



## ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Ideas to world-wide Unified Scales Rockwell Hardness Test with Conical Indenter. Results of the round robin test, differences between the laboratories

*Original*

Ideas to world-wide Unified Scales Rockwell Hardness Test with Conical Indenter. Results of the round robin test, differences between the laboratories / He, Li; Hansen, V; Herrmann, K; Barbato, G; Germak, ALESSANDRO FRANCO LIDIA; Ishida, H; ONSINSKA KARCZMAREK, A; Scartazzini, W; Borovsky, J; Elkington, D; Low, S; Song, J; Bahng, G. W.; Polzin, T.. - (1999), pp. 137-149.

*Availability:*

This version is available at: 11696/33330 since: 2023-10-10T12:11:40Z

*Publisher:*

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

**Gedanken zu weltweit vereinheitlichten Härteskalen für die  
Rockwellverfahren mit dem konischen Eindringkörper  
Ergebnisse des Ringversuches, Unterschiede zwischen den  
Laboratorien**

**Ideas to world-wide Unified Scales Rockwell Hardness Test  
with Conical Indenter**

**Results of the round robin test, differences between the laboratories**

He Li (1), Hansen, V. (2), Hermann K. (3), Barbato, G., (4) Germak, A. (5),  
Ishida, H. (6), Oninska-Karczmarek, A. (7), Scartazzini, W. (8), Borovsky, J. (9),  
Elkington, D. (10), Low, S. Song, J. (11), Bahng, G. W. (12),  
Koordinierung: Polzin, T., Schwenk, D. (13)

(1) China: NIM National Institute of Metrology, (Beijing), (2) Denmark: Force Institute,  
(Copenhagen), (3) Deutschland PTB, Physikalisch-Technische Bundesanstalt,  
(Berlin), (4) Italy: Politecnico di Turin, (5) Italy: IMGC Istituto di Metrologia G. Colonetti,  
(Turin), (6) Japan: NRLM, National Research Laboratory of Metrology, (Ibaraki), (7)  
Poland: GUM, Central Office of Measures, (Warsaw), (8) Schweiz: EAM,  
Eidgenössisches Amt für Meswesen, (Wabern), (9) TCR: CMI Dept. of Hardness,  
(Prague), (10) UK: NPL Teddington, (11) USA: NIST, National Institute of Standards  
and Technology, (Gaithersburg), (12) Korea, Yusong Korea Research Institute of  
Standards and Science

(13) Deutschland: Materialprüfungsamt NRW, (Dortmund)

**Abstract**

The aim of the round robin test under discussion is a world-wide unification for hardness scales Rockwell using diamond indenter (HRC, HRA, HRD, HR15N, HR30N and HR45N). This aim is of high industrial need. For this purpose it is essential that the differences of the calibration values of the reference material world-wide are within small tolerances. To achieve that a cooperative work of National Metrological Laboratories is necessary. But, before, it is indispensable to define a common procedure of the whole indentation cycle because the definitions in the standards [1,2,3] are not sufficient and must be defined with higher precision. Some parameters of Rockwell hardness test have a very significant influence on measurement results, e.g. duration of the test forces, indentation velocity and indenter geometry. The round robin test should show, which of the standardizing machine of the participating laboratories can reach the aim of small differences influenced by the standardizing machine and by the indenter used and give hints how to reach world- Wide unification of the scales.

**1. Einleitung**

Ziel des vorgestellten Ringversuches ist eine weltweite Vereinheitlichung der Rockwellhärteskalen, die sich auf den Diamanteindringkörper beziehen (HRC, HRA, HRD, HR15N, HR30N und HR45N). Dieses Ziel ist für die Internationalisierung der Industrie sehr notwendig, da die Härteprüfung aufgrund ihrer einfachen Durchführbarkeit ein unverzichtbares Mittel des Qualitätsmanagements ist. Um diese

Vereinheitlichung zu erreichen, ist es notwendig, daß die Referenzmaterialien, das bedeutet, die Kalibrierwerte der Härtevergleichsplatten, weitest innerhalb von kleinen Toleranzen liegen. Um diesem Ziel näher zu kommen, ist eine Zusammenarbeit der nationalen Institutionen notwendig. Im Vorfeld ist ein allgemein verbindlicher Ablauf der Prüfzyklen und aller sonstigen Parameter festzulegen, soweit die Vorgaben in den Normen [1,2,3] nicht ausreichend sind und zur Erzielung einer geringeren Meßunsicherheit geändert werden müssen. Einige der Parameter haben einen sehr großen Einfluß auf die Meßergebnisse der Rockwellhärteprüfung, z.B. die Einwirkdauer der Prüfgesamtkraft, Eindringgeschwindigkeit und die Geometrie des Eindringkörpers.

Die Vorarbeiten zum Ringversuch und dieser selbst sollten Informationen darüber erbringen, welche Härte-Normal-Meßeinrichtungen der teilnehmenden Laboratorien:

- die geforderten Zykluszeiten und sonstigen Ablaufparameter der Messung in den festgelegten Grenzen erreichen
- nur einen geringen Einfluß auf die Abweichungen haben
- Meßwerte mit geringen Spannweiten bzw. Standardabweichungen vorweisen
- Meßwerte erzeugen, deren Mittelwerte nur gering von den Mittelwerten der anderen Laboratorien abweichen.

## 2. Veröffentlichungen

Im Jahre 1997, also vor Beginn des Ringversuches, wurden bereits die Grundlagen auf dem internationalen Symposium der IMEKO in Tampere, Finnland, vorgetragen. Zwei Vorträge zu diesem Thema wurden später veröffentlicht [4,5,6,7].

Im September 1998, nach Beginn der Ringversuche wurde, ein Symposium "Advances in Hardness Measurements" des IMEKO TC 5 in Peking, China mit dem Titel "Hardmeko 98" abgehalten. Einer der dort gehaltenen Vorträge über den Ringversuch wurde später veröffentlicht [8].

## 3. Grundlagen

Für die physikalischen Größen wie Kraft und Länge gibt es wohlbestimmte Meßunsicherheiten, um die Anforderungen der Industrie und der Wissenschaft zu erfüllen.

Für die Härte, die teilweise aus diesen physikalischen Größen abgeleitet wird, aber auch erheblich beeinflußt wird durch verschiedene Parameter [9,10] der Meßeinrichtung, erfüllt die Meßunsicherheit weder die Anforderungen der Wissenschaft, noch die der Industrie. Einer der Gründe dafür ist, daß das Referenzmaterial (Härtevergleichsplatten) verschiedene Kalibrierwerte hat, und zwar in Abhängigkeit von dem Herstellungsland und in Einzelfällen auch innerhalb eines Landes in Abhängigkeit von den verschiedenen Lieferanten bzw. Kalibrierlaboratorien der Härtevergleichsplatten.

Eines der Ziele des Ringversuches ist es, die Gründe für diese Unterschiede zu ermitteln, denn um eine Vereinheitlichung zu erreichen, müssen zumindest die Gründe für die Unterschiede bekannt sein.

Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V.

## 4. Hintergründe des Ringversuches

### 4.1 Teilnehmende Laboratorien

Im Jahre 1998 wurden die Messungen begonnen, die durch die Europäische Gemeinschaft mit dem Vertrag "SMT4 CT 96 2096 DG CZJU" unterstützt wurden. Die teilnehmenden Laboratorien gehen hervor aus der Aufstellung der Autoren und den Institutionen, die in alphabetischer Reihenfolge der jeweiligen Länder angeordnet sind sowie aus früheren Veröffentlichungen [8]. Bei der Drucklegung dieser Veröffentlichung lagen von 9 Institutionen alle Werte vor, von einem nur die mit der höheren Prüfvorkehrung und von einem nur die Werte HRC.

### 4.2 Meßeinrichtungen und Prüfzyklen

Die Vorarbeiten bestanden darin, daß Informationen gesammelt wurden über verschiedene Meßeinrichtungen von Laboratorien mit dem Ziel, Meßbedingungen zu finden, die den folgenden Anforderungen genügen:

- alle Meßeinrichtungen der Laboratorien, die oben angeführt sind, sollten die Bedingungen erfüllen können.
- die Bedingungen müssen mit der EN 10109-3, der ISO 6508-3 und der früheren ISO 674 [1, 3] übereinstimmen.
- die Bedingungen sollten die höchstmögliche Vergleichbarkeit zwischen den Meßeinrichtungen sicherstellen.

Wie aus früheren Ringversuch:en hervorgeht, können die 2. und 3. Anforderung zu Widersprüchen führen.

### 4.3 Verschiedene Teile des Ringversuches

Drei verschiedene Teile des Ringversuches sollten in allen Laboratorien gemessen werden:

- Messungen mit den Referenz - Eindringkörpern der verschiedenen Laboratorien und Institutionen (INST) und Verwendung eines Testzyklus, der der EN 10109-3 und der ISO 6508-3 entspricht, jedoch mit eingeeengten bzw. zusätzlichen Parametern [8]: Einwirkdauer der Prüfvorkehrung 3 s, Einwirkdauer der Prüfgesamtkraft  $5,5 \pm 0,2$  s mit der Wiederholpräzision 0,1 s, Geschwindigkeit des Eindringkörpers zwischen Prüfvorkehrung und Prüfgesamtkraft 0,040 mm/s.
  - Messung mit einem gemeinsamen Eindringkörper (COM1) unter Verwendung des gleichen Prüfablaufes, wie bei INST beschrieben, der der ISO 6508-3 entspricht.
  - Messung mit einem anderen gemeinsamen Eindringkörper (COM2) unter Verwendung eines Prüfablaufes, der sich von ISO 6508-3 unterscheidet (Einwirkdauer der Prüfvorkehrung 5 s und der Prüfgesamtkraft 15 s), da bei diesen Parametern eine höhere Wahrscheinlichkeit einer langen Stabilität der Skalen zu erwarten ist und eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Laboratorien.
- Diese 3 Meßabläufe sollten dazu beitragen, die Einflüsse der Meßeinrichtungen und der Eindringkörper voneinander unabhängig zu ermitteln. Die wichtigste Skala HRC in besonders ausgeprägtem Umfang, wie auch die anderen Skalen können damit

Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V.

zwischen den Laboratorien verglichen werden. Die Eindrücke aller Laboratorien bei den verschiedenen Nominalhärten und den verschiedenen Skalen konnten jeweils auf einer Platte je Prüfbedingung und Eindringkörper untergebracht werden.

#### 4.4 Verwendete Härtevergleichsplatten

Die verwendeten Härtevergleichsplatten hatten eine Oberfläche von 60 auf 60 mm und eine Dicke von 16 mm [8]. Auf der Oberfläche waren Felder eingetragen, so daß jedes Laboratorium auf allen Platten an 8 gleichen Plätzen die Messungen durchführen konnte.

Der vorgegebene Abstand zwischen zwei Eindrücken wurde auf 5 mm festgelegt. Auf der Fläche waren in der unteren linken Ecke ein A eingetragen, und ansonsten wurden die Felder über X und Y Koordinaten durchgehend bezeichnet.

Für die HRC Platten, bei denen jeweils alle 11 möglichen Nominalhärten für die Meßreihen INST und COM1 eingesetzt wurden, wurde jeweils die Härte in HRC angegeben. Für die anderen Skalen, bei denen jeweils eine geringere Zahl von Platten eingesetzt wurden, wurde jeweils die Skala z.B. HRA und die nominelle Härte in HRC angegeben in Kleinbuchstaben, also z.B. HRA hrc65 für die härteste HRA Platte.

### 5. Ergebnisse der verschiedenen Laboratorien

#### 5.1 Härtemessungen

Innerhalb eines Jahres wurden in den verschiedenen Laboratorien die Ringversuche durchgeführt. Die Werte wurden in einer Excel-Datei weiter verarbeitet, getrennt nach HRC, HRA, HRD, HR15N, HR30N, HR45N und nach den eingesetzten Eindringkörpern COM1, INST und COM2 und somit den Prüfzyklen.

##### 5.1.1 Meßwerte mit dem Eindringkörper COM 1

Zunächst sind die Mittelwerte bei den verschiedenen Härtewerten dargestellt, die in den verschiedenen Prüflaboratorien mit dem Eindringkörper (COM1) unter gleichen Bedingungen ermittelt wurden. Bild 1 zeigt die Mittelwerte der jeweils 8 Messungen der Härtewerte für HRC, der am häufigsten verwendeten Skale, Bild 2 für HRA, Bild 3 für HR15N, Bild 4 für HR30N und Bild 5 für HR45N. Die gemessenen Werte HRD sind in dieser Veröffentlichung nicht dargestellt.

##### 5.1.2 Meßwerte mit dem Eindringkörper INST

Im Weiteren sind die Mittelwerte bei den verschiedenen Härtewerten dargestellt, die in den Prüflaboratorien bzw. Institutionen mit den jeweiligen Eindringkörpern (INST) unter gleichen Bedingungen wie in 5.1.1 ermittelt wurden. Bild 6 zeigt die Härtewerte für HRC, Bild 6 für HRA, Bild 7 für HR15N, Bild 8 für HR30N und Bild 10 für HR45N.

##### 5.1.3 Meßwerte mit dem Eindringkörper COM2

Im Weiteren sind die Mittelwerte bei den verschiedenen Härtewerten dargestellt, die in den einzelnen Prüflaboratorien mit ein und dem selben Eindringkörper COM2 unter gleichen Bedingungen ermittelt wurden. Bild 11 zeigt die Härtewerte für HRC.

### 5.2 Bewertung der Ergebnisse

#### 5.2.1 Vergleich der Messungen mit COM1 und INST

Da für die beiden Messungen mit COM1 und INST die gleichen Prüfzyklen und somit gleiche Parameter der Messung verwendet wurden, können diese Ergebnisse in Bezug auf Spannweiten und Abstände zwischen den Institutionen direkt mit einander verglichen werden. Es ergibt sich, daß sich die Spannweiten bzw. die Standardabweichungen der jeweiligen Messungen auf den jeweiligen Platten innerhalb der Meßunsicherheiten - bezogen auf jeweils ein Labor - nur unwesentlich unterscheiden.

Da sich COM1 (Bild 1 bis 5) auf Messungen in allen Laboratorien mit gleichen Prüfzyklen und mit dem gleichen Eindringkörper beziehen und INST (Bild 6 bis 10) auf Messungen in allen Laboratorien mit gleichen Prüfzyklen, jedoch mit verschiedenen Eindringkörpern, ist zu erwarten, daß sich die Mittelwerte zwischen den einzelnen Laboratorien bei den Messungen INST erheblich stärker unterscheiden, weil hier noch die zusätzlichen Einflüsse der jeweiligen Eindringkörper der Laboratorien zu den Einflüssen der Einrichtungen hinzukommen, was sich in den Ergebnissen bestätigt.

Wesentliche Unterschiede zwischen den einzelnen Laboratorien sind bei den Verteilungen der Standardabweichungen (STD) festzustellen. Die STD wurden zur Darstellung verwendet, da bei 8 Eindrücken diese eine höhere Aussagekraft haben als die relative Spannweite. Die Bilder 12 und 13 betreffen die STD bei den Messungen an den HRC Blöcken, die mit den jeweiligen Eindringkörpern der Laboratorien durchgeführt wurden (INST):

- Bild 12 stellt die Werte eines Laboratoriums mit optimalen STD dar.
- Bild 13 stellt die Werte eines Laboratoriums dar, bei dem erheblich größere Werte der STD aufgetreten sind.

Die Auswertungen für die anderen Prüfbedingungen und Skalen ergaben vergleichbare Aussagen bezüglich der Verteilungen der Standardabweichungen, wobei die Standardabweichungen bei den Verfahren mit der kleineren Prüfvorkraft (HR15N, HR30N und HR45) zu höheren Werten verschoben sind.

Zwischen den Messungen COM1 und INST sind die relativen, nicht aber die absoluten Mittelwerte direkt vergleichbar, weil die Härte der Platten nicht exakt der Nominalhärte entsprechen, sondern Abweichungen haben können. Um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurden in einem Laboratorium auf den gleichen Platten jeweils mit dem Instituts-Eindringkörper (INST) und mit dem gemeinsamen Eindringkörper (COM1) unter gleichen Prüfbedingungen Messungen durchgeführt, die zu dem Ergebnis führten, daß die Unterschiede zwischen den Platten gleichen Nominalhärte bis auf eine Ausnahme unter 0,2 HRC - Einheiten liegen.

### 5.2.2 Vergleich der Messungen COM1 und COM2

Bei den Messungen mit COM2 wurden bewusst andere Prüfzyklen bzw. Prüfparameter eingesetzt, um festzustellen, ob ggf. mit z.B. einer längeren Einwirkdauer der Prüfgesamtkraft die Unterschiede zwischen den einzelnen Laboratorien sich verringern lassen. Eine solche Verringerung der Unterschiede zwischen den Laboratorien mit den Prüfzyklen COM2 konnte nicht festgestellt werden.

### Literatur

- [1] ISO 6508-3 Metallic materials - Rockwell hardness test - test (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K,N,T) Part 3: Calibration of reference blocks (to be published as well as EN ISO 6508-3 in 1999)
- [2] EN 10109-3 Metallic materials - Rockwell hardness test - test (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K,N,T) Part 3: Calibration of reference blocks (valid from 1995 to 1999)
- [3] ISO 674:1988 Metallic materials - Hardness test - Calibration of reference blocks to be used for Rockwell hardness testing machines (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K) (valid to 1999)
- [4] Song, J., Low, S., Pitchure, D., Germak, A., DeSogus, S., Polzin, T., Hui-Qi, Y., Ishida, H., Barbato, G.: Establishing a Common Rockwell Hardness Scale using Geometrical Standard Diamond Indenters, XIV Imeko World Congress, Vol III, P. 258- 263, 1997
- [5] Barbato, G., Desogus, S., Germak, A., Herrmann, K., Polzin, T.: How to reach the World-Wide Unified Scales for Rockwell Hardness with Conical Indenter, XIV Imeko World Congress, Vol III, P. 264 - 269, 1997
- [6] Song, J.-F., Low, S., Pitchure, D., Germak, A., Desogus, S., Polzin, T., Yang, H.-Q., Ishida, H., Barbato, G., Establishing a World-Wide unified Rockwell hardness scale with metrological traceability, metrologia ,1997, 34 , P.331-342
- [7] Song, J., Low, S., Pitchure, D., Germak, A., Desogus, S., Polzin, T., Hui-Qi, Y., Ishida, H., G., Establishing a World-Wide Unified Rockwell Hardness Scale using Standard Diamond Indenters, Measurement 24 (1998) 197-205
- [8] Polzin, T. World-Wide Unified Scales for the Rockwell Hardness Test with Conical Indenters, Aim, works to be done, blocks and indenters to be used, Materialprüfung, 1999, 4, P. 141-143
- [9] Barbato, G., Germak, A., SOME CONSIDERATIONS ON HARDNESS MEASUREMENT, unpublished informations presented on BJPM meeting in Paris 1999
- [10] Barbato G., Desogus S., Germak A., Comments on the results obtained in the comparison of the HRC scales maintained at ETCA. IMGC and MPA NPW, VDI Symposium on Hardness Testing in Theory and Practice, Düsseldorf, 1 1-17, 1995
- [11] Barbato G., Petik F., Metrological involvement in the definition and dissemination of hardness scales, XIII IMEKO World Congress, Torino, 761-766, 1994

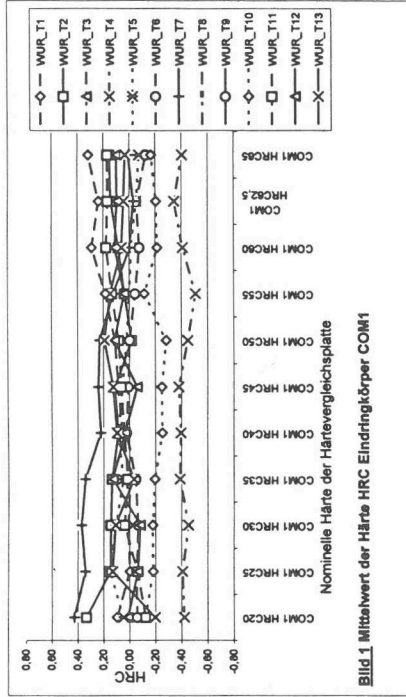


Bild 1 Mittelwert der Härte HRC Eindringkörper COM1

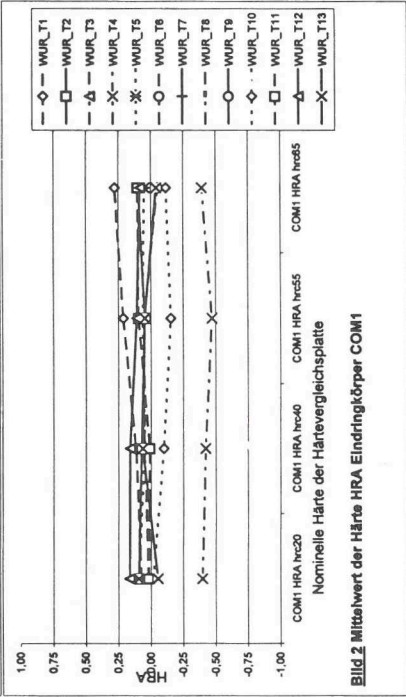


Bild 2 Mittelwert der Härte HRA Eindringkörper COM1

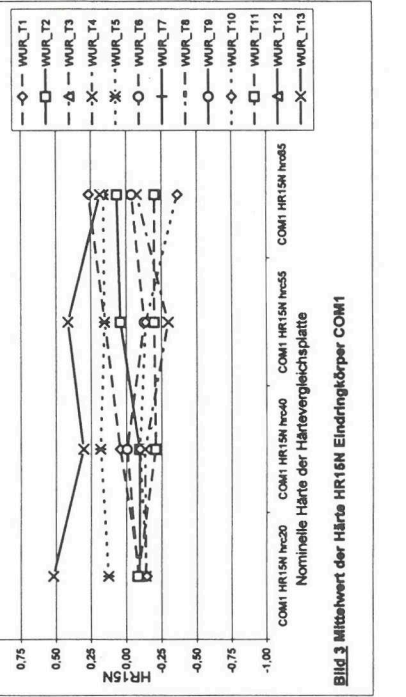
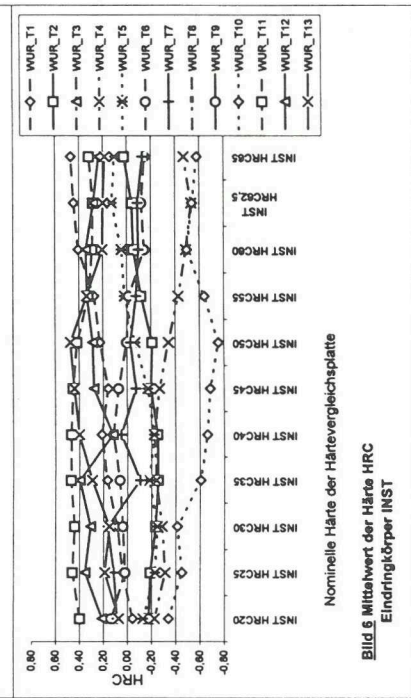
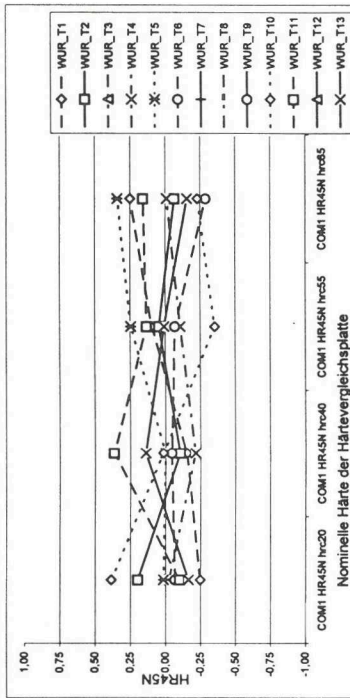
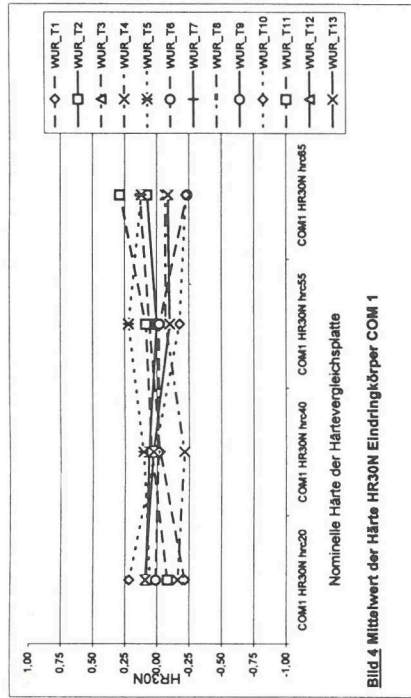
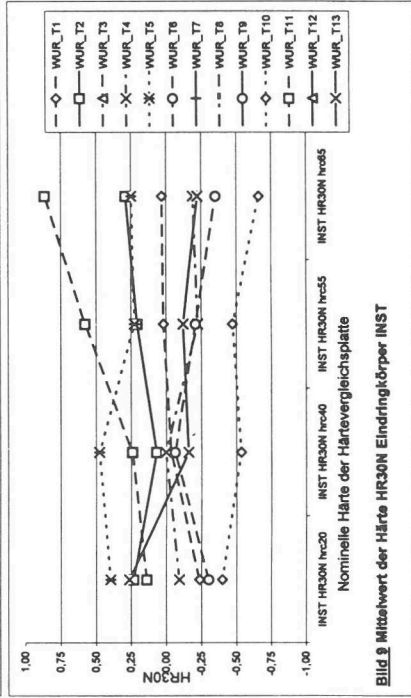
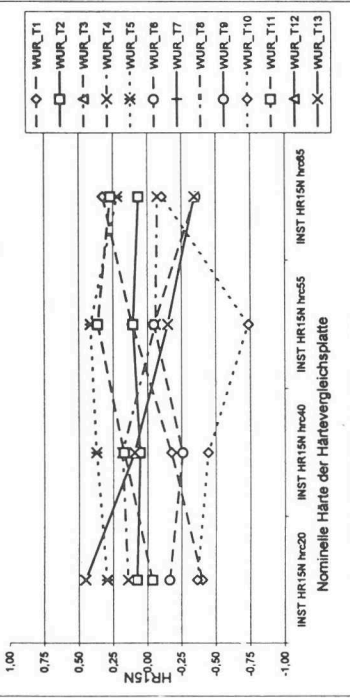
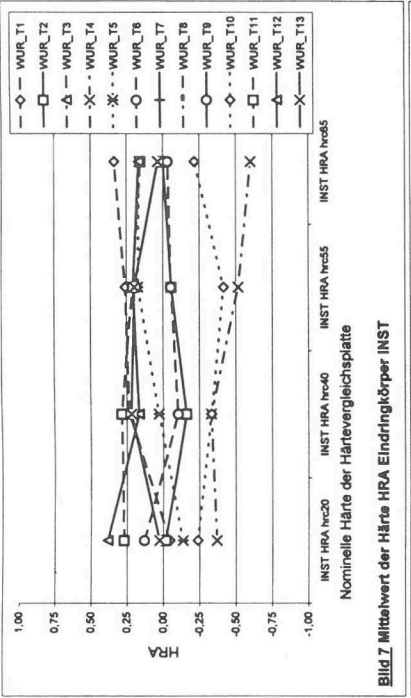


Bild 3 Mittelwert der Härte HR15N Eindringkörper COM1



**Bild 5** Mittelwert der Härte HRC Eindringkörper INST



**Bild 9** Mittelwert der Härte HRC Eindringkörper INST

