid-Sprengstoffen unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Gesichtspunkte**  
von Dr.-Ing. Kurt Ziegler
- Nr. 112/ISBN 3-88314-409-6/Juli 1985  
**Zeitstandverhalten und strukturelle Veränderungen von vielfach wiederverarbeiteten Polyethylenen**  
von Dr.-Ing. Wolfgang Lützw
- Nr. 113/ISBN 3-88314-410-X/Juli 1985  
**Untersuchungen zum Frequenzeinfluß auf die Schwingungskorrosion von Offshore-Konstruktionen**  
von Rolf Helms, Horst Henke, Gerhard Oelrich (BAM, Berlin) und Tetsuya Saito (NRIM, Japan)
- Nr. 114/ISBN 3-88314-419-3/Juli 1985  
**Neue Verfahren für die Prüfung von Reaktorkomponenten mittels Röntgen- und Gammastrahlen**  
von Dipl.-Ing. Peter Rose, Dipl.-Ing. Peter Raabe, Dipl.-Ing. Werner Daum und Andreas Szameit
- Nr. 115/ISBN 3-88314-420-7/Juli 1985  
**Farbempfindungsmerkmal Elementarbanntton und Buntheitsabstände als Funktion von Farbart und Leuchtdichte von In- und Umfeld**  
von Privatdozent Dr. Klaus Richter
- Nr. 116/ISBN 3-88314-460-6/Oktober 1985  
**Theoretische Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fensterkonstruktionen unter besonderer Berücksichtigung der Rahmenproblematik**  
von Dr. rer. nat. Franz-Josef Kasper, Dipl.-Inform. Renate Müller, Dr.-Ing. Reinald Rudolphi und Dr.-Ing. Armin Wagner
- Nr. 117/ISBN 3-88314-468-1/Oktober 1985  
**Materials Technologies and Techno-Economic Development**  
**A study for the German Foundation for International Development (Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung)**  
von Prof. Dr. H. Czichos in cooperation with Dr. G. Sievers, Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Bonn
- Nr. 118/ISBN 3-88314-469-X/Oktober 1985  
**Brand- und Explosionsgefahren explosionsgefährlicher Stoffe bei Herstellung und Lagerung**  
**Modellversuche mit pyrotechnischen Sätzen und Gegenständen**  
von Dr. rer. nat. Hartwig Treumann, Dipl.-Ing. Hilmar Andre, Dr. rer. nat. Eduard Blossfeld, Dr. rer. nat. Norbert Pfeil und Ing. grad. Matthias-Michael Zindler
- Nr. 119/ISBN 3-88314-472-X/November 1985  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Versuche an Stahlbetonplatten, Teil I**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members**  
**Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part I**  
von Dipl.-Ing. Jürgen Herter, Dr.-Ing. Klaus Brandes und Dipl.-Ing. Ernst Limberger
- Nr. 120/ISBN 3-88314-514-9/April 1986  
**Zerstörungsfreie Korngrößenbestimmung an austenitischen Feinblechen mit Hilfe der Ultraschallrückstreuung**  
von Dr.-Ing. Andreas Hecht
- Nr. 121/ISBN 3-88 314-530-0/Juni 1986  
**Versagenskriterien von Stahlgleitpaarungen unter Mischreibungsbedingungen: Einflüsse von Stahlzusammensetzung und Wärmebehandlung**  
von Dr.-Ing. Paul Feinle und Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 122/ISBN 3-88 314-521-1/Juli 1986  
**Entsorgung kerntechnischer Anlagen**  
von J. Mischke  
Sonderkolloquium der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) am 10. 12. 1985 mit Beiträgen von B. Schulz-Forberg, K. E. Wieser und B. Droste
- Nr. 123/ISBN 3-88 314-531-9/Juli 1986  
**Physikalisch-chemische Analyse sowie toxische Beurteilung der beim thermischen Zerfall organisch-chemischer Baustoffe entstehenden Brandgase**  
von Dr. rer. nat. Detlef Rennoch
- Nr. 124/ISBN 3-88 314-538-6/Juli 1986  
**Zur Anwendung des Impuls-Wirbelstromverfahrens in der zerstörungsfreien Materialprüfung**  
von Dr.-Ing. Hans-Martin Thomas
- Nr. 125/ISBN 3-88 314-540-8/Juli 1986 (vergriffen)  
**Untersuchungen zur Wirksamkeit der Brandschutzisolation von Flüssiggas-Lagertanks**  
von Dr.-Ing. Bernhard Droste und Dipl.-Ing. Ulrich Probst
- Nr. 126/ISBN 3-88 314-547-5/August 1986  
**Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen in Schwimmhallen**  
von Dr.-Ing. Wolfgang Stichel
- Nr. 127/ISBN 3-88 314-564-5/November 1986 (vergriffen)  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members**  
**Versuche an Stahlbetonbalken, Teil I**  
**Tests on Reinforced Concrete Beams, Part I**  
von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 128/ISBN 3-88 314-568-8/November 1986 (vergriffen)  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members**  
**Versuche an Stahlbetonbalken, Teil II**  
**Tests on Reinforced Concrete Beams, Part II**  
von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 129/ISBN 3-88 314-569-6/November 1986 (vergriffen)  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load**  
**Zugversuche an Betonstahl mit erhöhter Dehngeschwindigkeit**  
**Reinforcing Steel Tension Tests with high strain rates**  
von / by Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dipl.-Ing. Jürgen Herter und Dipl.-Ing. Klaus Berner
- Nr. 130/ISBN 3-88 314-570-X/November 1986  
**Einfache Abschätzung der Durchbiegung und der Energieaufnahme von Trägern aus duktilem Material bei Belastung durch eine Einzelkraft**  
von Dr.-Ing. Werner Struck
- Nr. 131/ISBN 3-88 314-585-8/November 1986  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Reinforced Concrete Members under Impact Load**  
**Versuche an Stahlbetonplatten, Teil II**  
**Tests on Reinforced Concrete Slabs, Part II**  
von / by Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dr.-Ing. Klaus Brandes und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 132/ISBN 3-88 314-595-5/Januar 1987  
**Ermittlung der Ursachen von Schäden an bituminösen Dachabdichtungen unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Beanspruchungen**  
von Dipl.-Ing. Christian Herold und Dipl.-Ing. Frank-Ulrich Vogdt
- Nr. 133/ISBN 3-88 314-609-9/Januar 1987 (vergriffen)  
**Technisch-physikalische Grundlagen zum tribologischen Verhalten keramischer Werkstoffe**  
von Dipl.-Ing. Mathias Woydt und Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Habig
- Nr. 134/ISBN 3-88 314-615-3/Februar 1987  
**Über den Kernstrahlungseinfluß auf Dehnungsmeßstreifen**  
von Dr. Götz Andreae und Gottfried Niessen
- Nr. 135/ISBN 3-88 314-618-8/Februar 1987  
**Untersuchungen über das Verhalten von Tankcontainern für unter Druck verflüssigte Gase bei Fallbeanspruchungen**  
von Dipl.-Ing. Jörg Ludwig, Dipl.-Ing. Wolf-Dietrich Mischke und Dipl.-Ing. Armin Ulrich
- Nr. 136/ISBN 3-88314-636-6/April 1987  
**Untersuchung zur Beurteilung von Brettschichtverleimungen für den Holzbau**  
von Prof. Dr. rer. silv. Hans-Joachim Deppe und Klaus Schmidt
- Nr. 137/ISBN 3-88314-637-4/Mai 1987  
**Analyse und Weiterentwicklung bruchmechanischer Versagenskonzepte auf der Grundlage von Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der Komponentensicherheit**  
Projektleiter: Dr. Dietmar Aurich
- Nr. 138/ISBN 3-88314-635-8/Mai 1987  
**Zur geowissenschaftlichen Einordnung des Gebietes der Bundesrepublik Deutschland und einer sicheren Auslegung technischer Systeme gegen den Lastfall Erdbeben.**  
von Dipl.-Geol. Michael Dogunke und Dr.-Ing. Frank Buchhardt
- Nr. 139/ISBN 3-88314-658-7/Juni 1987  
**Numerische Untersuchung zum Verhalten des Hochtemperaturwerkstoffes Nimonic PE 16 unter monotoner und zyklischer Belastung bei Verwendung verschiedener plastischer und viskoplastischer Materialmodelle.**  
von Dipl.-Ing. Jürgen Olschewski und Sven-Peter Scholz
- Nr. 140/ISBN 3-88314-643-9/Juni 1987  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members**  
von / by Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger und Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 141/ISBN 3-88314-694-3/Oktober 1987  
**Zum Einfluß des Sicherheits- und Auslegungserdbebens auf die Bemessung von Kernkraftwerken**  
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt, Dr.-Ing. Wolfgang Matthees, Dr.-Ing. Götz Magiera und Dr.-Ing. Friedrich Mathiak
- Nr. 142/ISBN 3-88314-695-1/Oktober 1987  
**Sicherheitstechnische Kenndaten und Gefahrezahlen binärer Mischungen aus oxidierenden und verbrennlichen Substanzen**  
von Dr. rer. nat. Hartwig Treumann, Ing. Günter Krüger, Dr. rer. nat. Norbert Pfeil und Dr. rer. nat. Sigrid von Zahn-Ullmann
- Nr. 143/ISBN 3-88314-701-X/November 1987  
**Kinetische Grenztragfähigkeit von stoßartig belasteten Stahlbetonbauteilen**  
**Kinetic Load Bearing Capacity of Impulsively Loaded Reinforced Concrete Members**  
**Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Trag- und Verformungsverhalten von Stahlbetonbauteilen bei Stoßbelastung**  
**Experimental and numerical Investigations concerning Load Bearing Behaviour of Reinforced Concrete Members under Impact Load**  
von/by Dr.-Ing. Klaus Brandes, Dipl.-Ing. Ernst Limberger, Dipl.-Ing. Jürgen Herter
- Nr. 144/ISBN 3-88314-702-8/November 1987  
**Nichtlineare dynamische Berechnungen zum Penetrationsverhalten des AVR-Reaktorgebäudes**  
von Dr.-Ing. Frank Buchhardt, Dr.-Ing. Götz Magiera, Dr.-Ing. Wolfgang Matthees, Dr.-Ing. Michael Weber, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)  
Dr.-Ing. Jürgen Altas, Kernforschungsanlage Jülich GmbH (KFA)
- Nr. 145/ISBN 3-88314-711-7/November 1987  
**Untersuchung selbstähnlicher Systeme zur Bestimmung von Materialeigenschaften von Reibungsböden**  
von Dr.-Ing. Ulrich Holzlöhner
- Nr. 146/ISBN 3-88314-714-1/November 1987  
**Untersuchungen zur Wirksamkeit von Wasserberieselungseinrichtungen als Brandschutzmaßnahme für Flüssiggas-Lagertanks**  
von Dipl.-Ing. Wolfgang Schön und Dipl.-Ing. Michael Mallon
- Nr. 147/ISBN 3-88314-720-6/Dezember 1987  
**Lösung dynamischer Biege- und Torsionsprobleme von Stabsystemen aus dünnwandigen elastischen Stäben mit offenem Querschnitt mittels frequenzabhängiger Ansatzfunktionen**  
von Dipl.-Ing. Hans-Dieter Kleinschrod
- Nr. 148/ISBN 3-88314-774-5/Mai 1988  
**Theoretische Untersuchung von Variationsprinzipien für elastoplastisches Materialverhalten sowie Entwicklung und numerische Erprobung von Finite-Element-Verfahren für den ebenen Spannungszustand**  
von Dipl.-Ing. Wilfried Müller
- Nr. 149/ISBN 3-88314-775-3/Mai 1988  
**Bestimmung baugrunderdynamischer Kenngrößen aus der Untersuchung von Bodenproben**  
von Dr.-Ing. Ulrich Holzlöhner

Nr. 150/ISBN 3-88314-776-1/Mai 1988  
**VG3D Zeichenprogramm für die Vektorgraphische  
Darstellung dreidimensionaler Strukturen**  
von Dr.-Ing. Michael Weber

Nr. 151/ISBN 3-88314-785-0/Juni 1988  
**Wechselwirkung starrer und flexibler Strukturen mit  
dem Baugrund insbesondere bei Anregung durch  
Bodenerschütterungen**  
von Dipl.-Ing. Lutz Auersch-Saworski

Nr. 152/ISBN 3-88314-796-6/Juli 1988  
**Untersuchung des baulichen Zustandes und der  
Tragfähigkeit vorgespannter Riegel von Verkehrs-  
zeichenbrücken der Berliner Stadtautobahn**  
von Dr.-Ing. Günther Plauk, Dipl.-Ing. Günter  
Kretschmann, Dipl.-Ing. Rolf-G. Rohrmann

Nr. 153/ISBN 3-88314-797-4/Juli 1988  
**Magnetisches Verhalten von Eisenproben bei mecha-  
nischer Wechselbeanspruchung**  
von Dr.-Ing. Harro Sander, Professor Dr.-Ing. Wolf-  
gang-Werner Maennig

Nr. 154/ISBN 3-88314-822-9/Okttober 1988  
**Druckgesinterte Stähle als zertifiziertes Referenzma-  
terial für die Spektrometrie**  
von Dr. rer. nat. Konrad Breitzkreutz, Dr. rer. nat. Rüdiger  
Uttech, Dr.-Ing. Kurt Haedecke